

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.А. БУНИНА»

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 1 (№ 39) / Елец, 2026

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» (399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1).

«Агропромышленные технологии Центральной России» является научно-практическим рецензируемым журналом, входит в перечень ВАК при Минобрнауки российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Журнал размещается в национальной информационно-аналитической системе РИНЦ. Журнал основан в 2016 году, выходит 4 раза в год. Свидетельство о регистрации ISSN: 2541-7835

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ГУЛИДОВА Валентина Андреевна – Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

ЗАХАРОВ Вячеслав Леонидович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

ШУБКИН Сергей Юрьевич – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

АБЖАНОВА Шолпан Амангелдыкызы – канд. техн. наук, профессор Алматинского технологического университета.

БАКИН Игорь Алексеевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева».

ВАСЮКОВА Анна Тимофеевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского».

ГЛОТОВА Ирина Анатольевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ЖУРАВЛЕВ Михаил Валентинович – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева»

КЛЮЧНИКОВ Андрей Иванович – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)».

ОВСЯННИКОВ Виталий Юрьевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

ОСПАНОВ Асан Бекешович – Академик Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, председатель правления Казахского НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности.

РСКЕЛДИЕВ Бердан Абдазимович – Член-корреспондент Национальной академии естественных наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор Алматинского технологического университета, почетный профессор Государственного университета им. Шакарима г. Семей.

СОКОЛ Наталья Викторовна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

ШКОЛЬНИКОВА Марина Николаевна – д-р техн. наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

ЩЕГОЛЬКОВ Николай Фёдорович – канд. с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Липецкой лаборатории ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела».

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

АЛИЕВ Таймасхан Гасан-Гусейнович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

ИВОЙЛОВ Александр Васильевич – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

КУЗИН Андрей Иванович – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФНЦ им. И.В. Мичурина, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

НАУМКИН Владимир Петрович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина».

ОБРАЗЦОВ Владимир Николаевич – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ОНИЩЕНКО Людмила Михайловна – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

СОЛДАТЕНКО Алексей Васильевич – Академик Российской академии наук, д-р с.-х. наук, профессор, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

СОТНИКОВ Борис Александрович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЩУЧКА Роман Викторович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ГИЕВСКИЙ Алексей Михайлович – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ЕДНАЧ Валерий Николаевич – канд. техн. наук, доцент УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ПОЛЯКОВ Роман Николаевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева».

САВИН Леонид Алексеевич – Действительный член Российской инженерной академии, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева».

СОЛОВЬЕВ Сергей Владимирович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

ЧАТКИН Михаил Николаевич – Член-корреспондент Российской академии Естественных наук, ректор ФГБОУ ДПО «Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса», д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

ЧЕБОТАРЁВ Валерий Петрович – д-р техн. наук, профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ШАХОВ Сергей Васильевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВИНОГРАДОВ Дмитрий Валериевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет».

ДУБРОВИНА Ольга Алексеевна – канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЗАЙЦЕВ Глеб Анатольевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы».

ЗУБКОВА Татьяна Владимировна – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

КРАВЧЕНКО Владимир Александрович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

КОЧАРЛИ Нателла Керишкызы – канд. биол. наук, доцент Бакинского государственного университета.

The founder and the publisher: The Federal State Educational Government-Financed Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University» (399770, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov street, 28, 1).

«Agro-Industrial Technologies of Central Russia» is a scientific and practical peer-reviewed journal, is included in the list of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russian peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degrees of doctor and candidate of sciences should be published. The journal is published in the national information and analytical system of the RSCI. The journal was founded in 2016, it is published 4 times a year. The certificate on registration in National agency ISSN: 2541-7835.

EDITORIAL COUNCIL:

EDITOR-IN-CHIEF OF THE JOURNAL, CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:

GULIDOVA Valentina – Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

ZAKHAROV Vjacheslav – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

EXECUTIVE SECRETARY:

SHUBKIN Sergej – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

ABZHANOVA Sholpan – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Almaty Technological University.

BAKIN Igor - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

VASYUKOVA Anna - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Vernadsky Russian State University of National Economy.

GLOTOVA Irina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

ZHURAVLEV Mikhail – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

KLYUCHNIKOV Andrey – Doctor of Technical Sciences, Professor of the K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University).

OVSYANNIKOV Vitaly – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

OSPANOV Asan – Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Board of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry.

RSKELDIEV Berdan – Corresponding Member of the National Academy of Natural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor of Almaty Technological University, Honorary Professor of the State University Shakarima G. Semey.

SOKOL Natalia – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Kuban State Agricultural University.

SHKOLNIKOVA Marina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ural State University of Economics.

SHCHEGOLKOV Nikolay – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Russian Research Institution of Breeding Case (Lipetsk Laboratory).

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

ALIEV Tajmaskhan – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

IVOILOV Aleksandr – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ogaryov Mordovian State University.

KUZIN Andrey – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the I. V. Michurin Federal Research Center, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

NAUMKIN Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

OBRAZTSOV Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

ONISHCHENKO Lyudmila – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin.

SOLDATENKO Alexey – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center of Vegetable Growing».

SOTNIKOV Boris – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

SHHUCHKA Roman – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

GIEVSKY Alexey – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

EDNACH Valery – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

POLYAKOV Roman – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

SAVIN Leonid – Full Member of the Russian Academy of Engineering, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

SOLOVYOV Sergey – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

CHATKIN Mikhail – Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Rector of the Mordovian Institute of Agribusiness Personnel Retraining, Doctor of Technical Sciences, Professor of the National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev.

CHEBOTARYOV Valery – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

SHAKHOV Sergej – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

VINOGRADOV Dmitry – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev.

ZAITSEV Gleb – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Akmulla Bashkir State Pedagogical University.

ZUBKOVA Tatiana – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

DUBROVINA Olga – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

KRAVCHENKO Vladimir – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

KOCHARLI Natella – Candidate of Biological Sciences, associate Professor of the Baku State University.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Беляев А.Г., Чуваев И.В., Климов Н.С., Еськов Д.И., Елецких С.В. Разработка рецептуры сливочного сыра с применением бифидосодержащих препаратов и иммуностимулирующих добавок.....	10
Васюкова А.Т., Эдварс Р.А., Остюк Ю.А., Иванов А.Ф., Портнов Н.М. Воздействие способов обработки мясных рубленых полуфабрикатов на вкусовые характеристики готовых изделий.....	20
Востриков О.Ю., Казарцев Д.А., Назина К.В., Деменкова Я.А. Разработка классификации методов интенсификации созревания дистиллятов.....	32
Зиновьев С.В., Фролов Д.И. Альтернативизация пшеницы как проблема комбикормовой промышленности.....	43
Манжесов В.И., Высоцкая Е.А., Чурикова С.Ю. Влияние типа упаковки и режимов хранения на развитие микробиологических заболеваний и качество корнеплодов моркови сорта Шантенэ 2461.....	52
Манжесов В.И., Чурикова С.Ю. Влияние температуры хранения на интенсивность и качество послеуборочного дозревания плодов томата сорта «Воронежский розовый».....	60
Пчелинцева О.Н., Юрна Д.А. Разработка рецептуры овощных котлет с добавлением растительного компонента: протеина конопляного.....	67
Чурикова С.Ю., Манжесов В.И. Разработка технологии и комплексная оценка качества функционального майонезного соуса «Солнышко» с использованием изолята соевого белка.....	76

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Гулидова В.А., Дубровина О.А. Особенности роста, развития и продуктивность гибридов сахарной свеклы как показатель их производственной оценки в условиях юго-востока Тульской области.....	88
Скрылев А.А. Применение комплексных минеральных удобрений в промышленных насаждениях Тамбовской области.....	97
Сотников Б.А., Кравченко В.А. Эффективность некорневых подкормок микроудобрениями при возделывании подсолнечника на черноземах Орловской области.....	105

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Агафошкина А.Е., Ключников А.И. Методы экстракции растительного сырья: сравнительный научно-технологический обзор (Часть I).....	113
---	-----

Белоусов Н.И., Бабков А.П., Варавин В.И., Гуреев Ю.А., Блинков Б.С., Гороховцев О.А. Обоснование формы кузова низкорамной машины для внесения химических мелиорантов.....	130
Родиков С.А., Болдырев Д.О. Индукция флуоресценции хлорофилла и транспирация яблок в процессе созревания.....	143

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Захаров В.Л., Барышникова А.В., Ленкшевич А.В., Петренко А.П., Пашкова В.В. Агрохимическая и микробиологическая характеристика лугово-чернозёмной почвы правобережья реки Быстрая Сосна в Елецком районе Липецкой области.....	152
---	-----

CONTENTS

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Belyaev A.G., Chuvaev I.V., Klimov N.S., Eskov D.I., Yeletskikh S.V. Development of a cream cheese formulation using bifid-containing preparations and immunostimulating additives.....	10
Vasyukova A.T., Edwards R.A., Ostuyuk Yu.A., Ivanov A.F., Portnov N.M. The impact of processing methods for minced meat semi-finished products on the taste characteristics of finished products.....	20
Vostrikov O.Yu., Kazartsev D.A., Nazina K.V., Demenkova Ya.A. Development of a classification of methods for intensification of distillate maturation.....	32
Zinoviev S.V., Frolov D.I. Alternaria leaf spot of wheat as a problem in the feed industry.....	43
Manzhesov V.I., Vysotskaya E.A., Churikova S.Yu. Influence of packaging type and storage regimes on the development of microbiological diseases and the quality of carrot roots of the Shantane 2461 variety.....	52
Manzhesov V.I., Churikova S.Yu. The influence of storage temperature on the intensity and quality of post-harvest ripening of tomato fruits of the «Voronezhsky Rozovy» variety.....	60
Pchelintseva O.N., Yurna D.A. Development of a recipe for vegetable cutlets with the addition of a plant component: hemp protein.....	67
Churikova S.Yu., Manzhesov V.I. Technology development and comprehensive quality assessment of functional mayonnaise sauce «Solnyshko» using soy protein isolate.....	76

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Gulidova V.A., Dubrovina O.A. Features of growth, development and productivity of sugar beet hybrids as an indicator of their production evaluation in the conditions of the south-east of the Tula region.....	88
Skryljov A.A. Application of complex mineral fertilizers in industrial plants of the Tambov region.....	97
Sotnikov B.A., Kravchenko V.A. Efficiency of foliar top dressing with microferti-lizers in sunflower cultivation on black soil of the Orel region.....	105

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Agafoshkina A.E., Klyuchnikov A.I. Methods of extraction of plant raw materials: comparative scientific and technological review (Part I).....	113
---	-----

Belousov N.I., Babkov A.P., Varavin V.I., Gureev Yu.A., Blinkov B.S., Gorokhovtsev A.O. Justification of the frame body shape machines for applying chemical ameliorants.....	130
--	-----

Rodikov S.A., Boldyrev D.O. Use of slow induction of chlorophyll fluorescence and transpiration during apple ripening.....	143
---	-----

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Zakharov V.L., Baryshnikova A.V., Lenkshevich A.V., Petrenko A.P., Pashkova V.V. Agrochemical and microbiological characteristics of meadow black soil on the right bank of the Fast Pine river in the Yelets district of the Lipetsk region.....	152
--	-----

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 637.352.338.4

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-10-19

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СЛИВОЧНОГО СЫРА С ПРИМЕНЕНИЕМ БИФИДОСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ И ИММУНОСТИМУЛИРУЮЩИХ ДОБАВОК

**Беляев Алексей Геннадьевич^{1✉}, Чуваев Иван Владимирович¹,
Климов Николай Семенович², Еськов Дмитрий Иванович², Елецких Сергей Витальевич³**

¹Юго-Западный государственный университет, 305040, Россия, Курская область,
г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

²Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 305021, Россия,
Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70

³Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,
Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

7631pektin@mail.ru[✉]

Аннотация. Цель исследования – оценить возможность применения муки из пажитника с экстрактом эхинацеи и закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm», в качестве обогащающих и иммуностимулирующих добавок при изготовлении сливочного сыра, и изучить их влияние на некоторые показатели качества полученных опытных образцов. Методы исследования органолептические и физико-химические, определение массовой доли жира, массовой доли влаги, активной кислотности образцов. Рецептуры содержали молоко и сливки пастеризованные м.д.ж. 3,6 %, и. 25%, лимонную кислоту, соль, закваску «Lactoferm Eco Bifidonorm», настой эхинацеи и муку пажитника, с заменой ею части от общего количества молока в количестве 5,10,15%. Контроль – сыр, без добавок и лимонной кислоты. Образец 1 был отмечен как наилучший по органолептическим показателям. Физико-химические показатели – массовая доля влаги у образца № 1 составила 56%, у образца № 2 – 58,4%; у образца № 3 – 60,2%; жирность у образца № 1 – 60%, у образца № 2 – 60,8%. у образца № 3 – 65%, активная кислотность, рН № 1 – 4,87; у образца № 2 – 5,17; у образца № 3 – 5,2. Результаты проведенных опытов, позволяют сделать вывод о том, что внесение в рецептуры эхинацеи и пажитника, в количестве 5% от общего содержания молока и закваски, улучшает органолептические и физико-химические показатели сливочного сыра.

Ключевые слова: сливочный сыр, бифидосодержащие препараты, иммуностимулирующие добавки, эхинацея, пажитник, физико-химические и органолептические показатели

Для цитирования: Разработка рецептуры сливочного сыра с применением бифидосодержащих препаратов и иммуностимулирующих добавок / А.Г. Беляев, И.В. Чуваев, Н.С. Климов, Д.И. Еськов, С.В. Елецких // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 10-19. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-10-19>.

Права: © А.Г. Беляев, И.В. Чуваев, Н.С. Климов, Д.И. Еськов, С.В. Елецких (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

DEVELOPMENT OF A CREAM CHEESE FORMULATION USING BIFID-CONTAINING PREPARATIONS AND IMMUNOSTIMULATING ADDITIVES

Alexey G. Belyaev^{1✉}, Ivan V. Chuvaev¹, Nikolay S. Klimov², Dmitry I. Eskov²,
Sergey V. Yeletsikh³

¹Southwestern State University, 94, 50 Years of October Str., Kursk, Kursk region, 305040, Russia

²Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 70 Karl Marx Str., Kursk, Kursk region, 305021, Russia

³Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia
7631pektin@mail.ru✉

Abstract. The aim of the study was to evaluate the possibility of using fenugreek flour with Echinacea extract and Lactoferm Eco Bifidonorm starter culture as enriching and immunostimulating additives in the production of cream cheese and to study their effect on some quality indicators of the obtained test samples. The research methods were organoleptic and physicochemical, determination of the mass fraction of fat, mass fraction of moisture, and active acidity of the samples. The recipes contained pasteurized milk and cream with a m.f. of 3.6% and 25%, citric acid, salt, Lactoferm Eco Bifidonorm starter culture, Echinacea infusion and fenugreek flour, replacing a part of the total milk amount in the amount of 5, 10, and 15%. Control – cheese without additives and citric acid. Sample 1 was noted as the best in terms of organoleptic indicators. Physicochemical parameters - the mass fraction of moisture in sample No. 1 was 56%, in sample No. 2 – 58.4%; in sample No. 3 – 60.2%; fat content in sample No. 1 – 60%, in sample No. 2 – 60.8%. in sample No. 3 – 65%, active acidity, pH No. 1 – 4.87; in sample No. 2 – 5.17; in sample No. 3 – 5.2. The results of the experiments allow us to conclude that the introduction of echinacea and fenugreek into the recipes, in the amount of 5% of the total content of milk and starter, improves the organoleptic and physicochemical parameters of cream cheese.

Keywords: cream cheese, bifidobacteria-containing preparations, immunostimulating supplements, echinacea, fenugreek, physicochemical and organoleptic properties

For citation: Development of a cream cheese formulation using bifid-containing preparations and immunostimulating additives. A.G. Belyaev, I.V. Chuvaev, N.S. Klimov, D.I. Eskov, S.V. Yeletsikh. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2026, no. 1(39), pp. 10-19. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-10-19>.

Copyright: © A.G. Belyaev, I.V. Chuvaev, N.S. Klimov, D.I. Eskov, S.V. Yeletsikh (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к продуктам питания, обладающим не только питательной ценностью, но и дополнительными функциональными свойствами. Особое внимание уделяется молочным продуктам, в том числе сливочным сырам, которые традиционно занимают важное место в рационе потребителей. Однако современный рынок требует от производителей инновационных подходов к разработке продуктов, способных удовлетворить запросы потребителей на функциональность и здоровье [1].

В представленной работе изучена возможность применения бифидосодержащей закваски, а также иммуностимулирующих добавок порошка пажитника и экстракта эхинацеи, в качестве обогащающей добавки при приготовлении мягких сливочных сыров, и их влияние на показатели качества полученных образцов. Была проведена органолептическая оценка полученных образцов, исследованы физико-химические показатели, такие как, массовая доля жира, массовая доля влаги, водородный показатель, pH образцов.

Содержание жира в образцах сливочного сыра отражает количество жира, присутствующего в сухом веществе продукта. Этот показатель влияет на вкусовые качества, консистенцию и калорийность сыра. Жирность также влияет на его текстуру и способ употребления,

например, более жирные сыры могут быть мягче и более кремообразными, что делает их подходящими для приготовления десертов или как ингредиент в различных блюдах.

Содержание влаги в сливочном сыре является важным показателем его качества и текстуры. Оно оказывает влияние на вкусовые качества, срок хранения и стабильность продукта. Высокое содержание влаги (например, более 67% для мягких сыров) способствует более мягкой и нежной текстуре. Влажность также влияет на степень сливочности и мягкости сыра. Правильный баланс влажности обеспечивает стабильность сырной массы и предотвращает отделение жира.

Поддержание pH в нормированном диапазоне помогает подавлять развитие патогенных микроорганизмов и сохранять продукт безопасным для потребления. Кроме того, правильный уровень pH обеспечивает приятный вкус, мягкую текстуру и хорошую стабильность продукта, способствует сохранению желаемой консистенции и предотвращает расслоение или потерю формы.

Имеется ряд исследований зарубежных и отечественных авторов по применению различных добавок в качестве добавок при изготовлении сливочных мягких сыров.

В статье Абдижаппаровой Б.Т. и её соавторов поднимаются актуальные вопросы, касающиеся использования козьего молока в производстве сыра и сырных продуктов. Внимание уделяется исследованиям, связанным с производством сыра из козьего молока как в чистом виде, так и с добавлением других молочных компонентов, создание козьего сыра с итальянскими травами, с оливками и вялеными помидорами, с кориандром и пажитником [2].

Исследование влияния семян пажитника на потребительские свойства мягкого сыра из козьего молока, проведенное Храмовой В.Н. и соавторами, установило, что добавление семян пажитника повлияло на органолептические свойства продукта, был отмечен чистый и приятный кисломолочный вкус [3].

Затко З.Н. с соавторами провели исследование по выбору заквасочных культур, включая пробиотические культуры бифидобактерий, ацидофилин и пробиотические культуры термофильных стрептококков для оптимизации технического процесса производства сыра моцарелла из козьего молока [4].

Группа исследователей под руководством С.П. Меренковой представила инновационную технологию обогащения мягкого сыра селеном и марганцем за счёт включения в рецептуру смеси фундука и бразильского ореха. В ходе эксперимента были созданы и проанализированы три образца мягкого сыра: контрольный (без добавок); два опытных (с различными соотношениями фундука и бразильского ореха). Сыр изготавливался методом сухого посола.

По результатам органолептической оценки через 7 суток хранения отмечено улучшение вкусовых качеств, аромата, консистенции и рисунка у всех образцов. Дегустационный профильный анализ подтвердил заметные различия между вариантами. Практическое значение разработки заключается в том, что потребление 100 г обогащённого сыра позволяет удовлетворить значительную часть суточной потребности в селене и марганце, что делает продукт функциональным и полезным для здорового питания [5].

Учёные Калининградского государственного технического университета разработали рецепт нового десертного мягкого сыра с ягодными добавками. В качестве функциональных ингредиентов исследователи выбрали порошки аронии (черноплодной рябины) и чёрной смородины отечественного производства. Эксперименты показали, что оптимально вносить ягодные порошки в предварительно обезвоженную сырную массу при использовании метода термокислотной коагуляции. Лучшая комбинация — смесь порошков аронии и чёрной смородины в пропорции 1:1, а оптимальная дозировка составляет 3%. При увеличении дозы до 4–5% продукт приобретает слишком насыщенный фиолетовый оттенок и крошковидную текстуру [6].

В работе авторов рассмотрена возможность использования компонентов муки из семян чиа, в качестве обогащающей добавки в изготовлении мягких сыров без созревания, и их влияния на показатели качества полученных образцов. Определяли содержание железа на спектрофотометре, количество золы. Результаты проведенных опытов позволяют сделать

вывод о том, что внесение в рецептуры муки из семян чиа увеличивает количество элемента железа в образцах мягких сыров без созревания [7].

В обзоре авторов Samah M. El-Sayed, Ahmed M. Youssef рассматриваются последние достижения в молочной промышленности в отношении добавления многочисленных трав и специй в различных формах (например, порошка, свежего, экстракта, эфирных масел) в молочные продукты. Также было представлено влияние этих трав и специй на качество молочных продуктов, таких как йогурты, сыр [8]. Сенченкова Е.А., Боровская Л.В. из Кубанского технологического университета, изучали различные способы коагуляции молока, при получении разных видов сыров, для каждого вида сыра определяли время свертывания сгустка, рассмотрены разные способы коагуляции, в итоге авторы пришли к выводу, что, «более высокую вязкость и крепкость имеют сгустки, сычужного сквашивания молока, а меньшие – сгустки, которые образуются при кислотном сквашивании молока» [9].

Исследователи Сибирского научно-исследовательского института сыроделия ФГБНУ ФАНЦА провели работу по созданию поликомпонентных молочных продуктов с использованием плодово-ягодных компонентов. В основу нового продукта положен термокислотный сливочный сыр, обогащённый концентратами облепихи, чёрной смородины, жимолости и яблочным соком. Внимание в исследовании уделялось технологическому аспекту внесения добавок. С помощью метода термоэффектометрии был детально изучен тепловой профиль продукта и определены оптимальные условия интеграции растительного сырья. В результате установлено, что наиболее эффективным является внесение наполнителей в температурном диапазоне от 60 до 70°C, до достижения критической температуры 82,8°C. Такой подход обеспечивает максимальную совместимость компонентов и сохранение их функциональных свойств [10]. При обзоре публикаций зарубежных и отечественных исследователей по обогащающим компонентам, вносимым в состав сливочного сыра, не было найдено данных об исследовании комплекса добавок экстракта эхинацеи и муки пажитника при изготовлении сливочных сыров. Впервые представлены получение и исследование образцов сливочных сыров с применением муки из пажитника и экстракта эхинацеи, с закваской «Lactoferm Eco Bifidonorm».

В работе представлены результаты изучения свойств полученных образцов сливочного сыра с применением в рецептурах концентрации муки пажитника и экстракта эхинацеи 5, 10 и 15 процентов, внесенной от массы молока с его заменой. Найден наиболее приемлемый образец по органолептическим показателям, определены физико-химические показатели образцов, такие как массовая доля жира, массовая доля влаги, активная кислотность, pH образцов.

Цель исследования – оценить возможность применения муки из пажитника с экстрактом эхинацеи и закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm», в качестве обогащающих и иммуностимулирующих добавок при изготовлении сливочного сыра, и изучить их влияние на некоторые показатели качества полученных опытных образцов.

В исследовании были определены такие задачи, как подбор компонентов рецептур, для создания новых видов образцов сливочного сыра, полученных с внесением различных концентраций муки из пажитника и экстракта эхинацеи, с закваской бифидобактерий; сравнительная оценка органолептических показателей изготовленных образцов; определение массовой доли жира, массовой доли влаги, водородного показателя, pH образцов.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в лабораториях кафедры товароведения технологии и экспертизы товаров Юго-Западного государственного университета в 2025 году.

Объект исследования – сливочные сыры.

Предмет исследования – разработка рецептуры и технологии сливочных сыров с применением бифидосодержащих бактериальных препаратов и добавлением продуктов эхинацеи и пажитника, оценка качества нового продукта.

Сырьё и рецептура опытных образцов сливочных сыров приведены в табл. 1. В основу рецептуры положена стандартная рецептура из справочника технолога молочного производства, с применением бифидосодержащего бактериального препарата – закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm», обогащённого иммуностимулирующими добавками – эхинацей и пажитник, контрольным образцом, был сливочный сыр, изготовленный без добавок.

Таблица 1. Рецептуры разработанных образцов сливочного сыра с применением бифидосодержащего бактериального препарата – закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm», обогащённого иммуностимулирующими добавками – эхинацей и пажитник при замене основного сырья молока (5%, 10%, 15%)

Наименование компонента рецептуры, г.	Контрольный Образец	Образец № 1 5% замены	Образец № 2 10 % замены	Образец № 3 15% замены
Молоко пастеризованное с м.д.ж. 3,6 %	80	76	72	68
Сливки пастеризованные с м.д.ж. 25%	250	250	250	250
Лимонная кислота	5	–	–	–
Закваска «Lactoferm Eco Bifidonorm»	–	1	1	1
Соль	4	4	4	4
Настой эхинацеи	–	2,2	6	
Пажитник молотый	–	1,8	4	2

Добавки вносили в количестве 5, 10, 15% к массе молока при изготовлении, а также и другие компоненты. По рецептурам, представленным в табл. 1 были изготовлены образцы сливочного сыра и исследованы их показатели качества. Контролем был сливочный сыр без добавления пажитника и эхинации и бифидосодержащего бактериального препарата.

Проведено изучение применения эхинацеи и пажитника в разной концентрации в рецептуре, органолептические и физико-химические исследования и нахождение оптимального количества внесения добавки настоя эхинацеи и пажитника в рецептуру продукта. Рецептура приготовления сливочного сыра с применением бифидосодержащего бактериального препарата – закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm» добавлением настоя эхинацеи, для приготовления сыра использовались молоко, пастеризованное с массовой долей жира 3,6% и сливки, пастеризованные с массовой долей жира 25%. Получение сливочного сыра без созревания, вырабатываемого из нормализованного по жиру 3,6% и пастеризованного молока путем свертывания его закваской «Lactoferm Eco Bifidonorm» из расчета 1,2 мл на 1 л молока. Для приготовления образца использовали 5%, 10%, 15%, настоя эхинацеи и пажитника внесённых от массы молока, в процессе приготовления от 80 мл молока, что составляло 5, 8, 12 г соответственно, так же в рецептуру вносили поваренную соль в количестве 4 г. Молока 68 мл и 250 мл сливок смешивали, нагревали до 60–65°C, вносили 1 г закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm», перемешивали, затем вносили 5, 8,12 г эхинацеи и пажитника соответственно, 4 г соли, перемешивали, нагревали до 65–70°C, для свертывания молока и формирования сгустка и отделения молочной сыворотки.

Полученные образцы продукта обладали хорошими физико-химическими и органолептическими показателями. Обычная рецептура сливочного сыра без созревания была усовершенствована за счет применения закваски «Lactoferm Eco Bifidonorm» и добавления эхинацеи и пажитника для обогащения. Органолептические и физико-химические показатели определяли после того, как образцы были готовы, и применяли ГОСТ 33480-2015 Сыр творожный. Общие технические условия. Массовая доля влаги определялась согласно ГОСТ 3626–73 Молоко и молочные продукты. Методы определения сухого вещества и влаги. Массовая доля жира определялась по ГОСТ 5867–2023 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира». Определение уровня pH в соответствии с ГОСТ 33480–2015 «Сыр творожный. Общие технические условия».

Результаты исследований и их обсуждение

При оценке качества сливочного сыра с применением бифидосодержащего бактериального препарата – закваска «Lactoferm Eco Bifidonorm», обогащенного иммуностимулирующими добавками – настоем эхинацеи и пажитник, важно учитывать органолептические характеристики: вкус, аромат, текстуру и цвет. Сыр должен иметь приятный сливочный вкус с легкой кислинкой, а также пряный характерный аромат для пажитника. Текстура должна быть однородной и кремообразной, без наличия комков или осадка.

Цвет сыра может варьироваться от белого до бледно-кремового, что свидетельствует о высоком содержании пажитника. Качество сыра также оценивается по его пищевой ценности. Обогащение сливочного сыра настоем эхинацеи и пажитником увеличивает содержание витаминов и антиоксидантов, микро– и макроэлементов, что делает его более привлекательным для потребителей, стремящихся к здоровому образу жизни. Нутриенты, содержащиеся в добавках, играют важную роль в поддержании и профилактике иммунной системы.

Образцы нового вида сливочного сыра с применением бифидосодержащего бактериального препарата – закваска «Lactoferm Eco Bifidonorm», обогащенного настоем эхинацеи и пажитником, разработанные по рецептурам табл. 1, были исследованы по органолептическим показателям (см. табл. 2).

Таблица 2. Результаты исследования органолептических показателей качества образцов

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 33480–2015	Образец № 1 – 5% замены	Образец № 2 – 10% замены	Образец № 3 – 15% замены
Внешний вид	Продукт упакован герметично. Допускается наличие незначительного количества сыворотки на поверхности продукта. Форма низкий цилиндр, или форма упаковки, или другая произвольная форма	Форма упаковки текстура однородная и кремообразная, без наличия комков или осадка	Форма упаковки текстура однородная и кремообразная, без наличия комков или осадка	Форма упаковки текстура однородная и кремообразная, без наличия комков или осадка
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, характерный для мягких сыров без созревания, без посторонних привкусов и запахов. При внесении пищевкусовых продуктов – с соответствующим вкусом и запахом внесенных пищевкусовых продуктов. Для продуктов из молока других видов животных – с характерным для данного вида молока вкусом и запахом	Приятный сливочный вкус с легкой кислинкой, а также пряный легкий аромат пажитника	Приятный сливочный вкус с легкой кислинкой, а также пряный умеренный аромат пажитника	Приятный сливочный вкус с легкой кислинкой, а также пряный сильный аромат пажитника
Консистенция	От мягкой, нежной, пластичной, мажущейся до плотной однородной по всей массе. Для продукта взбитого и/или аэрированного – с наличием воздушных пустот. При внесении пищевкусовых продуктов – с наличием частиц пищевкусовых продуктов	Однородная, в меру вязкая	Консистенция – однородная, чересчур вязкая	Консистенция – неоднородная, слишком вязкая

Цвет	От белого до светло кремового, равномерный по всей массе. При внесении пищевкус-овых продуктов – обусловленный цветом добавленных продуктов	Молочно-кремовый, равномерный по всей массе продукта	Молочно-кремовый, равномерный по всей массе продукта	Молочно-кремовый, равномерный по всей массе продукта
------	---	--	--	--

Контрольный образец имел хорошие органолептические показатели, однородная масса в меру вязкая, с молочно-кремовым цветом.

На основании представленной рецептуры в табл. 1 были проведены испытания по приготовлению сливочного сыра, обогащённого настоем эхинацеи и пажитником.

Все три образца обладают хорошими вкусовыми качествами, цвет получаемых образцов – молочно-кремовый, равномерный по всей массе продукта. Однако при использовании одного компонента в большей пропорции, по отношению к другому компоненту, а именно настой эхинацеи привело к изменению вкуса получаемого продукта.

Отличие между получаемыми образцами заключается в их вкусе и консистенции. Образец № 1 консистенция – однородная, в меру вязкая; образец № 2 консистенция – однородная, чересчур вязкая; образец № 3 консистенция – неоднородная, слишком вязкая. Образцы представлены на рис. 1.



Образец № 1



Образец № 2



Образец № 3

Рисунок 1. Образцы сливочного сыра с добавками пажитника и эхинацеи

Из результатов органолептических исследований, видно, что полученные образцы сыра с мукой из пажитника и экстрактом эхинацеи соответствуют нормативным органолептическим показателям, но, сыр, имеющий в своем составе большие концентрации замены на добавки, имеют худшие органолептические показатели вкуса и аромата по сравнению с образцами меньшей концентрации.

Оптимальными по этим показателям оказались образцы, имеющие в своем составе, 5% замены молока на исследуемые добавки — это образец под номером 3.

Качество готовых образцов сливочного сыра: образец №1 с 5% замены молока на добавки образец №2 с 10% замены молока и образец № 3 с молока 15% замены оценивали по следующим физико-химическим показателям – массовая доля жира, % массовая доля влаги, %, активная кислотность pH, и сравнивали с показателями по ГОСТ 5867–2023 Молоко и продукты переработки молока, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты исследования физико-химических показателей качества образцов

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 5867–2023	Образец № 1 5% замены	Образец № 2 10% замены	Образец № 3 15% замены
Массовая доля жира, %	4–80	60	60,8	65
Массовая доля влаги, %	40–80	56	58,4	60,2
Активная кислотность, pH	4–6	4,87	5,17	5,21

По результатам исследований, физико-химические показатели всех 3 образцов находятся в пределах нормы для данного вида сыра.

Выводы

1. По результатам проведенных исследований выяснилось, что для получения сливочного сыра с использованием муки пажитника и настоя эхинацеи с высокими показателями качества предпочтительным является образец 1, с внесением добавок в количестве 5% от общего количества молока.

2. Исследование физико-химических показателей полученных образцов сливочного сыра с использованием муки пажитника и настоя эхинацеи показало, что массовая доля влаги у образца № 1 составила 56%, у образца № 2 – 58,4%; у образца № 3 – 60,2%; жирность у образца № 1 – 60%, у образца № 2 – 60,8%, у образца № 3 – 65%, активная кислотность, pH № 1 – 4,87; у образца № 2 – 5,17; у образца № 3 – 5,2.

3. Полученные данные находятся в пределах, допустимых действующим стандартом для сливочных сыров.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации.

Contribution

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors state on the absence of a conflict of interest.

Список источников

1. Зинина О. В., Неверова О. П., Хиценко А. В. Изготовление и исследование сыра «Качотта» из козьего молока, обогащенного пищевыми волокнами // Научный журнал «Известия КГТУ». 2020. № 58. С. 84-93.

2. Абдижаппарова Б. Т., Уразбаева К. А., Макажанова А. Д. Новые технологии сыров и сырных продуктов из козьего молока // Вестник науки Южного Казахстана. 2023. № 2(22). С. 3-8.

3. Совершенствование технологии производства сыра из козьего молока с использованием растительных ингредиентов / В. Н. Храмова, Т. Ю. Яковлева, Я. И. Храмова [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 4(8). С. 65-73.

4. Затко З.Н., Гашева М.А., Кудайнетова С.К. Разработка технологии сыра «Моцарелла» с заданными функциональными свойствами из козьего молока // Новые технологии. 2021. Т. 17. № 5. С. 53-64.

5. Меренкова А. А., Фильков С. П. Разработка технологии сыров, обогащенных ореховой смесью // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2021. № 1(47). С. 34-42.

6. Рогачикова Н. М., Серпунина Л. Т. Эффективность использования ягодных порошков в технологии мягких сыров без созревания // Сыроделие и маслоделие. 2020. № 3. С. 30-32.

7. Оценка возможности использования семян чиа при создании мягких сыров, не требующих созревания / А. Г. Беляев, Г. Ф. Рыжкова, Т. В. Канунникова, И. В. Чуваев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 1(35). С. 8-17.

8. Samah M. El-Sayed, Ahmed M. Youssef Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products // Heliyon. 2019. Vol. 5. Issue 6. Article No. e01989.
9. Сенченкова Е.А., Боровская Л.В. Процесс коагуляции белков молока // The Scientific Heritage. 2021. №80. С. 28 - 31.
10. Усатюк Д.А. Сыр сливочный с плодово-ягодными компонентами регионального значения // Сыроделие и маслоделие. 2021. № 2. С. 39-40.

References

1. Zinina O. V., Neverova O. P., Khitsenko A.V. Production and research of Cacciotta cheese from goat's milk fortified with dietary fiber. Scientific journal «Bulletin of KSTU», 2020, no. 58, pp. 84-93.
2. Abdizhapparova B. T., Urazbaeva K. A., Makazhanova A.D. New technologies of cheeses and cheese products from goat's milk. Bulletin of Science of South Kazakhstan, 2023, no. 2(22), pp. 3-8.
3. Improving the technology of cheese production from goat's milk using vegetable ingredients. V. N. Khramova, T. Yu. Yakovleva, Ya. I. Khramova [and others]. Agricultural and food innovations, 2019, no. 4(8), pp. 65-73.
4. Zatko Z.N., Gasheva M.A., Kudainetova S.K. Development of Mozzarella cheese technology with specified functional properties from goat's milk. New technologies, 2021, vol. 17, no. 5, pp. 53-64.
5. Merenkova A. A., Filkov S. P. Development of technology for cheeses enriched with a nut mixture. Scientific Journal of the National Research University of the Institute of Precision Mechanics and Optics. Series: Processes and apparatuses of food production, 2021, no. 1(47), pp. 34-42.
6. Rogachikova N. M., Serpunina L. T. The effectiveness of using berry powders in the technology of soft cheeses without ripening. Cheese and butter making, 2020, no. 3, pp. 30-32.
7. Assessment of the possibility of using chia seeds in the creation of soft cheeses that do not require maturation. A. G. Belyaev, G. F. Ryzhkova, T. V. Kanunnikova, I. V. Chuvaev. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 1(35), pp. 8-17.
8. Samah M. El-Sayed, Ahmed M. Youssef Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. Heliyon, 2019, vol. 5, issue 6, article no. e01989.
9. Senchenkova E.A., Borovskaya L.V. The process of coagulation of milk proteins. The Scientific Heritage, 2021, no.80, pp. 28-31.
10. Usatiuk D.A. Cream cheese with fruit and berry components of regional importance. Cheese and butter making, 2021, no. 2, pp. 39-40.

Информация об авторах

А.Г. Беляев – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров, тел. +7 (908) 128-15-40, e-mail: 7631pektin@mail.ru, ORCID 0000-0003-3445-6850; eLIBRARY SPIN 9329-3496;

И.В. Чуваев – студент, тел. +7 (905) 360-97-66, e-mail: impost46impost@gmail.com, ORCID 0009-0006-8690-2997; eLIBRARY SPIN 4756- 0740;

Н.С. Климов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Процессы и машины в агроинженерии», тел. +7 (910) 318-03-99, e-mail: Klimns46@mail.ru, ORCID 0009-0001-2788-4550; eLIBRARY SPIN 3619-3424;

Д.И. Еськов – старший преподаватель кафедры «Процессы и машины в агроинженерии», тел. +7 (910) 312-67-80, e-mail: eskov_di@mail.ru, ORCID 0009-0009-8670-911X; eLIBRARY SPIN 9037- 4142;

С.В. Елецких – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем, тел. +7 (920) 245-81-97, e-mail: esv8@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9938-8014; eLIBRARY SPIN 9504-6608.

Information about the authors

A.G. Belyaev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods, phone: +7 (908) 128-15-40, e-mail: 7631pektin@mail.ru, ORCID 0000-0003-3445-6850; eLIBRARY SPIN 9329-3496;

I.V. Chuvaev – Student, phone: +7 (905) 360-97-66, e-mail: impost46impost@gmail.com, ORCID 0009-0006-8690-2997; eLIBRARY SPIN 4756- 0740;

N.S. Klimov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department, Processes and Machines in Agricultural Engineering, phone: +7 (910) 318-03-99, e-mail: Klimns46@mail.ru, ORCID 0009-0001-2788-4550; eLIBRARY SPIN 3619-3424;

D.I. Eskov – Senior lecturer of the Department, Processes and Machines in Agricultural Engineering, phone: +7 (910) 312-67-80, e-mail: eskov_di@mail.ru, ORCID 0009-0009-8670-911X; eLIBRARY SPIN 9037- 4142.

S.V. Yeletskikh – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agroengineering, Mechatronic and Radioelectronic Systems, phone: +7 (920) 245-81-97, e-mail: esv8@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9938-8014; eLIBRARY SPIN 9504-6608.

*Поступила в редакцию: 19.11.2025; принята после рецензирования: 21.01.2026;
принята к публикации: 02.02.2026.*

Received: 19.11.2025; revised: 21.01.2026; accepted: 02.02.2026.

Научная статья

УДК 637.521.47

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-20-31

ВОЗДЕЙСТВИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ВКУСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Васюкова Анна Тимофеевна^{1✉}, Эдварс Ростислав Анатольевич²,
Остюк Юрий Андреевич¹, Иванов Алексей Федорович¹, Портнов Николай Михайлович³

¹Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского, 143900, Россия, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1

²ООО «А-Групп», 432072, Россия, Ульяновская область, Чердаклинский р-н, тер. Промышленная, ул. Мясная, зд. 2, стр. 1, офис 4

³Федеральный институт цифровой трансформации в сфере образования, 115093, Россия, Москва, ул. Люсиновская, д. 51
vasyukova-at@yandex.ru[✉]

Аннотация. Существующие способы тепловой обработки вызывают определенные изменения нативных свойств продукта. С одной стороны полуфабрикат размягчается, приобретает удобоваримое для организма состояние, с другой – инактивируется микрофлора, в том числе и патогенная. Однако к технологическому процессу необходимо подойти дифференцированно. Очень длительное температурное воздействие приведет не только к разрушению структуры, но и потере части важных нутриентов, что не допустимо. Кратковременное температурное воздействие на сырье влечет за собой риск получения полусырого продукта с сомнительной доброкачественностью – определенные микроорганизмы при температуре 63-75°C не погибают даже при длительном многочасовом нагреве. Особенно сложно получить качественный продукт, состоящий из многокомпонентного сырья. Основой технологического процесса будет являться комплексный качественный показатель, основанный на потребительских предпочтениях и сбалансированности нутриентного состава. Целью работы являлось обоснование технологических режимов изготовления мясных рубленых изделий, позволяющих получить готовый кулинарный продукт с максимально выраженными вкусоароматическими характеристиками без снижения пищевой ценности. Объектами исследований являлись мясные рубленые полуфабрикаты и кулинарные изделия. Температурный режим выбран в диапазоне 63-75°C (су-вит) и 180-200°C (жарка в пароконвектомате).

Ключевые слова: мясные рубленые полуфабрикаты, пищевая ценность, технологический процесс, су-вит, пароконвектомат

Для цитирования: Воздействие способов обработки мясных рубленых полуфабрикатов на вкусовые характеристики готовых изделий / А.Т. Васюкова, Р.А. Эдварс, Ю.А. Остюк, А.Ф. Иванов, Н.М. Портнов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 20-31. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-20-31>.

Права: © А.Т. Васюкова, Р.А. Эдварс, Ю.А. Остюк, А.Ф. Иванов, Н.М. Портнов (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

THE IMPACT OF PROCESSING METHODS FOR MINCED MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS ON THE TASTE CHARACTERISTICS OF FINISHED PRODUCTS

Anna T. Vasyukova^{1✉}, Rostislav A. Edwards², Yuri A. Ostyuk¹, Alexey F. Ivanov¹,
Nikolay M. Portnov³

¹Vernadsky Russian State University of National Economy, 1 Yu. Fuchika Str., Balashikha, Moscow region, 143900, Russia

²A-Group LLC, 2 Myasnaya Str., building 1, office 4, Cherdaklinsky district, Promyshlennaya ter.,

Ulyanovsk region, 432072, Russia

³Federal Institute of Digital Transformation in Education, 51 Lyusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russia

vasyukova-at@yandex.ru✉

Abstract. Existing heat treatment methods cause certain changes in the product's native properties. On the one hand, the semi-finished product softens, becoming more digestible, while on the other, microflora, including pathogens, are inactivated. However, a differentiated approach to the technological process is necessary. Prolonged exposure to heat will not only destroy the structure but also lead to the loss of some important nutrients, which is unacceptable. Short-term exposure to heat on raw materials carries the risk of producing a half-cooked product of questionable quality – certain microorganisms do not die at temperatures of 63-75°C, even after prolonged heating for many hours. It is especially difficult to obtain a high-quality product consisting of multi-component raw materials. The technological process will be based on a comprehensive quality indicator based on consumer preferences and a balanced nutrient composition. The aim of this study was to validate production modes for minced meat products that would yield a finished culinary product with the most pronounced flavor and aroma characteristics without compromising nutritional value. The subjects of the study were semi-finished minced meat products and culinary products. Temperatures were selected within the range of 63-75°C (sous-vide) and 180-200°C (frying in a combi-steamer).

Keywords: minced meat semi-finished products, nutritional value, technological process, sous-vide, combi steamer

For citation: The impact of processing methods for minced meat semi-finished products on the taste characteristics of finished products. A.T. Vasyukova, R.A. Edwards, Yu.A. Ostuyuk, A.F. Ivanov, N.M. Portnov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 4(38), pp. 20-31. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-38-4-20-31>.

Copyright: © A.T. Vasyukova, R.A. Edwards, Yu.A. Ostuyuk, A.F. Ivanov, N.M. Portnov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Повышение качества говядины и ее использование в производстве обогащенных рубленых полуфабрикатов – важное направление, соответствующее «Доктрине продовольственной безопасности» [1-3]. Для решения проблемы продовольственной безопасности необходимы стратегии, как на национальном, так и на местном уровне, что лишь подчеркивает сложность проблемы [4, 5].

Впервые в России проблема продовольственной безопасности возникла в годы коренных структурных преобразований экономик, вызванных резким спадом производства в агропромышленном комплексе, потерей страны продовольственной независимости. Предусматривалась система мер по: прогнозированию внутренних и внешних угроз; минимизации их негативных последствий; устойчивому развитию отечественного производства продовольствия и сырья, достаточного для обеспечения продовольственной независимости. Были установлены пороговые значения продовольственной безопасности: зерна и картофеля – не менее 95%, сахара и растительного масла – не менее 80%, мяса и мясопродуктов (в пересчете на мясо) – не менее 85%, молока и молочных продуктов (в пересчете на молоко) – не менее 90% от общего уровня потребности [6, 7].

Тем не менее, качество и безопасность пищевых продуктов остается актуальным. Мясо, являясь наиболее востребованным продуктом питания, находится под пристальным вниманием. Шашлыки, стейки и запеченная буженина переходят в разряд «праздничного стола». Ежедневно потребители желают располагать вкусными и питательными мясными блюдами. Расширение ассортимента и повышение качества можно выполнить из рубленого мяса, котлетной и кнельной массы, так как по данным из справочника рецептов [8], выход котлетного мяса с туши говядины составляет 40,3%.

Резервом для расширения ассортимента блюд и полуфабрикатов из говядины могут быть нетрадиционные компоненты, которые обогатят минорными соединениями, антиоксидантами и воздействуют на вкусо-ароматическую гамму. Так, Баюми А.А.А.С. предложил использовать муку из киноа и измельченного тигрового ореха в равных пропорциях при со-

здании комплексной растительной композиции в гидратированном виде (1:1) [9]. Карапетян А.М. и Величко Н.А. проанализировали перспективность использования овощей, бобовых и зерновых культур в рецептурах мясных фаршей. Именно эти культуры являются источниками биологически активных веществ и пищевых волокон, которые помогают в работе организму и защищают его от влияния вредных веществ [10]. Васюкова А.Т. с соавторами использовали многофункциональную добавку Моби-люкс универсал на основе биодоступного йода, кальция и железа в мясных комбинированных изделиях [11-13]. Герасимов А.В. предложил в качестве альтернативного сырья использовать субпродуктовую пасту в сочетании с мясными гранулами [14]. Реструктурированные ветчинные изделия из мяса кроликов разработали С.В. Шинкарева, О.А. Княжеченко. В рецептуру добавлялось пюре топинамбура [15]. А Муравьева Н.А. и Байдалина Л.С. порошок топинамбура вводили в рецептуру свиноговяжьей котлеты [16]. Использование полисахаридов топинамбура, подпрессовка в процессе формования, замораживание и упаковка в паронепроницаемые материалы являются барьерными факторами в обеспечении защиты приготавливаемых полуфабрикатов от интенсивного развития микроорганизмов. Выполнены исследования Лисовой В.В. с соавторами по получению добавки топинамбура, которая обладает водопоглощающей способностью свыше 400%, влагоудерживающей способностью (ВУС) около 3,8 г воды [17]. Кроме того, при производстве пищевой продукции важным фактором в обеспечении микробиологического благополучия является качество и свежесть сырья.

Продовольственному и микробиологическому благополучию мясных рубленых изделий способствуют различные способы тепловой обработки: жарка основным способом, жарка на гриле, мангале, в жарочном шкафу, в пароконвектомате; приготовление на пару; жарка с последующим доведением до готовности в жарочном шкафу; приготовление су-вит. Все рекомендуемые способы тепловой обработки осуществляются в диапазоне температур 150-170°C (различные способы жарки), 105-115°C (на пару) с доведением до готовности в жарочном шкафу – 220-230°C. Только су-вит отличается технологией приготовления и температурным режимом – 63-75°C [18].

Органолептические показатели рассмотренных образцов изделий из измельченной говядины и других видов мясного сырья являлись основополагающими факторами при приобретении блюд и кулинарных изделий потребителями. Так, ветчина с добавкой пюре топинамбура имеет плотную монолитную консистенцию, розовый цвет на разрезе, приятный запах, солоноватый вкус, что обеспечило положительные отзывы респондентов и увеличило объем продаж. Котлеты, биточки и шницеля из мяса с добавками имбиря имели привлекательный внешний вид, аромат, сочную нежную консистенцию. Данный продукт можно рекомендовать для здорового, лечебного и лечебно-профилактического питания [19].

Таким образом, наибольшую популярность в питании приобретают пищевые продукты, которые имеют уникальную концентрацию питательных веществ, повышающих синергетический потенциал организма. Они обычно содержат жирные кислоты, антиоксиданты, фитонутриенты, незаменимые аминокислоты и необходимые витамины, и минералы.

Цель исследования – обоснование технологических режимов изготовления мясных рубленых изделий, позволяющих получить готовый кулинарный продукт с максимально выраженными вкусо-ароматическими характеристиками без снижения пищевой ценности

Материалы и методы исследований

Объект исследования – мясные рубленые полуфабрикаты и кулинарные изделия.

Предмет исследования – технология приготовления мясных изделий низкотемпературная (су-вит) и высокотемпературная (паровоздушная).

Полуфабрикаты подвергали различным видам тепловой обработки: жарка ($t=150^{\circ}\text{C}$) с доведением до готовности в жарочном шкафу (180°C); приготовление в пароконвектомате ($t=160-180^{\circ}\text{C}$); запекание ($t=150...170^{\circ}\text{C}$).

После кулинарной обработки исследовали влияние растительной добавки (свежих моркови, лука, кабачка, порошкообразной спирулины) и вида тепловой обработки на органолептические показатели готовых изделий.

Обогащение диетических образцов котлет осуществляли в лабораторных условиях и условиях предприятия (комбинат питания ООО «РСК», Красногорск и ООО «Альтернатива», Ульяновск) в течение 2024-2025 года. Контрольный образец готовили по Сборнику рецептов [8], а опытный – с 4% кабачка и лука, 5% моркови и 0,3% спирулины. Количество контрольных и опытных образцов по пять с учетом пяти способов кулинарной обработки. Определение выхода блюд, содержания минорных веществ проводили по современным и общеизвестным методам.

Сенсорная оценка разработанных блюд проводилась для определения внешнего вида, цвета, вкуса, запаха, консистенции новых видов мясной продукции по существующей методике [20]. При оценке продукта определяли внешний вид, цвет и состояние поверхности. Затем определяли консистенцию путем надавливания вилкой на продукт, при этом выявляли реологические показатели: плотность, рыхлость, нежность, жесткость, крошливость, упругость и отдельно оценили результаты данных исследований (рис. 2).

Определяющим фактором разработанных изделий являются органолептические показатели. Выбор показателей качества при сенсорном анализе зависит от вида продукции и ее особенностей. Нами был акцент сделан на вкусо-ароматическую гамму, которая относилась к важнейшим характеристикам, указанным респондентами.

Результаты исследований и их обсуждение

Все используемые способы тепловой обработки приемлемы для изготовления котлет с растительными добавками. Режимы жарки в пароконвектомате и запекания в жарочном шкафу (жарка при $t=150^{\circ}\text{C}$ с доведением до готовности в жарочном шкафу при 180°C ; приготовление в пароконвектомате ($t=160-180^{\circ}\text{C}$); запекание ($t=150-170^{\circ}\text{C}$), показаны на рис. 1.

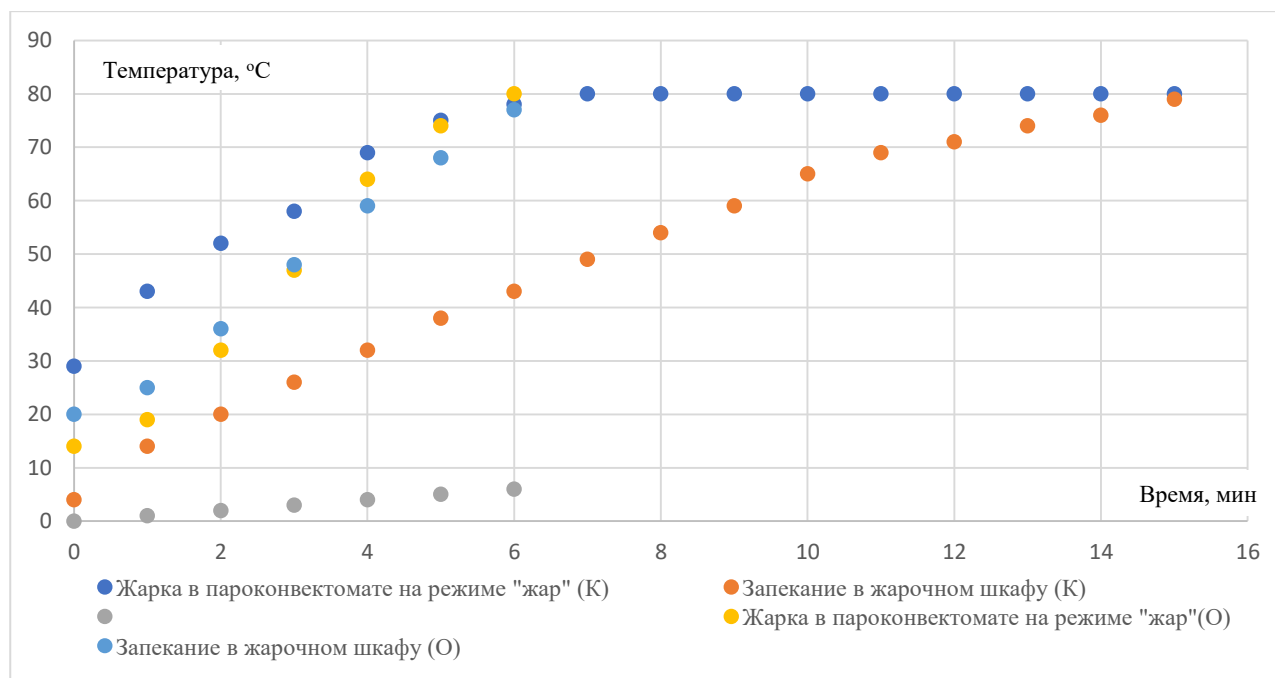


Рисунок 1. Влияние вида тепловой обработки на продолжительность доведения до кулинарной готовности котлет: К – контрольный, О – опытный образец

Установлено, что жарка в пароконвектомате протекает в опытных образцах более интенсивно. Видимо, консистенция вводимых мелкоизмельченных сырых овощных добавок сочная, а кабачков – холодная ($t_{\text{прод.}} = -1^{\circ}\text{C}$), что позволяет обводнять белковые молекулы, приводящие к интенсивной денатурации. Данные зависимости были выявлены и при осталь-

ных исследуемых способах кулинарной обработки. Исключение составили образцы, приготовленные по технологии су-вит ($t = 63-75^{\circ}\text{C}$).

После кулинарной обработки было исследовано влияние растительной добавки и вида тепловой обработки на сенсорные характеристики готовых изделий: вкусо-ароматическую гамму, размерные и реологические показатели. Определяющим фактором разработанных изделий являются вкусовые предпочтения потребителей. Выбор показателей качества при органолептическом анализе зависел от вида продукции и ее особенностей, используемых растительных компонентов рецептуры. Особенно это относилось к спирулине, включаемой в рецептуру в порошкообразном виде. Полученные при математическом моделировании концентрации: по 4% кабачка и лука, 5% моркови и 0,3% спирулины, в том числе сине-зеленой водоросли, не соответствовали их реальному введению в пищевую систему. Даже при 0,3% концентрации мясная масса приобретала зеленоватый цвет. При исследовании выделяли: специфический запах, аромат и вкус; отсутствие или наличие постороннего запаха, привкуса; соленость, флейвор, тактильность, текстура.

На рис. 2 даны органолептические показатели контрольных и опытных образцов мясных изделий.

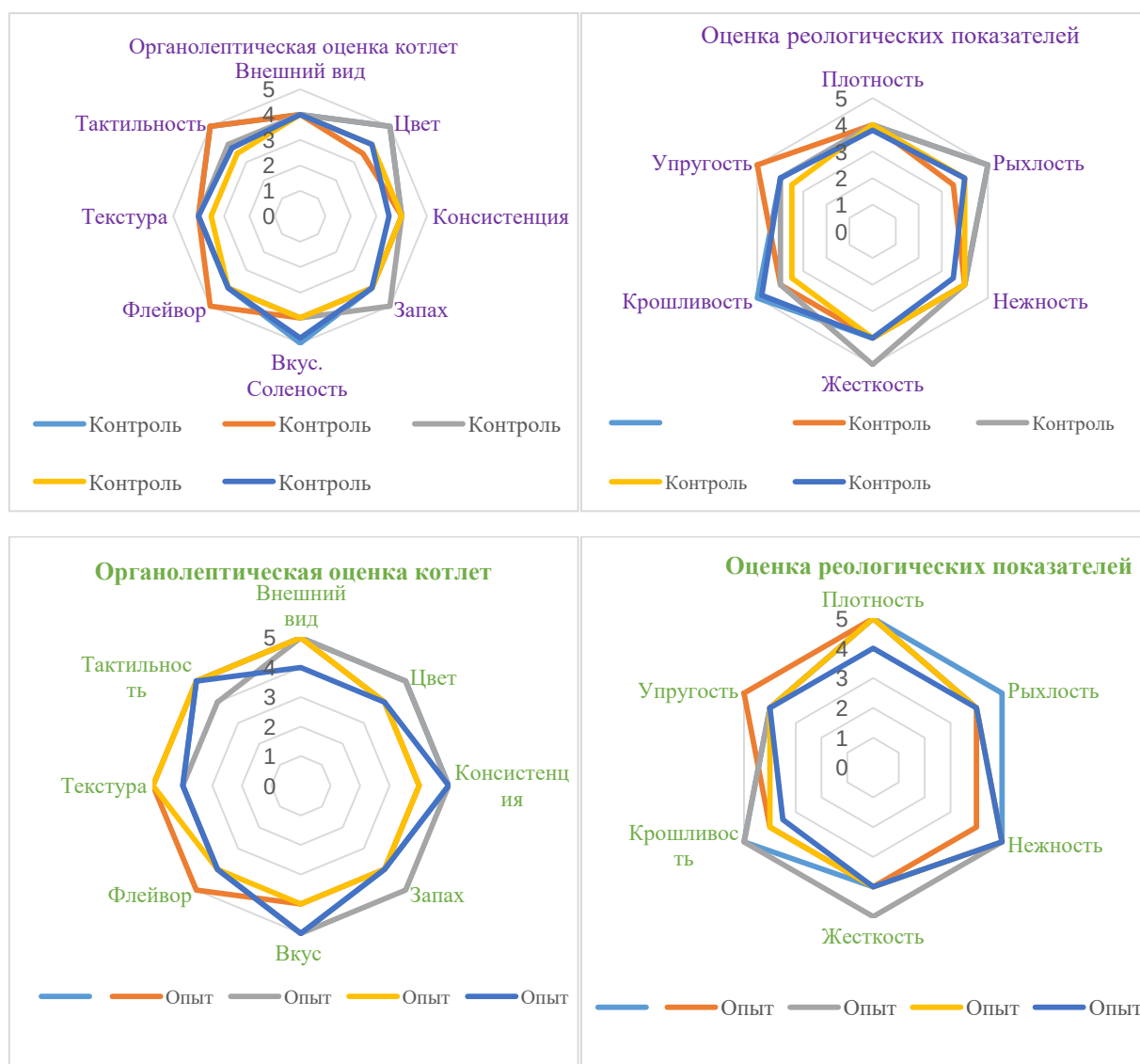


Рисунок 2. Сенсорный профиль мясных кулинарных изделий с растительными добавками, подвергнутых различным способам кулинарной обработки

Аппетитный цвет и сохранение значительной части питательных веществ разработанных высокобелковых кулинарных изделий – основные признаки оптимального режима рабо-

ты – запекания и жарки в пароконвектомате. Однако использование горячего пара сохраняет большую часть минеральных солей и питательных веществ. Следует отметить, что приготовление котлет на пару значительно сокращает использование масла (используется 0,5% для смазки противня), соли (на 80%) и специй (на 72%).

Таким образом, производство комбинированных мясных рубленых изделий с растительными добавками становится перспективным, позволяет рекомендовать разработанный ассортимент для организации здорового питания.

Кроме того, важным являлось определение эффективности использования различных способов кулинарной обработки для получения изделий с высокими органолептическими показателями, обеспечивающими требования респондентов.

Оценка технико-технологической эффективности разработанного высокобелкового мясного продукта с добавлением растительного сырья основана на всестороннем анализе совокупных параметров производственного процесса, включая технологичность, стабильность рецептуры, показатели выхода готовой продукции, воспроизводимость качественных характеристик и адаптированность технологии к промышленному масштабу. Данный анализ проводили для объективной верификации целесообразности внедрения продукта в линейку действующих производств и для формирования технико-экономического обоснования трансфера технологии в смежные пищевые сектора.

Прежде всего, важнейшим критерием эффективности является коэффициент выхода готовой продукции из исходного сырья. В рамках проведённого производственного эксперимента данный показатель составил 84,3%, что выше среднеотраслевых значений для фаршевых полуфабрикатов мясного происхождения (обычно 78–80%) и объясняется высокой влагосвязывающей способностью растительных компонентов, а также оптимизированной рецептурой, исключающей избыточное выделение сока при тепловом воздействии. Добавление свежих овощей (морковь, кабачок) и спирулины (см. табл. 1) способствует не только белковому обогащению, но и формированию устойчивой структуры фарша, минимизируя потери при упаковке и термообработке [21, 22].

Таблица 1. Рецепт контрольного и опытного образцов котлет

Наименование сырья	Контроль, г нетто рецептура № 466	Опыт, г нетто
Тушка цыплят-бройлеров	0	52
Свинина (котлетное мясо)	61	30,3
Хлеб пшеничный	16	0
Морковь	0	5
Лук очищенный	0	4
Спирулина	0	0,3
Кабачки	0	4
Молоко	17	0
Сухари панировочные	8	6
Соль поваренная пищевая	1,0	0,8
Перец чёрный молотый (CO ₂ -экстракт)	0,055	0,04
Выход полуфабриката	100	100

Следующим показателем выступает технологическая надёжность и повторяемость характеристик. Проведённые многократные варочные и замораживающие циклы в трёх партиях показали, что значения массовой доли влаги отличались незначительно (1,4–1,9%), белка – от 17,11±2,6 до 18,7±1,2 г, pH от 6,8 до 6,96, органолептики и микробиологических параметров воспроизводимы с отклонениями не более 2,1–3,7% от средних значений, что свидетельствует о стабильности технологии и пригодности для стандартизации. Продукт показал устойчивость к структурным изменениям при хранении в течение 90 суток, с сохранением визуальной однородной структуры и целостной консистенции, без признаков отделения влаги или разрушения гелеобразующего каркаса.

Особое внимание было уделено анализу времени технологического цикла, включая стадии подготовки сырья, дозировки, перемешивания, формования и заморозки (см. рис. 3).

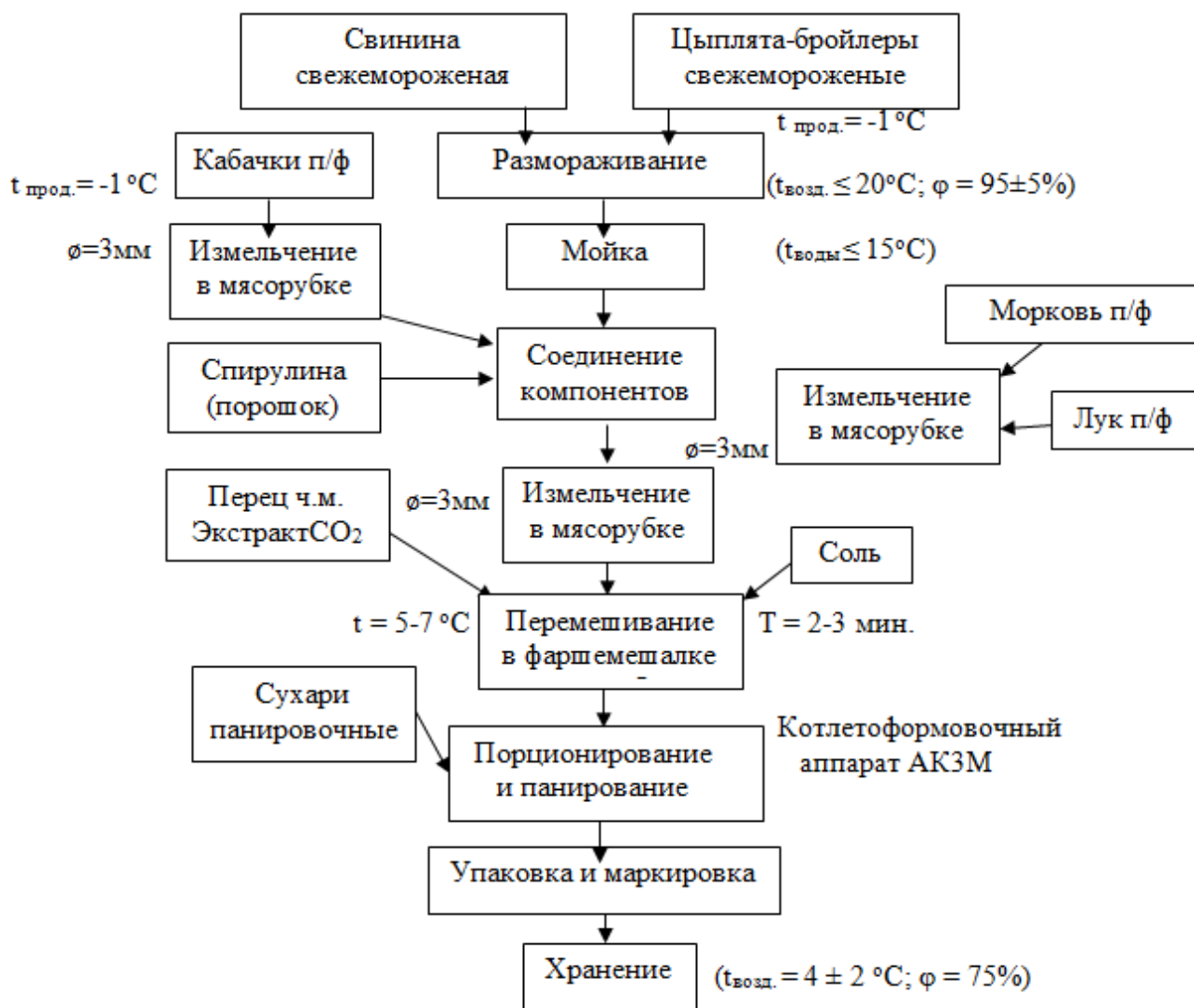


Рисунок 3. Технологическая схема приготовления котлет с добавками растительного сырья

Суммарное время цикла составило 155 минут, что на 12–14% ниже, чем у аналогов с использованием гидратированных белковых концентратов или соевых текстуратов. Сокращение времени достигнуто за счёт использования предварительно просушенной и тонкодисперсной растительной муки, не требующей многоступенчатой подготовки, а также за счёт применения шнекового смешивания с последующим вакуумированием, исключающим этап дегазации массы. Расход воды и электроэнергии при этом остался в пределах допустимых значений — 7,7 л/кг и 0,92 кВт·ч/кг соответственно [23, 24].

Дополнительным параметром эффективности является функциональная технологическая направленность рецептуры – обеспечение одновременно высоких сенсорных, структурных и пищевых характеристик при минимальном количестве стабилизаторов и добавок. Продукт не содержит искусственных ароматизаторов, фосфатов, соевых изолятов и каррагинанов, что повышает его потребительскую привлекательность и соответствует современным трендам Clean Label. Применение сырых овощей обеспечивает текстурообразование за счёт природных полисахаридов и липидной фракции, внесение пищевых волокон, способствующих улучшению микробиоты кишечника и увеличению биодоступности кальция и магния. Совокупное влияние всех этих компонентов формирует синергетический эффект, выражающийся в повышении пищевой и биологической ценности при сохранении классической

структуры полуфабриката и узнаваемых органолептических свойств. Полученные технико-технологические показатели высокобелковых продуктов даны в табл. 2.

Таблица 2. Обобщённые показатели технико-технологической эффективности

Показатель	Значение разработок	Значение аналогов	Примечание
Коэффициент выхода продукции	84,3%	63,0-70,0%	Выше среднеотраслевого уровня
Воспроизводимость параметров	$\pm 2,1-3,7\%$	$\pm 2,5-3,5\%$	Высокая стабильность по органолептике и БЖУ
Продолжительность производственного цикла	155 мин	133-136 мин	На 12–14% меньше аналогов
Расход воды	7,7 л/кг	6,3 л/кг	Снижен на 18% по сравнению с базовой схемой
Расход электроэнергии	0,92 кВт·ч/кг	установка интеллектуальных светодиодных систем с беспроводным управлением	Уровень энергосберегающей технологии
Использование стабилизаторов	отсутствует	экологически чистое сырьё	Чистая этикетка (Clean Label)
Потери при термообработке	$\leq 3,5\%$	3,0-3,5%	Низкий уровень усушки и сокоотделения

Исходя из выполненных исследований, можно заключить, что разработанная рецептура (см. табл. 1) и предложенная технология (см. рис. 3) обладают высоким уровнем технико-технологической эффективности, достигли поставленной цели [25].

Выводы

1. В заключение можно сказать, что проведённые исследования свидетельствуют о целесообразности и перспективности использования растительных компонентов в качестве добавки в мясные полуфабрикаты как источника растительного пищевых волокон, витаминов, других минорных соединений. Введение 4% кабачка, 4% лука, 5% моркови и 0,3% спирулины позволило скорректировать консистенцию мясного фарша и пищевую ценность. Хотя массовая доля влаги отличались незначительно (1,4-1,9%), содержание белка было высоким – от $17,11 \pm 2,6$ до $18,7 \pm 1,2$ г, в щелочную сторону изменилась рН от 6,8 до 6,96, органолептики и микробиологических параметров воспроизводимы с отклонениями не более 2,1–3,7% от средних значений.

2. Основные научные результаты, полученные при выполнении работы позволяют вводить сырые измельченные овощи и спирулину в качестве структурообразователя, обеспечивающие текстуру в совокупности с флейвором и тактильностью.

3. Оптимальными режимами тепловой обработки мясных котлет с растительными наполнителями являются запекание (150-170°C) и жарка в пароконвектомате (160-180°C). Для рекомендации разработанных продуктов по использованию в диетическом питании – можно предложить приготовление котлет на пару. Они не имеют ярко выраженных вкусовых характеристик, но большинство показателей органолептической оценки (внешний вид, консистенция, текстура, флейвор, тактильность) отмечены высокими баллами.

Критерий авторства

А.Т. Васюкова – идея статьи, подготовка статьи и ее окончательная проверка;
 Р.А. Эдварс – подготовка обзора литературы;
 Ю.А. Остюк – систематизация и анализ данных;
 А.Ф. Иванов – анализ данных, корректировка текста;
 Н.М. Портнов – анализ данных, корректировка текста.

Contribution

A.T. Vasyukova – article concept, article preparation, and final review;
R.A. Edwards – literature review,
Yu.A. Ostuyuk – data systematization, and analysis;
A.F. Ivanov – data analysis, text correction;
N.M. Portnov – data analysis, text correction.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors state no conflict of interest.

Список источников

1. Анищенко А. Н., Шутьков А. А. Проблемы реализации Доктрины продовольственной безопасности России // Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8. № 1. С. 9-22.
2. Zubairova L. et al. The quality of beef and its use in the production of enriched minced semi-finished products / L. Zubairova, I. Mironova, I. Khabibullin, A. Salikhov, R. Khabibullin Improving // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 95. Article No. 01016.
3. Scott J. et al. International research priorities in integrated care and cross-border collaboration: an electronic Delphi survey / J. Scott, J. Waring, A.A. Abuozie, Y.A. Agada-Amade, J.M. Bashar, A. De Bruyn, H. Kann, P. Crowley, L.H. Dewa, S. Spanos, S. Wiig // Int. J. Qual. Health Care. 2024. Oct 14. Vol. 36. No. (4).
4. Gallegos D. et al. Food security definition, measures and advocacy priorities in high-income countries: a Delphi consensus study / D. Gallegos, S. Booth, C.M. Pollard, M. Chilton, S. Kleve // Public Health Nutr. 2023. Oct. Vol. 26. No. 10. Pp. 1986-1996.
5. Gattton M.L., Gallegos D. A five-year review of the prevalence, time trends, and characteristics of moderately and severely food insecure people in 34 high-income countries // BMC Public Health. 2023. Nov 9. Vol. 23. No. 1. Article No. 2215.
6. Беликова Е. В., Чернявская Е. Ю., Чумакова Е. А. Оценка состояния продовольственной безопасности современной России // Продовольственная политика и безопасность. 2024. Т. 11. № 3. С. 457-480.
7. Продовольственная безопасность как элемент национальной безопасности страны / А. Н. Столярова, Л. В. Шамрай-Курбатова, О. В. Дарелина, Е. А. Чумакова // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10. № 2. С. 219-236.
8. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / Составитель Л.Е. Голунова. Санкт-Петербург: Профикс, 2003. 408 с.
9. Баюми А.А.А.С. Разработка технологии низкокалорийных мясных рубленых полуфабрикатов с использованием растительного сырья (тигровых орехов и киноа): автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2021. 21 с.
10. Карапетян А.М., Величко Н.А. Перспективы применения растительных компонентов в различных рецептурах мясных рубленых полуфабрикатов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 155-162.
11. Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Шагаров С.Н. Мясные изделия функционального назначения // Товаровед продовольственных товаров. 2020. № 6. С. 15-18.
12. Разработка технологии и рецептур мясных фаршевых изделий с БАД / А.Т. Васюкова, М.Г. Макаров, Р.А. Эдварс, Э.Ш. Махмадалиев, М.Е. Бражников // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 1 (83). С. 124-128.

13. Мясные продукты с растительными добавками для здорового питания / А.Т. Васюкова, А.А. Славянский, А.В. Мошкин, М.Г. Макаров, Э.Ш. Махмадалиев // Пищевая промышленность. 2019. № 10. С. 15-19.
14. Герасимов А.В. Разработка технологии мясопродуктов, обогащенных растительными антиоксидантами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2021. 20 с.
15. Шинкарева С.В., Княжеченко О.А. Реструктурированные ветчинные изделия из мяса кроликов с добавлением пюре топинамбура // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. Выпуск IV. 2017. С. 58-59.
16. Муравьева Н. А., Байдалинова Л. С. Установление сроков годности мясных рубленых полуфабрикатов, обогащенных порошком топинамбура // Вестник Международной академии холода. 2022. № 3. С. 57-65.
17. Исследование химического состава и свойств пищевой добавки из топинамбура / В.В. Лисовой, Г.А. Купин, М.А. Казмирова [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4(12). С. 86-89.
18. Михачева Е.В. Обоснование технологии охлажденных рубленых кулинарных изделий централизованного производства. Автореф. дис... канд. техн. наук. Орел, 2015. 23 с.
19. Щедрина Т. В., Папшева М. А. Расширение ассортимента мясных рубленых изделий для организации здорового питания // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 20. С. 4431–4435.
20. Землякова Е.С. Сенсорные методы оценки качества продуктов пищевой биотехнологии: учеб.-методич. пособие по лабораторным работам для студ., обучающихся в магистратуре по направлению подгот. Биотехнология (профиль Пищевая биотехнология). Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2022. 56 с.
21. Васюкова А.Т. Разработка и исследование технологий комбинированных мясорыбных кулинарных изделий: Автореф. дис. . д-ра техн. наук. Харьков, 1996. 50 с.
22. Owusu-Ansah P. et al. Non-meat ingredients in meat products: a review / P. Owusu-Ansah, E.K. Besiwa, E. Bona, F.K. Amagloh // Appl Food Res. 2022. Vol. 2. Article No. 100044.
23. Alaejos M.S., Afonso A.M. Factors influencing the content of heterocyclic aromatic amines in foods // Comp Rev Food Sci Food Saf. 2011. Vol. 10. No. 52. P. 108.
24. Badar I.H. et al. Future trends in meat products related to their healthfulness perception: a review / I.H. Badar, H. Liu, Qu. Chen, H. Xia, B. Kong // Comp Rev Food Sci Food Saf. 2021. Vol. 20. Article No. 4739–78.
25. Оценка биологической полноценности разработанных диетических блюд / А.С. Кушнаренко, А.Т. Васюкова, А.С. Князева, А.А. Курзова // Все о мясе. 2019. № 6. С. 32-35.

References

1. Anishchenko A. N., Shutkov A. A. Problems of implementation of the Russian Food Security Doctrine. Food policy and security, 2021, vol. 8, no. 1, pp. 9-22.
2. Zubairova L. et al. The quality of beef and its use in the production of enriched minced semi-finished products. L. Zubairova, I. Mironova, I. Khabibullin, A. Salikhov, R. Khabibullin Improving. BIO Web of Conferences, 2024, vol. 95, article no. 01016.
3. Scott J. et al. International research priorities in integrated care and cross-border collaboration: an electronic Delphi survey. J. Scott, J. Waring, A.A. Abuoze, Y.A. Agada-Amade, J.M. Bashar, A. De Bruyn, H. Kann, P. Crowley, L.H. Dewa, S. Spanos, S. Wiig. Int. J. Qual. Health Care, 2024, Oct. 14, vol. 36, no. (4).
4. Gallegos D. et al. Food security definition, measures and advocacy priorities in high-income countries: a Delphi consensus study. D. Gallegos, S. Booth, C.M. Pollard, M. Chilton, S. Kleve. Public Health Nutr, 2023, Oct., vol. 26, no. 10, pp. 1986-1996.

5. Gatton M.L., Gallegos D. A five-year review of the prevalence, time trends, and characteristics of moderately and severely food insecure people in 34 high-income countries. *BMC Public Health*, 2023, Nov. 9, vol. 23, no. 1, article no. 2215.
6. Belikova E. V., Chernyavskaya E. Yu., Chumakova E. A. Assessment of the state of food security in modern Russia. *Food policy and security*, 2024, vol. 11, no. 3, pp. 457-480.
7. Food security as an element of national security of the country. A. N. Stolyarova, L. V. Shamrai-Kurbatova, O. V. Darelina, E. A. Chumakova. *Food policy and security*, 2023, vol. 10, no. 2, pp. 219-236.
8. Collection of recipes of dishes and culinary products for catering enterprises. Compiled by L.E. Golunova. Saint Petersburg: Profix Publ., 2003. 408 p.
9. Bayumi A.A.A.S. Development of technology for low-calorie minced meat semi-finished products using vegetable raw materials (tiger nuts and quinoa): abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Moscow, 2021. 21 p.
10. Karapetyan A.M., Velichko N.A. Prospects for the use of vegetable components in various formulations of minced meat semi-finished products. *Bulletin of KrasSAU*, 2023, no. 4, pp. 155-162.
11. Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Shagarov S.N. Functional meat products. A specialist in food products, 2020, no. 6, pp. 15-18.
12. Development of technology and formulations of minced meat products with dietary supplements. A.T. Vasyukova, M.G. Makarov, R.A. Edvars, E.Sh. Makhmadaliev, M.E. Brazhnikov. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2020, vol. 82, no. 1 (83), pp. 124-128.
13. Meat products with vegetable additives for healthy nutrition. A.T. Vasyukova, A.A. Slavyansky, A.V. Moshkin, M.G. Makarov, E.Sh. Makhmadaliev. *Food industry*, 2019, no. 10, pp. 15-19.
14. Gerasimov A.V. Development of technology for meat products enriched with plant antioxidants: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Ulan-Ude, 2021. 20 p.
15. Shinkareva S.V., Knyazhechenko O.A. Restructured ham products from rabbit meat with the addition of jerusalem artichoke puree. Actual problems of technical sciences in Russia and abroad. Collection of scientific papers based on the results of the III International scientific and practical conference. Issue IV, 2017, pp. 58-59.
16. Muravyeva N. A., Baydalina L. S. Determination of shelf life of minced meat semi-finished products enriched with jerusalem artichoke powder. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*, 2022, no. 3, pp. 57-65.
17. Investigation of the chemical composition and properties of jerusalem artichoke food additives. V.V. Lisovoy, G.A. Kupin, M.A. Kazimirova [et al.]. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, 2016, no. 4(12), pp. 86-89.
18. Mikhacheva E.V. Substantiation of the technology of chilled chopped culinary products of centralized production. Abstract of the dissertation. Candidate of Technical Sciences. Orel, 2015. 23 p.
19. Shchedrina T. V., Papsheva M. A. Expanding the range of minced meat products for healthy nutrition. *Scientific and methodological electronic journal «Concept»*, 2014, vol. 20, pp. 4431-4435.
20. Zemlyakova E.S. Sensory methods for assessing the quality of food biotechnologies: textbook. methodical. a manual on laboratory work for students studying in the department of preparation. Biotechnology (profile Food biotechnology). Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2022. 56 p.
21. Vasyukova A.T. Development and research of technologies of combined meat and fish culinary products: Abstract of the dissertation. . Doctor of Technical Sciences. Kharkov, 1996. 50 p.
22. Owusu-Ansah P. et al. Non-meat ingredients in meat products: a review. P. Owusu-Ansah, E.K. Besiwa, E. Bona, F.K. Amagloh. *Appl Food Res*, 2022, vol. 2, article no. 100044.
23. Alaejos M.S., Afonso A.M. Factors influencing the content of heterocyclic aromatic amines in foods. *Comp Rev Food Sci Food Saf*, 2011, vol. 10, no. 52, p. 108.

24. Badar I.H. et al. Future trends in meat products related to their healthfulness perception: a review. I.H. Badar, H. Liu, Qu. Chen, H. Xia, B. Kong. *Comp Rev Food Sci Food Saf*, 2021, vol. 20, article no. 4739–78.

25. Assessment of the biological usefulness of the developed dietary dishes. A.S. Kushnarenko, A.T. Vasyukova, A.S. Knyazeva, A. A. Kurzova. *All about meat*, 2019, no. 6, pp. 32-35.

Информация об авторах

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры биотехнологий и продовольственной безопасности, тел. +7 (926) 906-64-50, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7374-4145; eLIBRARY SPIN 2889-1457;

Р.А. Эдварс – соискатель, тел. +7(929)796-00-00; e-mail: rostislave@mail.ru, ORCID 0000-0002-9290-8619.

Ю.А. Остюк – аспирант, тел. +7 (926) 246-46-93, e-mail: ostukuriy@mail.ru;

А.Ф. Иванов – аспирант, тел. +7 (929) 655-53-72, e-mail: tigr122@mail.ru;

Н.М. Портнов – докторант, тел. +7 (916) 586-29-77, e-mail: detsoft@mail.ru, ORCID 0000-0001-9520-8928; eLIBRARY SPIN 6886-2701.

Information about the authors

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor, Department of Biotechnology and Food Security, phone: +7 (926) 906-64-50, ORCID 0000-0002-7374-4145; eLIBRARY SPIN 2889-1457;

R.A. Edwards – Applicant, phone: +7 (929) 796-00-00, e-mail: rostislave@mail.ru, ORCID 0000-0002-9290-8619;

Yu.A. Ostyuk – Postgraduate student, phone: +7 (926) 246-46-93, e-mail: ostukuriy@mail.ru;

A.F. Ivanov – Postgraduate student, phone: +7 (929) 655-53-72, e-mail: tigr122@mail.ru;

N.M. Portnov – Doctoral candidate, phone: +7 (916) 586-29-77, e-mail: detsoft@mail.ru, ORCID 0000-0001-9520-8928; eLIBRARY SPIN 6886-2701.

*Поступила в редакцию: 10.10.2025; принята после рецензирования: 24.02.2026;
принята к публикации: 02.03.2026.*

Received: 10.10.2025; revised: 24.02.2026; accepted: 02.03.2026.

Научная статья

УДК 663.51

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-32-42

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СОЗРЕВАНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ

**Востриков Олег Юрьевич¹, Казарцев Дмитрий Анатольевич^{1✉},
Назина Кристина Валерьевна¹, Деменкова Ярина Андреевна¹**

¹Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), 109004, Россия, г. Москва,
ул. Земляной Вал, д. 73
kda_79@mail.ru[✉]

Аннотация. Созревание дистиллятов в дубовой таре является наиболее длительным этапом производства виски, занимая от 3 до 10 лет. Принятие ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские, допускающего сокращенные сроки выдержки (от 6 месяцев для категории «Ординарный»), сделало задачу интенсификации этого процесса особенно актуальной. Существует множество методов ускоренного созревания – от применения древесной щепы до использования физических полей (ультразвук, СВЧ) и биокатализа. Однако в литературе отсутствует единая систематизация, связывающая механизм действия метода с преодолением конкретных технологических ограничений. Целью работы была разработка обоснованной классификации методов интенсификации. В её основу положен принцип, выведенный из анализа двух фундаментальных барьеров процесса: направленность воздействия на преодоление либо барьера медленного массопереноса (диффузии веществ из древесины), либо барьера медленных химических превращений в дистилляте (скорость которых подчиняется уравнению Аррениуса и при традиционной выдержке лимитируется низкими температурами 15–25°C). Разработанная классификация включает три класса: методы интенсификации массопереноса, методы интенсификации химических превращений и комбинированные синергетические методы. В рамках классификации систематизировано более 15 различных технологических приемов, включая гидродинамические, акустические, термические и каталитические методы. Предложенная классификация создает методологическую основу для разработки эффективных процессов ускоренной выдержки, позволяющих сократить продолжительность цикла в 3–10 раз по сравнению с традиционной бочковой выдержкой.

Ключевые слова: виски, дистиллят, созревание, выдержка, интенсификация, классификация, массоперенос, ускоренное созревание

Для цитирования: Разработка классификации методов интенсификации созревания дистиллятов / О.Ю. Востриков, Д.А. Казарцев, К.В. Назина, Я.А. Деменкова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 32-42. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-32-42>.

Права: © О.Ю. Востриков, Д.А. Казарцев, К.В. Назина, Я.А. Деменкова (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

DEVELOPMENT OF A CLASSIFICATION OF METHODS FOR INTENSIFICATION OF DISTILLATE MATURATION

Oleg Yu. Vostrikov¹, Dmitry A. Kazartsev^{1✉}, Kristina V. Nazina¹, Yarina A. Demenkova¹

¹Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University),
73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia
kda_79@mail.ru[✉]

Abstract. Maturing distillates in oak barrels is the longest stage of whiskey production, taking between 3 and 10 years. The adoption of GOST R 70225-2023 Russian Whisky, Grain Distillates, and Russian Whisky, which allows for shorter maturation periods (from 6 months for the «Ordinary» category), has made the

task of intensifying this process particularly urgent. Numerous accelerated maturation methods exist, ranging from the use of wood chips to the use of physical fields (ultrasound, microwaves) and biocatalysis. However, the literature lacks a unified systematization linking the mechanism of action of the method with the overcoming of specific technological limitations. The aim of this study was to develop a substantiated classification of intensification methods. It is based on a principle derived from the analysis of two fundamental process barriers: the focus of action on overcoming either the barrier of slow mass transfer (diffusion of substances from wood) or the barrier of slow chemical transformations in the distillate (the rate of which is governed by the Arrhenius equation and, during traditional aging, is limited by low temperatures of 15–25°C). The developed classification includes three classes: methods of intensifying mass transfer, methods of intensifying chemical transformations, and combined synergistic methods. The classification systematizes more than 15 different technological methods, including hydrodynamic, acoustic, thermal, and catalytic methods. The proposed classification creates a methodological basis for the development of effective accelerated aging processes, reducing cycle times by 3–10 times compared to traditional barrel aging.

Keywords: whiskey, distillate, maturation, aging, intensification, classification, mass transfer, accelerated maturation

For citation: Development of a classification of methods for intensification of distillate maturation. O.Yu. Vostrikov, D.A. Kazartsev, K.V. Nazina, Ya.A. Dementkova. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 32-42. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-32-42>.

Copyright: © O.Yu. Vostrikov, D.A. Kazartsev, K.V. Nazina, Ya.A. Dementkova (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under CC BY License 4.0.

Введение

Созревание (выдержка) дистиллятов в дубовой таре является критически важным и наиболее длительным этапом производства виски, определяющим его конечные органолептические свойства [1, 2]. Традиционная многолетняя бочковая выдержка лимитируется медленной диффузией экстрактивных веществ из древесины и низкой скоростью химических превращений в дистилляте, что обуславливает высокую себестоимость и длительный производственный цикл [3].

Актуальность разработки методов интенсификации данного процесса возросла с принятием ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские, который, в отличие от жестких исторических стандартов ЕС и Шотландии [4], допускает для категории «Ординарный» российский виски сокращенные сроки выдержки (от 6 месяцев) при использовании альтернативных технологий. Это создает правовую основу для внедрения ускоренных методов, которые должны обеспечивать достижение требуемых нормативом физико-химических и органолептических показателей за сокращенное время.

В научной литературе описано множество таких методов: от применения древесной щепы и температурной активации до использования физических полей (ультразвук, СВЧ) и биокаталитических обработок [6, 7, 8]. Однако анализ показывает, что существующие подходы к их систематизации носят разрозненный характер, группируя методы по виду энергии или аппаратному оформлению, но не по их фундаментальной роли в преодолении конкретных технологических барьеров. Отсутствие единой классификации, основанной на механизме воздействия на лимитирующие стадии процесса, затрудняет анализ, сравнение и целенаправленное комбинирование методов для достижения синергетического эффекта.

Цель исследования – разработка и обоснование классификации методов интенсификации созревания зерновых дистиллятов, основанной на принципе направленного воздействия на ключевые лимитирующие стадии процесса.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в период 2024-2025 гг. на базе кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца.

Объект исследования – процесс созревания зерновых дистиллятов в контакте с древесиной дуба при производстве виски.

Предмет исследования – лимитирующие стадии созревания зерновых дистиллятов и способы их интенсификации.

Настоящее исследование носит аналитико-методологический характер и направлено на систематизацию и теоретическое обоснование технологических подходов к интенсификации созревания дистиллятов. В его основе лежит критический анализ литературных данных, нормативных документов и синтез новой классификационной системы. Методология работы последовательно интегрировала сбор информации, анализ фундаментальных ограничений процесса и разработку классификации на установленном критерии.

Исходная база для анализа была сформирована в результате ретроспективного поиска научных публикаций за период 2000–2025 гг. в базах данных eLibrary, Scopus и Web of Science. Поиск проводился по ключевым словам, охватывающим как технологическую сущность процесса («ускоренное созревание дистиллятов», «интенсификация выдержки», «экстракция из древесины дуба»), так и конкретные методы воздействия («ультразвук», «микроволны», «биокатализ», «accelerated aging», «ultrasound extraction»). Критерием отбора публикаций являлось описание физико-химического механизма воздействия метода на систему «дистиллят – древесина дуба». Отдельно анализировалась нормативная база: российские стандарты (ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские, ГОСТ 33723-2016 Дистиллят зерновой. Технические условия) и ключевые международные регламенты (Регламент ЕС 110/2008 [4], Scotch Whisky Regulations [4]), что позволило определить нормативные рамки и технологический запрос на интенсификацию.

Разработка классификации осуществлялась в три этапа. На первом, аналитическом, этапе были выявлены и теоретически обоснованы лимитирующие стадии традиционного созревания. На основе законов массопереноса (диффузия, описываемая законом Фика) и химической кинетики (уравнение Аррениуса) были сформулированы два фундаментальных технологических барьера: барьер медленного массопереноса и барьер медленных химических превращений [3, 9]. Второй этап заключался в анализе всех собранных методов интенсификации с точки зрения их основного механизма действия. Ключевым вопросом для категоризации методов стал: «На преодоление какого из двух выявленных барьеров в первую очередь направлено воздействие данного метода?». На третьем, систематизирующем этапе на основе единого критерия была построена иерархическая классификационная схема. Методы, направленные на один барьер, составили базовые классы. Методы с комплексным механизмом или преднамеренно комбинируемые в технологической цепочке для достижения синергии были выделены в отдельный класс комбинированных методов.

Для обеспечения практической полезности классификации каждый метод внутри нее был охарактеризован по единой схеме, включающей:

- физико-химический механизм воздействия;
- основные управляемые технологические параметры (интенсивность, температура, время и пр.);
- ожидаемый эффект в контексте преодоления конкретного барьера;
- потенциальное влияние на качество конечного продукта (селективность, риски).

Такой подход трансформирует простое перечисление методов в функциональную систему, где каждый элемент имеет четко определенное место и прогнозируемую роль в технологическом процессе.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ теоретических и экспериментальных данных, представленных в литературных источниках, позволил выявить фундаментальные физико-химические ограничения, определяющие многолетнюю продолжительность традиционного бочкового созревания зерновых дистиллятов [1, 2, 3, 5, 8, 9]. Эти ограничения формируют два последовательных и взаимосвязанных барьера.

Диффузионно-кинетический барьер массопереноса. В условиях статического хранения в дубовой бочке скорость процесса экстракции ценных компонентов (танинов, полисахаридов) в первую очередь лимитируется стадией внутренней диффузии [1, 9]. Перенос молекул из мест их локализации в паренхиме древесины через плотную лигноцеллюлозную мат-

рицу к поверхности раздела фаз протекает крайне медленно. Кинетика этой лимитирующей стадии может быть описана в рамках законов диффузии в пористом теле, согласно которым скорость процесса массопереноса прямо пропорциональна градиенту концентрации, площади поверхности контакта фаз и коэффициенту диффузии [1, 9].

Кинетика лимитирующей стадии описывается законом Фика [9]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \cdot \nabla^2 C, \quad (1)$$

где C – концентрация экстрагируемого вещества, t – время процесса, D – коэффициент диффузии, ∇^2 – оператор Лапласа.

Таким образом, скорость внутренней диффузии является функцией D и градиента концентрации, который в условиях пассивной выдержки естественным образом снижается по мере приближения системы к равновесию. Дополнительным замедляющим фактором служит отсутствие принудительной конвекции в объёме бочки, что приводит к формированию обеднённого диффузионного слоя у поверхности древесины и уменьшению движущей силы процесса [12, 13]. Геометрия бочки (значительная толщина клёпки, малая удельная поверхность) создаёт неоптимальные условия для массопереноса, определяя его как первичный технологический барьер.

Барьер химической кинетики. После экстракции компонентов древесины конечное качество дистиллята формируется в ходе медленных химических превращений: окислительно-восстановительных реакций с участием кислорода, реакций этерификации, гидролиза, ацетализации и конденсации [3, 10]. Скорость этих последовательно-параллельных реакций, ответственных за формирование цвета, смягчение вкуса и возникновение сложного ароматического букета, определяется законом Аррениуса:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = f(\alpha) \cdot A \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (2)$$

где α – степень превращения; $f(\alpha)$ – функция степени превращения; A – предэкспоненциальный коэффициент, час⁻¹; E – энергия переноса экстракта из твердой фазы в жидкий спиртовой раствор (энергия активации молекулы экстракта), кДж/кмоль·К; $R=8,314$ кДж/кмоль·К; T – абсолютная температура экстракции, К; τ – время процесса, час.

Скорость химических превращений в дистилляте зависит от температуры, доступности кислорода, проникающего через клёпку, кислотно-основных характеристик среды (pH) и наличия катализаторов (ионы металлов) [2, 7, 11, 12]. Данная стадия требует значительного времени для достижения химического равновесия и сенсорного баланса, что делает её вторым фундаментальным ограничителем общей продолжительности цикла созревания.

Следовательно, эффективная интенсификация процесса созревания возможна лишь при целенаправленном воздействии, позволяющем преодолеть либо барьер массопереноса (за счёт увеличения коэффициента диффузии D , градиента концентрации или площади поверхности контакта), либо барьер химической кинетики (за счёт снижения энергии активации реакций, увеличения концентрации реагентов, управления температурой и окислительно-восстановительным потенциалом), либо оба барьера одновременно.

Для построения классификации методов интенсификации в основу был положен именно этот принцип – направленное воздействие на лимитирующие стадии процесса. Данный критерий позволяет не только систематизировать известные методы, но и прогнозировать механизм действия новых технологических приёмов, а также осознанно комбинировать их для достижения синергетического эффекта.

Реализация этого принципа позволила разработать классификацию, обобщающую известные и перспективные технологические приёмы (см. рис. 1).

Как показано на схеме (см. рис. 1), все методы разделены на три основных класса в зависимости от того, на преодоление какого барьера направлено их основное действие.

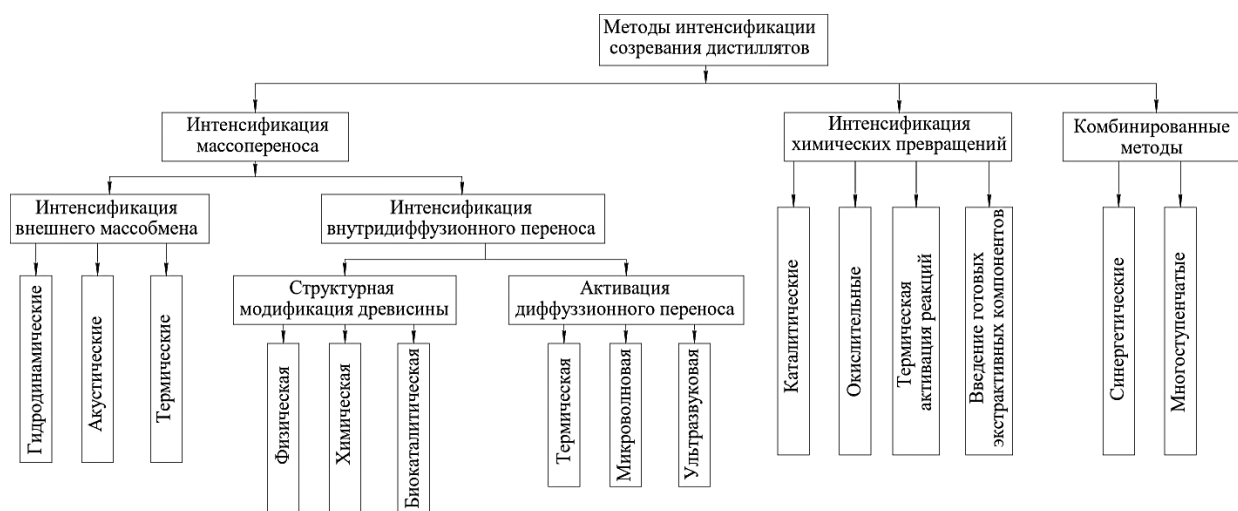


Рисунок 1. Классификация методов интенсификации созревания дистиллятов

Класс I. Методы интенсификации массопереноса объединяют подходы, направленные на ускорение перехода экстрактивных веществ из древесины в дистиллят. Основной механизм действия методов этого класса заключается в увеличении движущей силы массообмена и снижении сопротивления на границе раздела фаз.

Интенсификация внешнего массообмена включает способы активного разрушения ламинарного пограничного слоя, формирующегося у поверхности древесины. Наиболее распространёнными являются гидродинамические методы, такие как принудительная рециркуляция дистиллята или создание псевдооживленного слоя из дубовой щепы, которые за счёт турбулизации потока значительно увеличивают коэффициент массоотдачи и обеспечивают постоянное обновление поверхности контакта [9, 12, 13]. Альтернативой служат акустические методы, где микроперемешивание среды и деформация диффузионного слоя достигаются за счёт явлений звукового ветра и акустических течений, генерируемых ультразвуковым полем [14, 15]. Отдельную группу составляют термические методы, основанные на создании управляемого вертикального градиента температуры. Возникающая при этом естественная конвекция (по закону Архимеда) обеспечивает мягкое, но эффективное объёмное перемешивание, способствующее выравниванию концентраций и обновлению приповерхностного слоя жидкости без применения механических воздействий.

Интенсификация внутридиффузионного переноса направлена на увеличение коэффициента диффузии D за счёт снижения внутреннего сопротивления древесной матрицы. Это достигается двумя стратегическими путями. Во-первых, структурная модификация самой древесины: физическое воздействие, например, предварительный термический обжиг (140–240°C) вызывает деполимеризацию гемицеллюлоз и лигнина, увеличивая пористость и создавая реакционноспособные предшественники ароматических альдегидов; химический или ферментативный гидролиз селективно разрушает лигноуглеводный комплекс, разрыхляя структуру и повышая доступность экстрактов [5, 16, 17]. Во-вторых, активация диффузии в системе: повышение температуры – наиболее простой способ увеличения D по закону Аррениуса, хотя и сопряжённый с риском деградации термолабильных соединений при $t > 50\text{--}55^\circ\text{C}$ [1, 3]; ультразвуковая (УЗ) обработка интенсифицирует диффузию за счёт кавитационных эффектов – имплозия микропузырьков генерирует ударные волны и микроструи, которые вызывают эрозию поверхности, образование микроканалов в древесине и эффективно разрушают клеточные структуры, значительно снижая диффузионное сопротивление [8, 18]; микроволновой (СВЧ) нагрев обеспечивает объёмный разогрев, создающий градиент давления пара внутри пор, что также приводит к физическому разрыву клеточных стенок и образованию микротрещин [6, 19].

Класс II. Методы интенсификации химических превращений воздействуют на параметры кинетических уравнений, ускоряя реакции или непосредственно формируя химический профиль дистиллята. Каталитические методы снижают энергию активации E ключевых реакций за счёт гомогенного катализа ионами металлов K^+ , Ca^{2+} или гетерогенного катализа поверхностью обожжённой древесины [5, 7]. Окислительные методы напрямую управляют окислительно-восстановительными реакциями через контролируемое насыщение кислородом, применение озона или электрохимически активированных сред с высоким окислительно-восстановительным потенциалом [6, 8]. Термическая активация в оптимальном диапазоне (35–45°C) ускоряет все типы реакций в соответствии с законом Аррениуса [21]. Особое место занимает метод введения готовых экстрактивных компонентов, который представляет собой прямой технологический приём коррекции профиля путём добавления стандартизированных дубовых экстрактов, содержащих готовый комплекс танинов, ароматических альдегидов и продуктов карамелизации, что имитирует результат длительной химической стадии [22].

Класс III. Комбинированные методы отражают наиболее современный и перспективный подход, основанный на целенаправленном сочетании методов из первых двух классов для достижения синергии. Совместное физико-химическое воздействие, например, метод СВЧ + O_2 , обеспечивает взаимное усиление эффектов: микроволновая обработка повышает проницаемость древесины и одновременно активирует молекулы кислорода, что приводит к значительному ускорению как экстракции, так и окислительных превращений [6, 8]. Многоступенчатые технологические схемы позволяют разделить во времени и оптимизировать каждую стадию, например, реализуя последовательность: ферментативная подготовка щепы → ультразвуковое воздействие → контролируемое окисление для направленного формирования конечного органолептического профиля [5, 7].

Разработанная классификация, систематизируя известные технологические приёмы по принципу направленного воздействия на массоперенос и химические превращения, выполняет роль функционального аналитического инструмента. Её практическая значимость заключается в установлении чёткой взаимосвязи между сущностью метода и решаемой им технологической задачей, так как предложенный критерий позволяет для любого метода, включая новые технологические приёмы, однозначно определить его основное целевое назначение в технологической цепи – преодоление либо диффузионного, либо кинетического барьера. Это создаёт основу для осознанного проектирования комбинированных технологий ускоренной выдержки, где методы, интенсифицирующие экстракцию, целенаправленно сочетаются с методами, управляющими химическими превращениями, для создания эффективных многоступенчатых схем. Такой системный подход, связывающий механизм действия метода с его влиянием на процесс, позволяет не только прогнозировать общее ускорение цикла, но и управлять формированием целевых органолептических и физико-химических показателей качества конечного продукта, что критически важно для соблюдения требований ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские. Таким образом, классификация служит связующим звеном между фундаментальным анализом процесса и прикладной задачей разработки ресурсосберегающих технологий, задавая логическую основу для последующего математического моделирования процессов созревания спиртов, параметрической оптимизации и технико-экономического обоснования внедрения методов ускоренного созревания дистиллятов.

Выводы

1. На основе анализа лимитирующих стадий процесса предложен принцип систематизации методов интенсификации, основанный на их направленности на преодоление конкретного технологического барьера – либо медленного массопереноса (коэффициент диффузии веществ из древесины составляет $D \sim 10^{-11} - 10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$, что лимитирует скорость экстракции), либо медленной химической кинетики (скорость реакций при традиционной выдержке 15–25°C подчиняется уравнению Аррениуса и лимитируется низкими температурами). Данный

подход, в отличие от систематизаций по внешним признакам, связывает сущность метода с решением фундаментальной технологической задачи.

2. В соответствии с данным принципом разработана классификация, структурирующая методы по трём основным классам: интенсификации массопереноса, интенсификации химических превращений и комбинированные (синергетические) методы. В рамках классификации систематизировано более 15 различных технологических приемов, включая гидродинамические (увеличение коэффициента массоотдачи в 2–5 раз), акустические (ультразвуковая кавитация с интенсивностью 10–100 Вт/см²), термические (оптимальный диапазон 35–45°C) и каталитические методы (снижение энергии активации реакций на 15–30%).

3. Установлено, что наиболее перспективным направлением развития технологий ускоренной выдержки являются комбинированные (синергетические) методы. Их проектирование на основе предложенной классификации позволяет целенаправленно и последовательно преодолевать оба технологических барьера, что открывает путь к созданию высокоэффективных и управляемых процессов, позволяющих сократить продолжительность цикла созревания в 3–10 раз по сравнению с традиционной бочковой выдержкой.

4. Показана практическая значимость проведённой систематизации для отечественной ликёро-водочной промышленности. Классификация создаёт методологическую основу для разработки и оптимизации технологий производства «Ординарного» российского виски в соответствии с требованиями ГОСТ Р 70225-2023 Виски российский, дистилляты зерновые и висковые российские, обеспечивая сокращение цикла до 6 месяцев и менее (против 3–10 лет в традиционных технологиях) при сохранении целевых органолептических и физико-химических показателей качества.

Критерий авторства

О.Ю. Востриков – обзор литературы, систематизация методов, написание рукописи.

Д.А. Казарцев – консультация в ходе исследования.

К.В. Назина – анализ нормативной базы, обработка данных по физико-химическим методам.

Я.А. Деменкова – подбор источников, оформление библиографии, техническое сопровождение.

Contribution

O.Yu. Vostrikov – literature review, systematization of methods, manuscript writing.

D.A. Kazartsev – consultation during the study.

K.V. Nazina – analysis of the regulatory framework, data processing using physical and chemical methods.

Ya.A. Dementkova – selection of sources, bibliography preparation, technical support.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Благодарности

Выражаем благодарность коллективу кафедры технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца Московского государственного университета технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ) за содействие в проведении исследования и обсуждение результатов.

Acknowledgements

We would like to thank the staff of the G.G. Agabal'yants Department of Winemaking Technology, Fermentation Production, and Chemistry at the K.G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (FCU) for their assistance in conducting the study and discussing the results.

Список источников

1. Производство виски по ускоренной технологии / Н. Е. Головачева, И. М. Абрамова, С. С. Морозова [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 31-33.
2. Разработка аппаратурно-технологической линии производства виски по ускоренной технологии / Д. А. Казарцев, А. И. Ключников, О. Ю. Востриков [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2025. Т. 87. № 1(103). С. 29-37.
3. Разработка технологии производства Российского виски на базе основного технологического оборудования отечественных спиртзаводов / М. А. Григорьев, Е. А. Бетева, К. А. Костюкова, А. Ю. Тарасенков // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 111-4. С. 219-223.
4. Макаров С. Ю., Славская И. Л. Основы технологии виски. Москва: ДеЛи, 2022. 158 с.
5. Тягилева М. Г. Совершенствование технологии коньяков на основе использования древесины дуба, обработанной ультразвуковыми колебаниями: дис. ... канд. техн. н.: 05.18.07. Москва, 2009. 172 с.
6. Исследование влияния микроволнового воздействия на процесс созревания висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, М. В. Просин, М. Н. Потапова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 4. С. 141-153.
7. Оселедцева И. В., Начевная Е. В., Назаренко М. А. Влияние биокатализа и термолиза при активации дубовой древесины на кинетику экстракции и динамику накопления бензойных и коричных альдегидов в коньячных дистиллятах // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 6(390). С. 55-60.
8. Востриков С.В., Новикова И.В. Исследование влияния ультразвуковой обработки древесины дуба и озонирования на процесс экстракции // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 2. С. 44-48.
9. Федянов Е. А., Иткис Е. М. Основы тепломассопереноса. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2016. 124 с.
10. Абрамова И. М., Головачева Н. Е., Морозова С. С. Исследование физико-химических показателей импортных виски // Пищевая промышленность. 2020. № 3. С. 42-46.
11. Чурсина О. А., Легашева Л. А., Простак М. Н. Влияние регулируемых параметров выдержки коньячных дистиллятов на процессы их созревания // Магарац. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 1(107).
12. Химический состав дистиллята из пшеницы в процессе выдержки в контакте с древесиной дуба / Н. В. Шелехова, И. М. Абрамова, Т. М. Шелехова, Л. И. Скворцова, Н. В. Полтавская // Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 1. С. 17-28.
13. Бородулин Д.М., Просин М.В., Иванов А.С. Исследование эффективности работы новой конструкции экстракционного аппарата для выдержки дистиллятов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 3(59). С. 122-127.
14. Янкевич С. В., Малинин Г. В. Образование вихревого движения в жидкой среде под действием ультразвуковых колебаний // Электротехнические системы и комплексы. 2021. № 3(52). С. 66-71.
15. Низкочастотная ультразвуковая экстракция полисахаридов из биомассы *Laminaria digitata* / А. А. Хитров, Д. А. Гармонов, О. С. Корнеева [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2024. № 2. С. 65-76.
16. Перспективы развития способов созревания висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, Я. С. Головачева, М. В. Просин [и др.] // Агро-технологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции,

Пермь, 08-10 ноября 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова». Пермь: Издательство «От и До», 2022. С. 136-137.

17. Резниченко К.В., Гугучкина Т.И., Оселедцева И.В. Оценка целесообразности проведения ферментативного катализа дубовой древесины для интенсификации созревания коньячных спиртов // Научные труды СКФНЦБВ. 2020. Т. 29. С. 293–299.

18. Стремин А. А., Федоренко Б. Н. Использование ультразвука для ускорения экстракции в пищевой промышленности // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 5(62). С. 725-730.

19. Исследование совместного влияния сверхвысокочастотного излучения и кислорода на процесс созревания висковых дистиллятов / Д.М. Бородулин, М.В. Просин, М.Н. Потапова [и др.] // Пиво и напитки. 2020. № 2. С. 15-19.

20. Бушина И. А. Совершенствование технологии коньяков на основе использования электрохимически активированной воды и дубового экстракта: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2005. 28 с.

21. Optimization of the process of water-ethanol extraction of etha-nollignin from Siberian larch wood / A. V. Rudkovsky et al. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2018. Vol. 11. No. 4. Pp. 567-576.

22. Кухно А. И., Соболев Э. М., Боярский В. М. Влияние спиртуозности и кислотности коньячных спиртов на экстракцию танидного комплекса древесины дуба // Известия вузов. Пищевая технология. 1995. № 5-6. С. 50-52.

References

1. Production of whiskey using accelerated technology. N. E. Golovacheva, I. M. Abramova, S. S. Morozova [et al.]. Food industry, 2019, no. 4, pp. 31-33.

2. Development of an equipment and technological whiskey production line using accelerated technology. D. A. Kazartsev, A. I. Klyuchnikov, O. Yu. Vostrikov [et al.]. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2025, vol. 87, no. 1(103), pp. 29-37.

3. Development of technology for the production of Russian whiskey based on the basic technological equipment of domestic distilleries. M. A. Grigoriev, E. A. Beteva, K. A. Kostyukova, A. Y. Tarasenkova. Trends in the development of science and education, 2024, no. 111-4, pp. 219-223.

4. Makarov S. Yu., Slavskaya I. L. Fundamentals of whiskey technology. Moscow: DeLi Publ., 2022. 158 p

5. Tyagileva M. G. Improvement of cognac technology based on the use of oak wood treated with ultrasonic vibrations: dissertation... Candidate of Technical Sciences: 05.18.07. Moscow, 2009. 172 p.

6. Investigation of the effect of microwave exposure on the ripening process of whiskey distillates. D. M. Borodulin, M. V. Prosin, M. N. Potapova [et al.]. Storage and processing of agricultural raw materials, 2019, no. 4, pp. 141-153.

7. Oseledtseva I. V., Nachevnaya E. V., Nazarenko M. A. The effect of biocatalysis and thermolysis during activation of oak wood on the kinetics of extraction and the dynamics of accumulation of benzoin and cinnamic aldehydes in cognac distillates. Bulletin of higher educational institutions. Food technology, 2022, No. 6(390), pp. 55-60.

8. Vostrikov S.V., Novikova I.V. Investigation of the effect of ultrasonic treatment of oak wood and ozonation on the extraction process. Storage and processing of agricultural raw materials, 2007, no. 2, pp. 44-48.

9. Fedyanov E. A., Itkis E. M. Fundamentals of heat and mass transfer. Volgograd: Volgograd State Technical University, 2016. 124 p.

10. Abramova I. M., Golovacheva N. E., Morozova S. S. Study of physico-chemical parameters of imported whiskey. The food industry, 2020, no. 3, pp. 42-46.

11. Chursina O. A., Legasheva L. A., Prostak M. N. The influence of regulated aging parameters of cognac distillates on their maturation processes. Magarach. Viticulture and winemaking, 2019, vol. 21, no. 1(107).

12. Chemical composition of distillate from wheat in the process of aging in contact with oak wood. N. V. Shelekhova, I. M. Abramova, T. M. Shelekhova, L. I. Skvortsova, N. V. Poltavskaya. Machinery and technology of food production, 2025, vol. 55, no. 1, pp. 17-28.
13. Borodulin D.M., Prosin M.V., Ivanov A.S. Investigation of the effectiveness of a new design of an extraction apparatus for distillate aging. XXI century: results of the past and problems of the present plus, 2022, vol. 11, no. 3(59), pp. 122-127.
14. Yankevich S. V., Malinin G. V. Formation of a vortex movements in a liquid medium under the influence of ultrasonic vibrations. Electrical engineering systems and complexes, 2021, no. 3(52), pp. 66-71.
15. Low-frequency ultrasonic extraction of polysaccharides from *Laminaria digitata* biomass. A. A. Khitrov, D. A. Harmonov, O. S. Korneeva [et al.]. Proceedings of Tula State University. Natural sciences, 2024, no. 2, pp. 65-76.
16. Prospects for the development of methods for maturing whiskey distillates. D. M. Borodulin, Ya.S. Golovacheva, M. V. Prosin [et al.]. Agro-technologies of the XXI century: development strategy, technologies and innovations: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Perm, November 08-10, 2022. Ministry of Science and Higher Education Of the Russian Federation. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov. Perm: Publishing house «From and To», 2022, pp. 136-137.
17. Reznichenko K.V., Guguchkina T.I., Oseledtseva I.V. Evaluation of the expediency of enzymatic catalysis of oak wood to intensify the maturation of horse spirits. Scientific papers of the North Caucasus Federal University, 2020, vol. 29, pp. 293-299.
18. Stremin A. A., Fedorenko B. N. The use of ultrasound to accelerate extraction in the food industry. Bulletin of Science, 2023, vol. 3, no. 5(62), pp. 725-730.
19. Investigation of the combined effect of microwave radiation and oxygen on the ripening process of whiskey distillates. D.M. Borodulin, M.V. Prosin, M.N. Potapova [et al.]. Beer and beverages, 2020, no. 2, pp. 15-19.
20. Bushina I. A. Improvement of cognac technology based on the use of electrochemically activated water and oak extract: abstract of the dissertation. ... Candidate of Technical Sciences. Moscow, 2005. 28 p.
21. Optimization of the process of water-ethanol extraction of etha-nollignin from Siberian larch wood. A. V. Rudkovsky et al. Journal of Siberian Federal University. Chemistry, 2018, vol. 11, no. 4, pp. 567-576.
22. Kukhno A. I., Sobolev E. M., Boyarsky V. M. The influence of alcohol content and acidity of cognac spirits on the extraction of the tannin complex of oak wood. Bulletin of higher educational institutions. Food technology, 1995, no. 5-6, pp. 50-52.

Информация об авторах

О.Ю. Востриков – аспирант, тел. +7 (929) 961-50-81, e-mail: ctg@bk.ru;

Д.А. Казарцев – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца, тел. +7 (903) 650-42-08, e-mail: kda_79@mail.ru, ORCID 0000-0001-6597-2327; eLIBRARY SPIN 2613-0217;

К.В. Назина – аспирант, тел. +7 (985) 744-72-07, e-mail: cvetkovav234@gmail.com;

Я.А. Деменкова – магистрант, тел. +7 (916) 996-99-25, e-mail: demenkovastudy@gmail.com.

Information about the authors

O.Yu. Vostrikov – Postgraduate student, phone: +7 (929) 961-50-81, e-mail: ctg@bk.ru;

D. A. Kazartsev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, head Department of Winemaking Technology, Fermentation Production and Chemistry named after. G.G. Agabalyantsa, phone: +7 (903) 650-42-08, e-mail: kda_79@mail.ru, ORCID 0000-0001-6597-2327; eLIBRARY SPIN 2613-0217;

K.V. Nazina – Postgraduate student, phone: +7 (985) 744-72-07, e-mail: cvetkovav234@gmail.com;

Ya.A. Dementkova – Student, phone: +7 (916) 996-99-25, e-mail: demenkovastudy@gmail.com.

*Поступила в редакцию: 30.01.2026; принята после рецензирования: 27.02.2026;
принята к публикации: 06.03.2026.*

Received: 30.01.2026; revised: 27.02.2026; accepted: 06.03.2026.

Научная статья

УДК 633.11:632.37:636.085

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-43-51

АЛЬТЕРНАРИОЗ ПШЕНИЦЫ КАК ПРОБЛЕМА КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Зиновьев Сергей Васильевич^{1✉}, Фролов Дмитрий Иванович¹

¹Пензенский государственный технологический университет, 440039, Россия,

Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11

zinoviev.ser@yandex.ru[✉]

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного исследования пшеницы урожая 2023 года, поражённой грибами рода *Alternaria* spp. в условиях неблагоприятной погоды в Пензенской, Орловской и Тамбовской областях. Проанализировано более 400 проб зерна с долей потемневших зёрен от 0,6% до 51% с целью оценки микотоксического риска и кормовой ценности для обоснования рекомендаций по использованию в комбикормовом производстве. Установлено, что содержание микотоксинов *Alternaria* – альтерналиола (макс. 2,01 мкг/кг) и tenuazonовой кислоты (макс. 263 мкг/кг) – значительно ниже условно критических уровней (50 мкг/кг и 500 мкг/кг соответственно). Примечательно, что максимальные концентрации токсинов зафиксированы при минимальном поражении ($\leq 2\%$), что указывает на отсутствие прямой корреляции между визуальным повреждением и микотоксической нагрузкой. Все регламентируемые микотоксины (ДОН, Т-2, зеараленон, афлатоксины, охратоксин А, фумонизины) находились менее чем на 50% от предельно допустимых норм. Питательная ценность зерна с поражением до 13% сохраняется: содержание протеина, жира и клетчатки лишь незначительно уступает референсным значениям РФ и WPSA, а обменная энергия даже превышает их. Переваримость ключевых аминокислот при поражении до 40% остаётся в пределах нормы. Более 74% исследованного зерна (82 133 т из 109 617 т) имеет степень поражения до 10%, что позволяет рекомендовать его к использованию в комбикормах без ограничений при условии лабораторного контроля микотоксинов.

Ключевые слова: альтерналиоз пшеницы, микотоксины, tenuazonовая кислота, питательная ценность, обменная энергия, переваримость аминокислот, комбикорма

Для цитирования: Зиновьев С.В., Фролов Д.И. Альтерналиоз пшеницы как проблема комбикормовой промышленности // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 43-51. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-43-51>.

Права: © С.В. Зиновьев, Д.И. Фролов (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

ALTERNARIA LEAF SPOT OF WHEAT AS A PROBLEM IN THE FEED INDUSTRY

Sergey V. Zinoviev^{1✉}, Dmitry I. Frolov¹

¹Penza State Technological University, 1a/11, Baydukova passage/Gagarina Str., Penza,

Penza region, 440039, Russia

zinoviev.ser@yandex.ru[✉]

Abstract. This article presents the results of a comprehensive study of 2023 wheat crops infected with *Alternaria* spp. fungi under adverse weather conditions in the Penza, Oryol, and Tambov regions. More than 400 grain samples, with a proportion of darkened grains ranging from 0.6% to 51%, were analyzed to assess the mycotoxic risk and feed value to support recommendations for use in compound feed production. It was found that the content of *Alternaria* mycotoxins — alternariol (max. 2.01 ppb) and tenuazonic acid (max. 263 ppb) — was significantly below the conditionally critical levels (50 ppb and 500 ppb, respectively). Notably, the maximum toxin concentrations were recorded at minimal damage ($\leq 2\%$), indicating the absence of a direct correlation between visual damage and mycotoxic load. All regulated mycotoxins (DON, T-2, zeara-

lenone, aflatoxins, ochratoxin A, and fumonisins) were found at less than 50% of the maximum permissible levels. The nutritional value of grain with up to 13% contamination was preserved: protein, fat, and fiber contents were only slightly below the Russian Federation and WPSA reference values, while metabolizable energy even exceeded them. Digestibility of key amino acids with up to 40% contamination remained within the normal range. More than 74% of the grain tested (82,133 tons out of 109,617 tons) had contamination levels of up to 10%, allowing it to be recommended for use in compound feed without restrictions, subject to laboratory mycotoxin monitoring.

Keywords: *alternaria blight of wheat, mycotoxins, tenuazonic acid, nutritional value, metabolic energy, amino acid digestibility, compound feed*

For citation: Zinoviev S.V., Frolov D.I. *Alternaria leaf spot of wheat as a problem in the feed industry. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2026, no. 1(39), pp. 43-51. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-43-51>.*

Copyright: © S.V. Zinoviev, D.I. Frolov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Альтернариоз пшеницы – фитопатологическое заболевание, вызываемое грибами рода *Alternaria* (*A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. infectoria* и др.), в последние годы приобретает всё большее значение не только в растениеводстве, но и в комбикормовой промышленности [1, 2]. Несмотря на то, что традиционно эти грибы рассматривались как условно-патогенные или вторичные возбудители, сопутствующие более агрессивным инфекциям, их способность продуцировать широкий спектр микотоксинов делает их потенциально опасными для здоровья животных и качества кормов [3]. По оценкам российских специалистов, из почти 300 видов рода *Alternaria* около десяти являются наиболее вредоносными для сельскохозяйственных культур на территории РФ [4, 5]. Грибы этого рода широко распространены в природе и часто выявляются в семенах зерновых культур, формируя устойчивую часть микробиоты зерна. Заражение колоса может происходить уже на стадии цветения, что приводит к поражению зародыша («чёрный зародыш»), или на более поздних этапах – с проявлением в виде «черни колоса», когда гриб заселяет преимущественно чешуи.

Особую озабоченность вызывает тот факт, что *Alternaria spp.* способны продуцировать более 70 различных микотоксинов, среди которых наиболее значимыми с точки зрения токсикологии и патогенности являются tenuazonовая кислота, альтернариол, монометилловый эфир альтернариола, альтенуен и альтеротоксин [6, 7]. Эти соединения не только усиливают патогенность самого гриба, но и представляют прямую угрозу для здоровья животных и человека. Экспериментальные данные свидетельствуют, что даже при включении в рацион бройлеров зерна с 25% поражения *Alternaria*, наблюдается увеличение коэффициента конверсии корма, снижение прироста массы и развитие серьёзных патологий: эрозий желудка, кровоизлияний в просвет кишечника и на поверхность сердца, отёков миокарда, пятнистости селезёнки и геморрагических изменений в мышцах бедра [8, 9, 10].

Несмотря на очевидные риски, в мировой научной литературе и нормативной базе до сих пор отсутствуют официально установленные предельно допустимые уровни микотоксинов *Alternaria* в кормах и пищевом сырье. В Российской Федерации на сегодняшний день также отсутствуют официальные гигиенические и ветеринарные нормативы по содержанию микотоксинов *Alternaria* в кормах, что создаёт правовой и методологический вакуум при оценке безопасности зерна, поражённого этими грибами.

В 2023 году в ряде регионов России сложились крайне неблагоприятные погодные условия. Эти условия способствовали массовому развитию болезней колоса, в том числе альтернариоза. В результате значительные объёмы урожая пшеницы поступили на рынок с признаками поражения *Alternaria spp.*, что вызвало обеспокоенность среди производителей комбикормов и птицеводческих хозяйств.

В связи с этим возникла необходимость в проведении комплексной оценки микотоксического риска и питательной ценности зерна пшеницы с различной степенью поражения *Alternaria*.

Таким образом, актуальность настоящего обзора обусловлена необходимостью систематизации данных о микотоксическом риске, связанном с использованием зерна, поражённого *Alternaria spp.*, в комбикормовом производстве, а также разработкой научно обоснованных рекомендаций по его безопасному применению. Учитывая отсутствие регуляторных норм и ограниченность данных о влиянии микотоксинов *Alternaria* на продуктивность и здоровье сельскохозяйственных животных, дальнейшие исследования в этой области являются крайне важными для обеспечения биобезопасности кормов и устойчивого развития животноводства в России.

Цель исследования – оценка микотоксического профиля (включая альтерналиол, тенуазоновую кислоту и другие метаболиты *Alternaria spp.*) и кормовой ценности пшеницы с различной степенью поражения *Alternaria spp.* (от 2% до 51%), а также сопоставление её питательных показателей – содержания и перевариваемости аминокислот, обменной энергии, протеина, жира и клетчатки – с референсными значениями для кормовой пшеницы РФ и международными стандартами. Исследование направлено на определение безопасности и целесообразности использования такого зерна в комбикормовом производстве.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – зерно пшеницы урожая 2023 года, поражённое грибами рода *Alternaria spp.* в условиях неблагоприятной погоды (Пензенская, Орловская и Тамбовская области).

Предмет исследования – содержание микотоксинов, показатели питательной ценности зерна и обоснование рекомендаций по его использованию в комбикормовом производстве.

В работе использованы 400 проб зерна пшеницы, отобранных в 2023 году с рукавов Пензенской, Орловской, Тамбовской областей. Все пробы поступили от сельхозпроизводителей и элеваторов и характеризовались различной степенью визуального поражения грибами рода *Alternaria spp.* – от 0,6% до 51%. Отдельно выделены подгруппы проб с содержанием потемневших зёрен 6% (диапазон 0,6–10%) и 13%.

Для оценки микотоксического фона пробы анализировались на содержание микотоксинов, продуцируемых *Alternaria spp.*: альтерналиола, монометилового эфира альтерналиола, тентоксина и тенуазоновой кислоты, а также на основные регламентируемые микотоксины – дезоксиниваленол (ДОН), Т-2 токсин, зеараленон, фумонизины, охратоксин А и афлатоксины. Анализы проводились методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно (ГОСТ 30711–2020) в аккредитованных лабораториях ВНИТИП.

Питательная ценность зерна оценивалась по следующим показателям: содержание сырого протеина (ГОСТ 32044.1–2012), сырого жира (ГОСТ 13496.15–2016), клетчатки (ГОСТ 31675–2012), а также обменная энергия (ГОСТ 31640–2012). Перевариваемость аминокислот (лизина, метионина, треонина, валина, триптофана) определялась *in vivo* на бройлерах по стандартной методике с использованием индикаторного метода согласно ГОСТ 32195–2013. Исследования проведены на образцах с поражением *Alternaria spp.* 5%, 13%, 14% и 40–45,5% для сопоставления влияния степени инфицирования на усвояемость незаменимых аминокислот.

Результаты сопоставлялись со среднероссийскими референсными значениями кормовой пшеницы, а также с данными (WPSA – Мировая научная ассоциация птицеводов). Статистическая обработка данных выполнена с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ 400 проб пшеницы урожая 2023 года из Пензенской, Орловской и Тамбовской областей показал, что доля зёрен с признаками поражения *Alternaria spp.* варьировала от 0,6% до 51%. При этом содержание микотоксинов рода *Alternaria* оставалось низким: максимальные уровни альтерналиола и тенуазоновой кислоты составили 2,01 мкг/кг и 263 мкг/кг соответственно – значительно ниже условно критических значений (50 мкг/кг и 500 мкг/кг).

Монометилловый эфир альтернариола не обнаружен ни в одной пробе, а концентрация тентоксина не превышала 104 мкг/кг.

Важно, что наибольшие концентрации микотоксинов отмечены при минимальном поражении ($\leq 2\%$), что свидетельствует об отсутствии прямой зависимости между визуальным повреждением зерна и микотоксической нагрузкой (см. рис. 1).

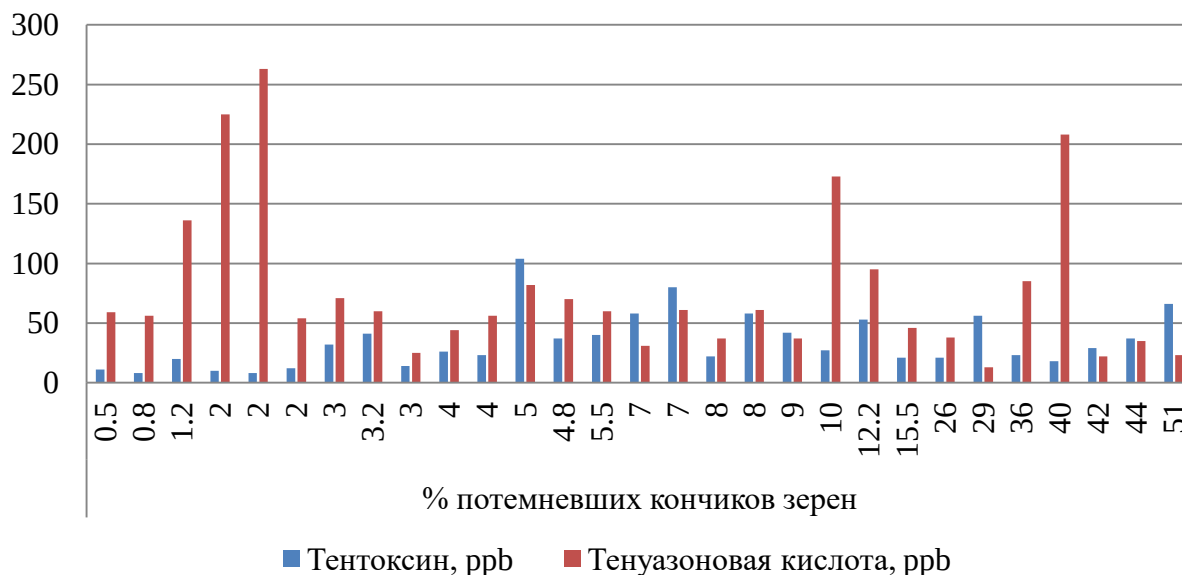


Рисунок 1. Содержание тенуазоновой кислоты и тентоксина в зависимости от процента потемневших зёрен в пробах пшеницы

Кроме того, во всех пробах – даже при поражении до 40% – не выявлено превышений по регламентируемым микотоксинам (ДОН, Т-2, зеараленон, афлатоксины и др.); их уровни составляли менее 50% от предельно допустимых норм.

Учитывая отсутствие официальных нормативов по микотоксинам *Alternaria* и низкие фактические концентрации, можно заключить, что использование такого зерна в комбикормовом производстве не представляет микотоксического риска.

Анализ пшеницы с поражением *Alternaria spp.* (13% потемневших зёрен) показал, что её кормовая ценность остаётся высокой. Содержание сырого протеина (ср), жира (fat) и клетчатки (cf) лишь незначительно уступает среднероссийским и мировым референсным значениям. Уровни общего и фитатного фосфора также соответствуют норме (см. рис. 2).

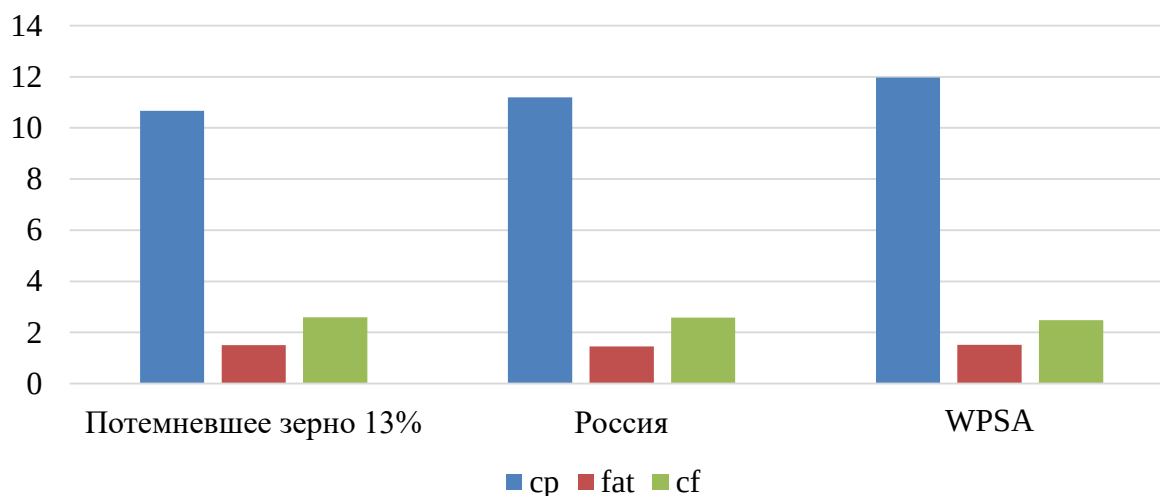


Рисунок 2. Показатели питательности (содержание сырого протеина, жира и клетчатки) с поражением *Alternaria spp.* (6–13% потемневших зёрен)

Примечательно, что обменная энергия (АМЕ, АМЕ_п) в повреждённом зерне превышает референсные показатели, в том числе рассчитанные по уравнению WPSA (см. рис. 3). Это может быть связано с частичным разрушением клеточных структур под действием грибных ферментов, что повышает доступность питательных веществ.

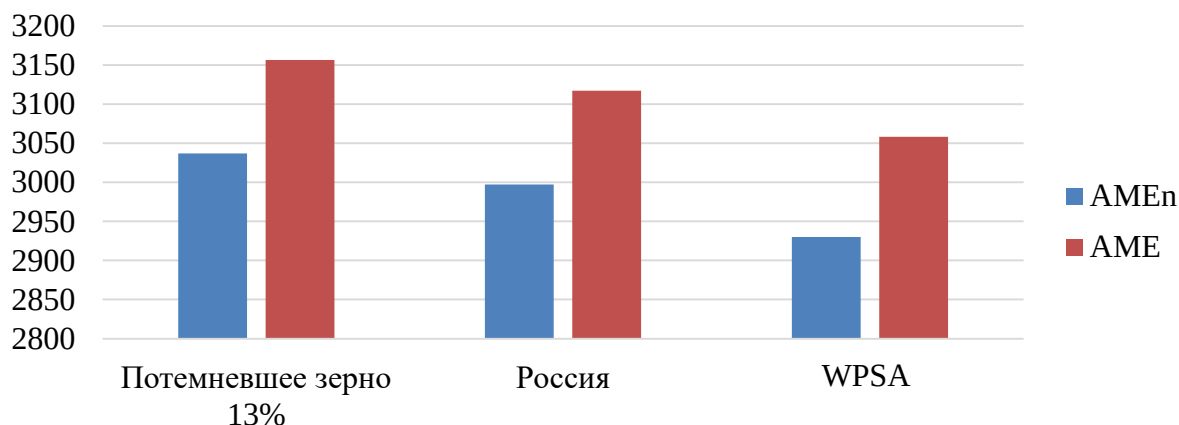


Рисунок 3. Энергетическая ценность пшеницы с 13% потемневших зёрен (сравнение с референсными значениями: Россия и WPSA)

Содержание и переваримость ключевых усваиваемых аминокислот (лизин (lysd), метионин (metd), треонин (thrd), валин (vald), триптофан (trpd)) при поражении до 13%, а также при сравнении проб с 13% и 40% повреждения, не выявили критических отклонений (см. рис. 4). Даже при высоком уровне визуального поражения усвояемость аминокислот остаётся в пределах, приемлемых для комбикормового производства.

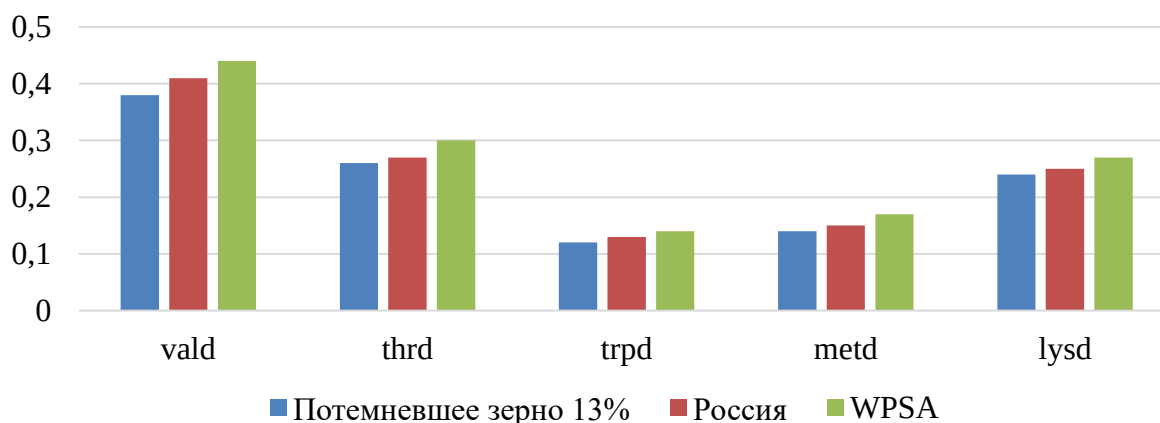


Рисунок 4. Содержание и переваримость ключевых усваиваемых аминокислот при поражении до 13% (сравнение с референсными значениями: Россия и Мир)

Таким образом, пшеница с поражением *Alternaria spp.* до 10% может использоваться в кормах без ограничений. Применение зерна с поражением свыше 10% требует осторожности – не из-за токсичности (микотоксины не превышают безопасных уровней), а с учётом возможного влияния на органолептические свойства и стабильность при хранении.

Обобщённые показатели качества пшеницы с различной степенью поражения *Alternaria spp.* представлены в табл. 1.

Таблица 1. Обобщённые показатели качества пшеницы с различной степенью поражения *Alternaria spp*

Показатель	Поражение $\leq 5\%$	Поражение 5–10%	Поражение 10–20%	Поражение $>20\%$
Альтерналиол, мкг/кг	$\leq 2,01$	-	-	-
Тенуазоновая кислота, мкг/кг	≤ 263	≤ 82	≤ 85	≤ 35
Тентоксин, мкг/кг	≤ 104	≤ 80	≤ 66	≤ 37
ДОН, Т-2, зеараленон и др.	$<50\%$ от нормы	$<50\%$ от нормы	$<50\%$ от нормы	$<50\%$ от нормы
Сырой протеин, г/100 г	$\approx 12,5-13,0$	$\approx 12,3-12,8$	$\approx 12,0-12,5$	$\approx 11,8-12,2$
Сырой жир, г/100 г	$\approx 1,8-2,0$	$\approx 1,7-1,9$	$\approx 1,6-1,8$	$\approx 1,5-1,7$
Клетчатка, г/100 г	$\approx 2,6-2,8$	$\approx 2,7-2,9$	$\approx 2,8-3,0$	$\approx 2,9-3,1$
Обменная энергия (AMEn), ккал/кг	≥ 3100	≥ 3120	≥ 3130	≥ 3080
Переваримость лизина, %	≥ 83	≥ 82	≥ 82	≥ 82

Анализ объёмов пшеницы урожая 2023 года, поступившей из хозяйств Пензенской, Орловской и Тамбовской областей, показал, что подавляющее большинство партий (более 79% от общего объёма) имеет степень поражения *Alternaria spp.* до 10%. В частности, на долю зерна с поражением до 5% приходится 56 436 т, с поражением от 5% до 10% – 25 697 т. Зерно с более выраженным повреждением (10–20% и 20–40%) составляет соответственно 17 036 т и 10 448 т (см. табл. 2).

Таблица 2. Объёмы пшеницы урожая 2023 г. по категориям поражения *Alternaria spp.* (Пензенская, Орловская и Тамбовская области)

Категория поражения	Объём, т	Доля от общего объёма, %
До 5%	56 436	51,50%
От 5% до 10%	25 697	23,40%
От 10% до 20%	17 036	15,50%
От 20% до 40%	10 448	9,50%
Итого	109 617	100%

Учитывая, что: микотоксины *Alternaria* не превышают безопасных уровней даже при 51% визуального поражения; регламентируемые микотоксины (ДОН, Т-2, зеараленон и др.) находятся менее чем на 50% от предельных норм; питательная ценность и переваримость аминокислот сохраняются в пределах референсных значений – можно рекомендовать безопасное использование пшеницы с поражением до 10% в комбикормах без ограничений. Такое зерно целесообразно использовать в составе сбалансированных комбикормов с учётом лабораторного подтверждения микотоксического фона.

Выводы

1. Результаты исследований по использованию пшеницы, поражённой грибами рода *Alternaria spp.*, в комбикормовом производстве показали её безопасность и высокую кормовую ценность при определённых условиях применения.

2. Микотоксический риск при использовании поражённого зерна минимален. Содержание микотоксинов *Alternaria* – альтерналиола (до 2,01 мкг/кг) и тенуазоновой кислоты (до 263 мкг/кг) – оставалось значительно ниже условно критических уровней (50 мкг/кг и 500 мкг/кг соответственно). При этом наиболее высокие концентрации токсинов зафиксированы при минимальном поражении ($\leq 2\%$), что свидетельствует об отсутствии прямой зависимости между визуальным повреждением зерна и микотоксической нагрузкой. Все регламентируе-

мые микотоксины (ДОН, Т-2, зеараленон, афлатоксины, охратоксин А, фумонизины) в пробах с поражением от 0,5% до 40% находились на 50% и ниже предельно допустимых норм.

3. Питательная ценность зерна сохраняется даже при значительном поражении. В пробах с 13% потемневших зёрен содержание сырого протеина, жира и клетчатки лишь незначительно уступало референсным значениям РФ и мировым стандартам (WPSA). При этом обменная энергия (АМЕ, АМЕп) оказалась выше средних показателей, что может быть связано с частичным расщеплением клеточных структур под действием ферментов гриба. Переваримость ключевых аминокислот (лизина, метионина, цистина, треонина и др.) при поражении до 40% не выявила критических отклонений и оставалась в пределах, приемлемых для комбикормового производства.

4. Более 74% проанализированного зерна (82 133 т из 109 617 т) имело степень поражения до 10%, что позволяет рекомендовать его к использованию в комбикормах без ограничений. Применение зерна с поражением свыше 10%, особенно свыше 20%, требует осторожности – не из-за токсикологических рисков (они минимальны), а с учётом возможного влияния на органолептические свойства кормов и стабильность при хранении.

5. Результаты исследования подтверждают целесообразность использования пшеницы с признаками альтернариоза в комбикормовом производстве при условии лабораторного контроля микотоксинов. Это позволяет снизить потери урожая и обеспечить стабильное снабжение животноводческих предприятий качественным кормом без ущерба для здоровья животных и продуктивности.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации.

Contribution

All authors made an equivalent (equal) contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Список источников

1. Земцова Е. С., Боме Н. А., Новохатин В. В. Микробиота семян яровой пшеницы, выращенной в контрастных агроклиматических условиях Тюменской области // Аграрная наука. 2024. Т. 1. №. 10. С. 104-110.

2. Фитопатологическая экспертиза семян яровых зерновых культур / О. В. Лукьянова, А. С. Ступин, О. А. Антошина, Н. В. Вавилова // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 3. С. 29-38.

3. Кононенко Г. П., Пирязева Е. А., Буркин А. А. Продуцирование альтернариоза у популяций мелкоспоровых видов *Alternaria*, ассоциированных с зерновыми кормами // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. №. 3. С. 628-637.

4. Микотоксикологическая характеристика зерна озимой пшеницы урожая 2023 года из Краснодарского края / Е. П. Арабина, А. С. Орина, О. П. Гаврилова, Н. Н. Гогина // Вестник защиты растений. 2024. Т. 107. № 3. С. 108-120.

5. Дмитренко Н. Н., Карпенко А. А., Куриленко В. А. Эффективность применения протравителей против альтернариозной инфекции на озимой пшенице сорта Курс в условиях Центральной зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. №. 77. С. 84-89.

6. Далинова А. А., Салимова Д. Р., Берестецкий А. О. Грибы рода *Alternaria* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. №. 3. С. 223-241.
7. Левитин М. М., Джавахия В. Г. Токсигенные грибы и проблемы продовольственной безопасности (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. №. 12. С. 5-11.
7. Видовой состав и токсикологическая характеристика грибов рода *Aspergillus*, выделенных из грубых кормов / Г. П. Кононенко, Е. А. Пирязева, Е. В. Зотова, А. А. Буркин // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 6. С. 1279-1286.
9. Новикова А. В. Анализ взаимосвязи показателей безопасности кормов с условиями хранения растениеводческого сырья // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2025. Т. 15. № 4. С. 34-46.
10. Эффективность комплексного препарата для коррекции пищеварения у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) при экспериментальном микотоксикозе / В. Г. Вертипрахов, А. А. Грозина, Е. А. Йылдырым [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 4. С. 730-742.

References

1. Zemtsova E. S., Bome N. A., Novokhatin V. V. Microbiota of spring wheat seeds grown in contrasting agro-climatic conditions of the Tyumen region. *Agrarian Science*, 2024, vol. 1, no. 10, pp. 104-110.
2. Phytopathological examination of spring grain seeds. O. V. Lukyanova, A. S. Stupin, O. A. Antoshina, N. V. Vavilova. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 29-38.
3. Kononenko G. P., Piriazeva E. A., Burkin A. A. Alternariol production in populations of small-spored *Alternaria* species associated with grain feeds. *Agricultural biology*, 2020, vol. 55, no. 3, pp. 628-637.
4. Mycotoxicological characteristics of winter wheat grain of the 2023 harvest from the Krasnodar Territory. E. P. Arabina, A. S. Orina, O. P. Gavrilova, N. N. Gogina. *Bulletin of Plant Protection*, 2024, vol. 107, no. 3, pp. 108-120.
5. Dmitrenko N. N., Karpenko A. A., Kurylenko V. A. Effectiveness of the use of mordants against alternaria infection on winter wheat of the Kurs variety in the conditions of the Central zone of the Krasnodar Territory. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2019, no. 77, pp. 84-89.
6. Dalinova A. A., Salimova D. R., Berestetsky A. O. Fungi of the genus *Alternaria* as producers of biologically active compounds and bioherbicides (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2020, vol. 56, no. 3, pp. 223-241.
7. Levitin M. M., Javakhiya V. G. Toxigenic fungi and food security problems (review). *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*, 2020, vol. 34, no. 12, pp. 5-11.
7. Species composition and toxicological characteristics of fungi of the genus *Aspergillus* isolated from coarse feed. G. P. Kononenko, E. A. Piriazeva, E. V. Zotova, A. A. Burkin. *Agricultural biology*, 2017, vol. 52, no. 6, pp. 1279-1286.
9. Novikova A.V. Analysis of the relationship between feed safety indicators and storage conditions of crop raw materials. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*, 2025, vol. 15, no. 4, pp. 34-46.
10. The effectiveness of a complex preparation for the correction of digestion in broiler chickens (*Gallus gallus* L.) with experimental mycotoxicosis. V. G. Vertiprakhov, A. A. Gromina, E. A. Yildirim [et al.]. *Agricultural Biology*, 2022, vol. 57, no. 4, pp. 730-742.

Информация об авторах

С.В. Зиновьев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры «Биотехнологии и техносферная безопасность», тел. +7 (951) 191-67-18, e-mail: zinoviev.ser@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3554-406X; eLIBRARY SPIN 1549-6964;

Д.И. Фролов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Пищевые производства», тел. +7(937) 408-35-28, e-mail: surr@bk.ru, ORCID 0000-0002-9166-1132; eLIBRARY SPIN 8632-7199.

Information about the authors

S.V. Zinoviev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Technosphere Safety, phone: +7 (951) 191-67-18, e-mail: zinoviev.ser@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3554-406X; eLIBRARY SPIN 1549-6964;

D.I. Frolov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Production, phone: +7(937) 408-35-28, e-mail: surr@bk.ru, ORCID 0000-0002-9166-1132; eLIBRARY SPIN 8632-7199.

Поступила в редакцию: 10.11.2025; принята после рецензирования: 08.02.2026; принята к публикации: 16.02.2026.

Received: 10.11.2025; revised: 08.02.2026; accepted: 16.02.2026.

Научная статья

УДК 635.132:631.563.2

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-52-59

ВЛИЯНИЕ ТИПА УПАКОВКИ И РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ СОРТА ШАНТЕНЭ 2461

Манжесов Владимир Иванович^{1✉}, Высоцкая Елена Анатольевна¹,
Чурикова Светлана Юрьевна¹

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1
mavik62_62@mail.ru[✉]

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительной оценки эффективности четырех способов длительного (180 суток) хранения корнеплодов моркови столовой сорта Шантенэ 2461. Целью исследования являлось определение оптимального режима хранения, обеспечивающего максимальную сохранность питательной ценности продукции и минимальное поражение микробиологическими заболеваниями. В качестве способов хранения сравнили полиэтиленовые мешки без перфорации и с перфорацией, герметичные пластиковые контейнеры и традиционные деревянные ящики. Оценка эффективности проводилась по динамике содержания β -каротина и сухих веществ, а также по степени развития серой, белой и черной гнилей. Установлено, что хранение в герметичных полиэтиленовых мешках, внутри которых формируется модифицированная газовая среда (МГС) с оптимальным балансом кислорода (16-18%) и углекислого газа (3-4%), является наиболее эффективным. Данный способ позволяет снизить потери каротина до 8,2%, в то время как при традиционном хранении в ящиках потери составляют значительно большую величину. Аналогичная тенденция отмечена и для сухих веществ. Применение МГС также обеспечивает существенное снижение общей пораженности корнеплодов гнилями – в 5 раз по сравнению с контролем (хранением в ящиках). Механизм защитного действия обусловлен подавлением физиологического метаболизма корнеплодов и угнетением развития фитопатогенов в созданных газовых условиях. Делается вывод, что метод хранения в герметичных полиэтиленовых мешках может быть рекомендован для внедрения в практику, однако требует обязательного проведения тщательной предварительной сортировки сырья и строгого контроля температурного режима на протяжении всего периода хранения.

Ключевые слова: морковь столовая, послеуборочное хранение, модифицированная газовая среда (МГС), полиэтиленовая упаковка, фитосанитарное состояние

Для цитирования: Манжесов В.И., Высоцкая Е.А., Чурикова С.Ю. Влияние типа упаковки и режимов хранения на развитие микробиологических заболеваний и качество корнеплодов моркови сорта Шантенэ 2461 // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 52-59. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-52-59>.

Право: © В.И. Манжесов, Е.А. Высоцкая, С.Ю. Чурикова (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

INFLUENCE OF PACKAGING TYPE AND STORAGE REGIMES ON THE DEVELOPMENT OF MICROBIOLOGICAL DISEASES AND THE QUALITY OF CARROT ROOTS OF THE SHANTANE 2461 VARIETY

Vladimir I. Manzhesov^{1✉}, Elena A. Vysotskaya², Svetlana Yu. Churikova³

^{1,2,3}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 1 Michurina Str., Voronezh,
Voronezh region, 394087, Russia
mavik62_62@mail.ru[✉]

Abstract. The paper presents the results of a comparative evaluation of the effectiveness of four methods for long-term (180 days) storage of table carrots of the Shantene 2461 variety. The aim of the study was

to determine the optimal storage regime that ensures maximum preservation of the nutritional value of the produce and minimal damage from microbiological diseases. The storage methods compared were polyethylene bags without perforation, polyethylene bags with perforation, sealed plastic containers, and traditional wooden boxes. Effectiveness was assessed based on the dynamics of β -carotene and dry matter content, as well as the extent of development of gray, white, and black rot. It was found that storage in sealed polyethylene bags, within which a modified atmosphere (MA) with an optimal balance of oxygen (16-18%) and carbon dioxide (3-4%) is formed, is the most effective. This method reduces carotene losses to 8.2%, whereas traditional storage in boxes results in significantly greater losses. A similar trend was observed for dry matter. The use of MA also ensures a significant reduction in the overall incidence of root rot – by 5 times compared to the control (storage in boxes). The protective mechanism is attributed to the suppression of the physiological metabolism of the roots and the inhibition of phytopathogen development under the created gas conditions. It is concluded that the storage method using sealed polyethylene bags can be recommended for practical implementation; however, it requires mandatory careful sorting of the raw materials and strict temperature control throughout the entire storage period.

Keywords: table carrots, post-harvest storage, modified atmosphere packaging (MAP), polyethylene packaging, phytosanitary condition

For citation: Manzhesov V.I., Vysotskaya E.A., Churikova S.Yu. Influence of packaging type and storage regimes on the development of microbiological diseases and the quality of carrot roots of the Shantane 2461 variety. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 52-59. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-52-59>.

Copyright: © V.I. Manzhesov, E.A. Vysotskaya, S.Yu. Churikova (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Морковь столовая (*Daucus carota* L.) – одна из важнейших овощных культур, имеющая стратегическое значение для обеспечения населения провитамином А, основным источником которого является β -каротин [1]. Высокое содержание антиоксидантов и пищевых волокон делает её незаменимым компонентом функционального питания [2]. Сорт Шантенэ 2461, относящийся к сорто типу Берликум-Шантенэ 2461, широко распространен в производстве благодаря высокой урожайности, выравненности корнеплодов и хорошей лежкости [3]. Однако значительные послеуборочные потери (до 30-40%), обусловленные физиологическими процессами (транспирация, дыхание) и развитием микробиологических заболеваний, остаются серьёзной экономической и ресурсной проблемой при длительном хранении [4].

Ключевыми факторами, определяющими сохранность корнеплодов, являются температура, относительная влажность воздуха (ОВВ) и газовый состав окружающей среды. Традиционное хранение в деревянной или пластиковой таре в условиях регулируемой температуры (0-2°C) и высокой влажности (90-95%) не всегда эффективно предотвращает потерю влаги корнеплодами и распространение патогенов, особенно при свободной циркуляции воздуха. В качестве перспективной альтернативы активно исследуются технологии хранения в полимерной упаковке, которая позволяет локально создавать и поддерживать модифицированную газовую среду (МГС) за счет дыхания самих корнеплодов [5]. Такая среда, характеризующаяся сниженным содержанием кислорода и повышенным – диоксида углерода, существенно замедляет метаболические процессы и подавляет развитие гнилостной микрофлоры [6]. Однако эффективность упаковки сильно зависит от её параметров: герметичности, толщины и газопроницаемости плёнки, наличия перфорации, что требует оптимизации для конкретных сортов и условий хранения [7].

Цель исследования – комплексная сравнительная оценка влияния различных тароупаковочных материалов на динамику биохимических показателей питательной ценности и на развитие микробиологических болезней у моркови сорта Шантане 2461 в течение 180 суток хранения.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в период 2023-2024 гг. в лаборатории технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.

Объект исследования – корнеплоды моркови столовой сорта Шантенэ 2461, выращенные в условиях Центрально Черноземного региона России и убранные в фазу технической спелости.

Предмет исследования – закономерности изменения биохимического состава (содержание β -каротина, сухих веществ) и поражения микробиологическими болезнями корнеплодов моркови столовой сорта Шантенэ 2461 в зависимости от способа упаковки и условий хранения.

После уборки проведена стандартная послеуборочная обработка: обрезка ботвы до головки (1-2 мм), отбраковка механически поврежденных и больных корнеплодов, легкое воздушно-тенивое подсушивание.

Закладка опыта проведена в камере стационарного овощехранилища с поддержанием температуры 0-2°C и ОВВ 90-95%. Срок хранения составил 180 суток. Опыт включал 4 варианта:

1. Контроль (К): Деревянные решетчатые ящики (емкость 20-25 кг).
2. Полиэтиленовые мешки без перфорации (ПМ-0): Мешки из пищевого полиэтилена низкого давления (ПНД) толщиной 80-100 мкм, емкостью 10 кг, герметично закрытые после закладки.
3. Полиэтиленовые мешки с перфорацией (ПМ-20): Аналогичные мешки с равномерной перфорацией (20-25 отверстий диаметром 8-10 мм на 1 м² площади).
4. Пластиковые контейнеры (ПК): Жесткие контейнеры из полипропилена с плотно закрывающейся крышкой (объем 20 л).

Каждый вариант был представлен в трехкратной повторности. Отбор проб и анализы проводили через 0, 60, 120 и 180 суток хранения.

Содержание β -каротина определяли спектрофотометрическим методом согласно ГОСТ 8756.13-87. Результаты выражены в мг на 100 г сырого вещества.

Содержание сухих веществ (%) устанавливали рефрактометрически в водной вытяжке с помощью рефрактометра ИРФ-454Б.

Учет микробиологических заболеваний проводили визуально с идентификацией симптомов: серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers.), белая гниль (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), чёрная гниль/фомоз (возбудители *Alternaria radicina*, *Phoma rostrupii*). Регистрировали количество и массу пораженных корнеплодов, вычисляя долю потерь в % от массы партии для каждого варианта.

Газовый состав в головном пространстве герметичных мешков (ПМ-0) на 60-е сутки контролировали портативным газоанализатором. Средние значения составили: O₂ – 16-18%, CO₂ – 3-4%.

Статистический анализ включал вычисление среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Сравнение показателей между группами выполняли с помощью t-критерия Стьюдента, принимая различия статистически значимыми при $p < 0.05$. Обработка данных осуществлена в среде Statistica 10.0.

Результаты исследований и их обсуждение

Динамика содержания β -каротина. Как видно из табл. 1, наиболее эффективным способом сохранения провитамина А явилось хранение в герметичных полиэтиленовых мешках (ПМ-0). К концу срока потери β -каротина составили лишь 8,2% от исходного уровня, что достоверно ($p < 0.05$) меньше, чем в других вариантах. Стабильность каротиноидов в условиях ПМ-0 объясняется созданием стабильной МГС с умеренно повышенной концентрацией CO₂ (3-4%) и сниженной O₂ (16-18%). Такая среда ингибирует активность липоксигеназ и других

ферментов, участвующих в деградации каротиноидов, а также снижает интенсивность окислительных процессов, ведущих к их распаду [1, 10].

Таблица 1. Динамика содержания β -каротина в корнеплодах моркови сорта Шантенэ 2461 при различных способах хранения ($M \pm m$), мг/100 г

Срок хранения, сутки	Ящики (К)	ПМ-0	ПМ-20	ПК
0 (исходное)	12.35 $\pm$ 0.21	12.35 $\pm$ 0.21	12.35 $\pm$ 0.21	12.35 $\pm$ 0.21
60	11.20 $\pm$ 0.18	12.10 $\pm$ 0.20	11.65 $\pm$ 0.19	11.50 $\pm$ 0.17
120	10.10 $\pm$ 0.16	11.75 $\pm$ 0.22	10.90 $\pm$ 0.18	10.60 $\pm$ 0.16
180	9.35 $\pm$ 0.15	11.34 $\pm$ 0.19	10.56 $\pm$ 0.17	10.36 $\pm$ 0.15
Потери к исходному, %	24.3	8.2	14.5	16.1

В варианте ПМ-20, где за счет перфорации газовый состав был близок к атмосферному, защитный эффект был слабее, и потери каротина возросли до 14,5%.

В пластиковых контейнерах (ПК), несмотря на закрытость, отсутствие эластичной, плотно прилегающей упаковки не обеспечивало достаточной изоляции и стабилизации атмосферы вокруг корнеплодов, что привело к потерям в 16,1%.

Максимальная деградация пигмента (24,3%) наблюдалась в контрольных ящиках, где корнеплоды подвергались прямому воздействию циркулирующего воздуха, усиливающего процессы окисления и испарения.

Динамика содержания сухих веществ. Данный показатель является интегральным индикатором потерь массы, объединяющим потери влаги за счет транспирации и расход органических веществ (сахаров, кислот) на дыхание. Результаты (см. табл. 2) подтвердили общую тенденцию, выявленную для каротина.

Таблица 2. Динамика содержания сухих веществ в корнеплодах моркови сорта Шантенэ 2461 при различных способах хранения ($M \pm m$), %

Срок хранения, сутки	Ящики (К)	ПМ-0	ПМ-20	ПК
0 (исходное)	14.2 $\pm$ 0.3	14.2 $\pm$ 0.3	14.2 $\pm$ 0.3	14.2 $\pm$ 0.3
60	13.1 $\pm$ 0.2	14.0 $\pm$ 0.3	13.6 $\pm$ 0.2	13.4 $\pm$ 0.2
120	12.3 $\pm$ 0.2	13.8 $\pm$ 0.3	13.1 $\pm$ 0.2	12.8 $\pm$ 0.2
180	11.54 $\pm$ 0.18	13.65 $\pm$ 0.25	12.85 $\pm$ 0.20	12.45 $\pm$ 0.19
Потери к исходному, %	18.7	3.9	9.5	12.3

Минимальное снижение содержания сухих веществ (с 14.2% до 13.65%, потери 3.9%) отмечено в варианте ПМ-0. Это связано с почти полным подавлением испарения влаги в герметичной упаковке, создающей насыщенную водяными парами атмосферу, а также со снижением интенсивности дыхания в МГС [10].

В перфорированных мешках (ПМ-20) испарение и газообмен с внешней средой были интенсивнее, что привело к большему снижению показателя (потери 9,5%).

В ПК, несмотря на наличие крышки, происходила конденсация влаги на холодных стенках контейнера и её частичная потеря из зоны нахождения корнеплодов, что дало промежуточный результат (потери 12,3%).

В контрольных ящиках активная транспирация и дыхание привели к максимальным потерям сухих веществ – снижению на 18.7% к концу хранения, что согласуется с классическими данными о значительной естественной убыли массы корнеплодов при бестарном хранении [11].

Поражённость микробиологическими болезнями. Результаты фитопатологического анализа к 180-м суткам хранения представлены в табл. 3. Наибольший уровень потерь от болезней зафиксирован в контроле (23,4%), где доминировала серая гниль (*B. Cinerea*) – 15,2%. Высокая влажность в камере (90-95%) при свободном доступе кислорода создала оптимальные условия для спорообразования и развития этого широко специализированного патогена [5].

Таблица 3. Поражённость корнеплодов моркови сорта Шантенэ 2461 микробиологическими болезнями после 180 суток хранения, % от массы партии

Способ хранения	Серая гниль (<i>B. Cinerea</i>)	Белая гниль (<i>S. Sclerotiorum</i>)	Чёрная гниль/Фомоз (<i>A. Radicina</i>)	Общие потери
Ящики (К)	15.2	5.8	2.4	23.4
ПМ-0	2.1	1.5	1.1	4.7
ПМ-20	5.6	2.8	1.4	9.8
ПК	8.4	4.1	1.9	14.4

Полиэтиленовые мешки без перфорации (ПМ-0) показали наилучший фитосанитарный результат: общие потери составили всего 4,7%. Подавляющий эффект связан, прежде всего, с действием накопленного CO₂ (3-4%), который обладает выраженным фунгистатическим действием, в частности, подавляет прорастание конидий и рост мицелия *B. Cinerea* [7]. Кроме того, умеренно сниженное содержание O₂ также сдерживает развитие многих аэробных патогенов. Однако в данном варианте критически важна качественная первичная сортировка, так как высокая влажность внутри мешка (близкая к 100%) при попадании даже одного инфицированного корнеплода может спровоцировать очаговое поражение всей партии.

Перфорация (ПМ-20) снизила риск очагового развития гнилей за счет отвода избыточной влаги и этилена, но, приблизив газовый состав к атмосферному, ослабила фунгистатический эффект МГС, увеличив общую поражённость до 9,8%.

Пластиковые контейнеры (ПК) заняли промежуточное положение между контролем и ПМ-20, что связано с недостаточной стабилизацией газовой среды и возможной конденсацией влаги, локально стимулирующей развитие инфекции.

Выводы

1. Установлено достоверное влияние способа хранения на биохимическую сохранность и фитосанитарное состояние моркови сорта Шантане 2461. Хранение в герметичных полиэтиленовых мешках из ПНД (толщиной 80-100 мкм) является технологически наиболее эффективным, обеспечивая минимальные потери β-каротина (8,2%) и сухих веществ (3,9%) за счет создания оптимальной МГС (O₂ 16-18%, CO₂ 3-4%), замедляющей метаболизм и окислительные процессы.

2. Выявлен выраженный защитный эффект МГС в полиэтиленовых мешках без перфорации в отношении комплекса возбудителей гнилей, в частности доминирующей серой гнили (*Botrytis cinerea*). Общие микробиологические потери в данном варианте были в 5 раз ниже, чем при традиционном хранении в деревянной таре (4,7% против 23,4%).

3. Использование перфорированных мешков или закрытых пластиковых контейнеров является менее эффективным, но всё же превосходит традиционный способ по всем оцениваемым параметрам. Эти методы могут быть рекомендованы для применения при невозможности обеспечения строгого контроля за качеством закладываемой на хранение продукции или в условиях, где существует риск резких перепадов температуры.

4. Для успешного практического применения технологии хранения в герметичных полиэтиленовых мешках промышленным способом необходимо неукоснительное соблюдение двух ключевых условий: а) тщательная предварительная сортировка и отбраковка корнеплодов с целью исключения скрытой инфекции; б) поддержание стабильного температурного режима (0-2°C) для предотвращения конденсации избыточной влаги на внутренней поверхности пакета и избегания сдвига МГС в анаэробную область, что может привести к развитию анаэробного дыхания и порчи продукции.

5. Проведённое исследование убедительно доказало, что выбор тароупаковочного материала и способа хранения является критическим фактором, определяющим как пищевую ценность, так и товарный вид моркови столовой сорта Шантенэ 2461 в течение длительного (180 суток) периода.

6. Биохимическая сохранность: Герметичная упаковка в полиэтиленовые мешки (ПМ-0) формирует саморегулируемую модифицированную газовую среду (МГС), которая оптимальна для замедления метаболических процессов в корнеплодах. Это обеспечивает максимальное сохранение β -каротина (потери всего 8,2%) и сухих веществ (потери 3,9%), что напрямую коррелирует с сохранением питательной ценности, вкуса и сочности продукции.

7. Фитосанитарный эффект: Создаваемая в герметичных мешках МГС (O_2 16-18%, CO_2 3-4%) обладает выраженным фунгистатическим действием, подавляя развитие основных возбудителей гнилей, особенно серой гнили (*Botrytis cinerea*). Это позволило снизить общие микробиологические потери в 5 раз по сравнению с традиционным хранением в ящиках (4,7% против 23,4%).

8. Таким образом, технология хранения в герметичной полиэтиленовой упаковке доказала своё существенное преимущество, позволяя минимизировать как физиолого-биохимические, так и микробиологические потери, обеспечивая высокий выход стандартной продукции после длительного хранения.

Критерий авторства

Все авторы в равной степени принимали участие в подготовке публикации.

Contribution

All authors contributed equally to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Список источников

1. Смирнова М.И., Иванов А.П. Влияние модифицированной газовой среды на активность оксидаз и сохранность каротиноидов при хранении корнеплодов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 2-3 (368-369). С. 24-27.
2. Сокол Н.В., Петриченко Н.Ф. Биохимический состав и антиоксидантная активность корнеплодов моркови в зависимости от условий хранения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 4. С. 32-40.
3. Ермолаева Л.В., Хмелинская Т.В. Исходный материал для селекции лежких сортов моркови // Аграрная Россия. 2022. № 5. С. 24-28.
4. Добруцкая Е.Г., Смирнова А.М., Молчанова А.В. Адаптивность биохимического состава моркови столовой генофонда ВНИИССОК и фоны для оценки ее в Московской области // Овощи России. 2016. № 2(31). С. 12-18.
5. Некрасов А.Е., Палагина М.В. Товароведная оценка овощной продукции длительного срока хранения с использованием нового вида упаковочных материалов // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2023. № 2. С. 81-88.
6. Янченко Е.В. Сохраняемость современных сортов и гибридов моркови столовой и ее зависимость от биохимического состава // Картофель и овощи. 2020. № 10. С. 16-19.
7. Лукомец В.М., Пидопличко Н.М., Коваленко А.Г. Фитопатологическое состояние овощной продукции при длительном хранении // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 87-93.
8. Борисенко О.Н., Луцкий В.И. Совершенствование технологии хранения моркови в полимерной упаковке // Плодоводство и овощеводство России. 2020. Т. 62. С. 102-108.
9. Романова А.В., Янченко Е.В. Болезни при хранении // Картофель и овощи. 2014. № 1. С. 29-30.
10. Сравнительная оценка современных сортов и гибридов моркови на устойчивость к болезням при хранении / Л.М. Соколова, С.А. Масловский, М.Е. Замятина и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 4(70). С. 73-76.

11. Ермолаева Л.В., Хмелинская Т.В. Исходный материал для селекции лежких сортов моркови // Аграрная Россия. 2022. № 5. С. 24-28.

References

1. Smirnova M.I., Ivanov A.P. The influence of a modified gaseous medium on the activity of oxidases and the preservation of carotenoids during storage of root crops. Bulletin of higher educational institutions. Food technology, 2018, no. 2-3 (368-369), pp. 24-27.
2. Sokol N.V., Petrichenko N.F. Biochemical composition and antioxidant activity of carrot roots depending on storage conditions. Storage and processing of agricultural raw materials, 2020, no. 4, pp. 32-40.
3. Ermolaeva L.V., Khmelinskaya T.V. Source material for the breeding of hardy carrot varieties. Agrarian Russia, 2022, no. 5, pp. 24-28.
4. Dobrutsкая E.G., Smirnova A.M., Molchanova A.V. Adaptivity of the biochemical composition of carrots from the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Crop Breeding and Seed Production gene pool and backgrounds for evaluating it in the Moscow region. Vegetables of Russia, 2016, no. 2(31), pp. 12-18.
5. Nekrasov A.E., Palagina M.V. Commodity assessment of vegetable products with a long shelf life using a new type of packaging materials. Bulletin of Far East Federal University. Economics and management, 2023, no. 2, pp. 81-88.
6. Yanchenko E.V. Preservation of modern varieties and hybrids of table carrots and its dependence on the biochemical composition. Potatoes and vegetables, 2020, no. 10, pp. 16-19.
7. Lukomets V.M., Pidoplichko N.M., Kovalenko A.G. Phytopathological state of vegetable products during long-term storage. Plant protection and quarantine, 2019, no. 4, pp. 87-93.
8. Borisenko O.N., Lutsky V.I. Improving the technology of storing carrots in polymer packaging. Fruit and vegetable growing in Russia, 2020, vol. 62, pp. 102-108.
9. Romanova A.V., Yanchenko E.V. Diseases during storage. Potatoes and vegetables, 2014, no. 1, pp. 29-30.
10. Comparative assessment of modern carrot varieties and hybrids for disease resistance during storage. L.M. Sokolova, S.A. Maslovskiy, M.E. Zamyatina et al. International Scientific Research Journal, 2018, no. 4(70), pp. 73-76.
11. Ermolaeva L.V., Khmelinskaya T.V. Source material for the breeding of hardy carrot varieties. Agrarian Russia, 2022, no. 5, pp. 24-28.

Информация об авторах

В.И. Манжесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 465-09-32, e-mail: mavik62_62@mail.ru, ORCID 0000-000-0002-0468-8821; eLIBRARY SPIN 9697-8041;

Е.А. Высоцкая – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой процессов и аппаратов перерабатывающих производств, декан технологического факультета, тел. +7 (905) 654-74-74, e-mail: murka1979@mail.ru, ORCID 0009-0005-5992-7139; eLIBRARY SPIN 5436-0958;

С.Ю. Чурикова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 438-39-61, e-mail: sveta-ch-vz@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9210-9852; eLIBRARY SPIN 3298-6601.

Information about the authors

V.I. Manzhesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Storage and Processing Technology of Agricultural Products, phone: +7 (920) 465-09-32, e-mail: mavik62_62@mail.ru, ORCID 0000-000-0002-0468-8821; eLIBRARY SPIN 9697-8041;

E.A. Vysotskaya – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Processes and Apparatus of Processing Industries, Dean of the Faculty of Technology, phone: +7 (905)

654-74-74, e-mail: murka1979@mail.ru, ORCID 0009-0005-5992-7139; eLIBRARY SPIN 5436-0958;

S.Yu. Churikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Storage and Processing Technology of Agricultural Products, phone: +7 (920) 438-39-61, e-mail: sveta-ch-vz@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9210-9852; eLIBRARY SPIN 3298-6601.

*Поступила в редакцию: 16.12.2025; принята после рецензирования: 13.02.2026;
принята к публикации: 20.02.2026.*

Received: 16.12.2025; revised: 13.02.2026; accepted: 20.02.2026.

Научная статья

УДК 635.64:631.563:543.8

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-60-66

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ХРАНЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОСЛЕУБОРОЧНОГО ДОЗРЕВАНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТА СОРТА «ВОРОНЕЖСКИЙ РОЗОВЫЙ»

Манжесов Владимир Иванович^{1✉}, Чурикова Светлана Юрьевна¹

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1
mavik62_62@mail.ru[✉]

Аннотация. В работе представлены результаты изучения влияния фиксированных температурных режимов (12, 18, 22 и 30°C) на процесс послеуборочного дозревания плодов томата индетерминантного сорта «Воронежский Розовый», собранных в стадии технической спелости. Целью исследования являлось определение оптимальных температурных условий, обеспечивающих максимальное раскрытие сортового потенциала при хранении. Для оценки качества применялся комплекс стандартизированных методов: рефрактометрия для определения содержания сухих растворимых веществ, потенциометрическое титрование для измерения титруемой кислотности, йодометрическое титрование для количественного анализа аскорбиновой кислоты, а также органолептическая оценка внешнего вида и вкуса. В ходе эксперимента установлено, что температура хранения выступает ключевым фактором, регулирующим скорость биохимических превращений и итоговые потребительские характеристики. Выявлено, что наиболее полное накопление сахаров (до 5,9%), сохранение органических кислот и синтез витамина С (до 27,8 мг%) происходят при температуре 22°C, что коррелирует с максимальной дегустационной оценкой. Дозревание при 18°C существенно продлевает лежкость плодов, однако замедляет гидролитические процессы, влияющие на вкусоароматический букет. Критические отклонения температурного режима (12°C и 30°C) вызывают физиологические нарушения: неравномерность побурения, ухудшение биохимического состава и быструю потерю тургора. На основании полученных количественных данных сделан вывод о необходимости поддержания температуры в диапазоне 20–23°C для гарантированного получения высококачественной продукции при дозревании томатов данного сорта в условиях Воронежской области, что позволяет минимизировать потери и максимально сохранить сортовые признаки.

Ключевые слова: томат, дозревание, температура, биохимические показатели, лежкость, послеуборочная технология

Для цитирования: Манжесов В.И., Чурикова С.Ю. Влияние температуры хранения на интенсивность и качество послеуборочного дозревания плодов томата сорта «Воронежский розовый» // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 60-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-60-66>.

Права: © В.И. Манжесов, С.Ю. Чурикова (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

THE INFLUENCE OF STORAGE TEMPERATURE ON THE INTENSITY AND QUALITY OF POST-HARVEST RIPENING OF TOMATO FRUITS OF THE «VORONEZHISKY ROZOVY» VARIETY

Vladimir I. Manzhesov^{1✉}, Svetlana Yu. Churikova¹

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 1 Michurina Str., Voronezh, Voronezh region, 394087, Russia
mavik62_62@mail.ru[✉]

Abstract. The paper presents the results of studying the effect of fixed temperature regimes (12, 18, 22, and 30°C) on the process of post-harvest ripening of tomato fruits of the indeterminate variety «Voronezhsky

Rozovy» harvested at the technical ripeness stage. The aim of the study was to determine the optimal temperature conditions that ensure the maximum expression of the variety's potential during storage. To assess quality, a set of standardized methods was used: refractometry to determine the content of soluble solids, potentiometric titration to measure titratable acidity, iodometric titration for the quantitative analysis of ascorbic acid, as well as organoleptic evaluation of appearance and taste. The experiment established that storage temperature is a key factor regulating the rate of biochemical transformations and the final consumer characteristics. It was found that the most complete accumulation of sugars (up to 5.9%), preservation of organic acids, and synthesis of vitamin C (up to 27.8 mg%) occur at a temperature of 22°C, which correlates with the maximum tasting score. Ripening at 18°C significantly extends the shelf life of the fruits but slows down the hydrolytic processes affecting the flavor and aroma profile. Critical deviations in the temperature regime (12°C and 30°C) cause physiological disorders: uneven browning, deterioration of biochemical composition, and rapid loss of turgor. Based on the obtained quantitative data, it was concluded that it is necessary to maintain the temperature in the range of 20–23°C to guarantee high-quality products during the ripening of tomatoes of this variety in the conditions of the Voronezh region, which minimizes losses and maximally preserves varietal characteristics.

Keywords: tomato, ripening, temperature, biochemical parameters, storability, post-harvest technology

For citation: Manzhesov V.I., Churikova S.Yu. The influence of storage temperature on the intensity and quality of post-harvest ripening of tomato fruits of the «Voronezhsky Rozovy» variety. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 60-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-60-66>.

Copyright: © V.I. Manzhesov, S.Yu. Churikova (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Томат – одна из важнейших овощных культур в Центрально-Черноземном регионе России, в том числе в Воронежской области [2]. Климатические условия региона характеризуются теплым, но не всегда продолжительным и стабильным летом, что связано с риском раннеосенних похолоданий. Данный фактор, наряду с необходимостью растянутого периода реализации, делает экономически обоснованным сбор значительной части урожая в стадии технической (молочной или бланшевой) спелости с последующим контролируемым дозреванием [2].

Сорт «Воронежский Розовый» является популярным среднеспелым салатным сортом, внесенным в Госреестр и рекомендованным для данного региона. Он ценится потребителями за крупноплодность, отличный сладковатый вкус с выраженной кислинкой и высокое содержание сахаров. Однако его плоды обладают нежной кожицей и требуют грамотного подхода к послеуборочному обращению и дозреванию для минимизации потерь и сохранения сортовых достоинств [3].

Температура – ключевой внешний фактор, регулирующий скорость и направленность биохимических процессов, связанных с дозреванием и старением плодов [4]. К ним относятся интенсивность дыхания, биосинтез и восприимчивость к фитогормону этилену, разрушение хлорофилла в хлоропластах, биосинтез каротиноидов (в первую очередь ликопина и β-каротина) в хромопластах, гидролиз крахмала и пектиновых веществ, накопление сахаров и органических кислот, синтез летучих ароматических веществ [5]. Неоптимальные температуры приводят к дисбалансу этих взаимосвязанных процессов. Это выражается в неравномерном окрашивании (остаточном позеленении или пожелтении), ухудшении вкуса и аромата, повышенной потере массы за счет испарения и дыхания, размягчении или, наоборот, деревянистости плодов, развитии физиологических заболеваний и грибковых инфекций, что в конечном итоге снижает товарный выход и экономическую эффективность [6].

Цель исследования – определить влияние различных постоянных температурных режимов на кинетику, визуальные и качественные показатели послеуборочного дозревания плодов томата сорта «Воронежский Розовый» для выработки научно-обоснованных рекомендаций

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на базе лаборатории технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I в 2024 году.

Объект исследования – плоды томата сорта «Воронежский Розовый», выращенные в открытом грунте и собранные в фазе технической спелости (стадия «зеленые зрелые»: кожица молочно-белого или светло-зеленого цвета с глянцевым отливом, семенные камеры сформированы, гелеобразное вещество вокруг семян начинает формироваться) [7].

Предмет исследования – закономерности формирования потребительских свойств плодов томата в процессе послеуборочного дозревания под влиянием различных температурных режимов

После сбора проведена отбраковка поврежденных и деформированных плодов. Однородную партию разделили на 5 групп по 15 кг (около 100 плодов в каждой). Каждую группу разместили в климатические камеры с поддержанием постоянной температуры и относительной влажности воздуха (ОВВ) 85-90% для минимизации потерь от испарения. Освещение – рассеянное, 12-часовой фотопериод. Установлены следующие температурные режимы:

1. $12 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
2. $18 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
3. $22 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
4. $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
5. $30 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Контрольные замеры проводили ежедневно.

Фиксировали:

Динамику изменения цвета по стандартной 6-балльной шкале спелости томатов (1 – темно-зеленый, 2 – светло-зеленый/молочный, 3 – начало окрашивания (брекер), 4 – розовый/оранжевый, 5 – красный, 6 – темно-красный).

Потерю массы на аналитических весах с точностью до 0.01 г (выборка по 10 плодов из каждой группы).

По достижении полной потребительской (биологической) спелости (стадия 5 по цвету) в каждой группе проводили комплексный анализ по 30 плодам:

Содержание сухих растворимых веществ (ССР) определяли рефрактометрически, результаты в %.

Титруемую кислотность измеряли потенциометрическим титрованием 0.1 Н раствором NaOH, пересчет на яблочную кислоту (%).

Содержание аскорбиновой кислоты (витамин С) определяли методом йодометрии (титрование раствором йода с крахмалом), результаты в мг/100 г сырой массы.

Органолептическую оценку проводила дегустационная комиссия из 5 экспертов по 5-балльной шкале по критериям: внешний вид, консистенция, вкус, аромат. Выведен средний балл.

Лежкость оценивали как количество суток хранения при 18°C после достижения полной спелости до появления первых признаков увядания или размягчения.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Statistica 10.0. Достоверность различий между средними оценивали по критерию Фишера при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение

Из данных табл. 1 видно, что зависимость скорости дозревания от температуры носит экспоненциальный характер в диапазоне $12-25^{\circ}\text{C}$.

При 12°C наблюдается явное ингибирование биосинтеза ликопина. Ферментная система фитоенсинтазы, отвечающая за каротиногенез, работает крайне неэффективно, что приводит к так называемому «холодовому побурению» и нарушению нормального метаболизма [9].

Таблица 1. Влияние температуры на продолжительность и характер дозревания

Температурный режим, °С	Средняя продолжительность дозревания, дней (до стадии 5)	Характер изменения окраски и внешнего вида
12	> 25 (дозревание неполное, до стадии 3-4)	Крайне медленная, мозаичная, с сохранением обширных зеленых участков. Проявление тусклости поверхности.
18	14-16	Равномерная, но медленная. Плоды приобретают характерный для сорта розово-малиновый оттенок.
22	10-12	Быстрая, равномерная и интенсивная. Окраска яркая, насыщенная.
25	7-9	Очень быстрая и равномерная.
30	5-7	Крайне быстрая, часто с пропуском розовой стадии (от зеленого к оранжево-красному), возможна неравномерность. Появление легкой морщинистости у плодоножки.

При 30°C также происходит подавление синтеза ликопина, в то время как синтез β -каротина может продолжаться, что объясняет появление желтоватого оттенка [8].

Наиболее гармоничная и прогнозируемая динамика окрашивания наблюдается в интервале 18-25°C.

Анализ данных табл. 2 позволяет сделать следующие выводы. Потеря массы имеет прямую корреляцию с температурой. Увеличение потерь при 25-30°C обусловлено резким ростом интенсивности дыхания и испарения влаги. При 30°C потери становятся экономически недопустимыми.

Таблица 2. Качественные показатели плодов после дозревания при разных температурах

Показатель / Температура дозревания	12°C	18°C	22°C	25°C	30°C
Потеря массы за период дозревания, %	1.2±0.2	2.1±0.3	3.5±0.4	4.8±0.5	7.3±0.6
ССР, %	4.1±0.2	4.8±0.2	5.9±0.3	6.0±0.2	5.0±0.3
Титруемая кислотность, %	0.45±0.03	0.52±0.02	0.58±0.03	0.56±0.02	0.48±0.04
Аскорбиновая кислота, мг/100г	15.2±1.1	18.5±1.3	22.1±1.5	21.0±1.4	16.8±1.2
Органолептическая оценка (баллы)	2.5±0.3	4.0±0.2	4.8±0.1	4.5±0.2	3.0±0.3
Лежкость после дозревания, суток	—	10-12	7-9	5-7	2-3

Примечание: Жирным шрифтом выделены наилучшие показатели.

Наибольшее накопление сахаров (ССР) и органических кислот, формирующих сбалансированный вкус «сахар/кислота», а также максимум содержания аскорбиновой кислоты наблюдались при 22°C. Это подтверждает, что данный режим является оптимальным для полноценного протекания биохимических превращений в плодах данного сорта. Снижение показателей при 25°C и, особенно, при 30°C связано с использованием сахаров и кислот в качестве субстрата дыхания и частичной деградацией витамина С [9].

Лучшие оценки по вкусу, аромату и консистенции плоды получили при дозревании при 22°C. Эксперты отметили наиболее выраженный сортовой аромат, сладость и плотную, но нежную мякоть. При 18°C вкус был оценен как «хороший, но недостаточно выраженный», при 30°C – как «пресный, травянистый» с водянистой консистенцией.

Обнаружена обратная зависимость между температурой дозревания и последующей сохранностью плодов. Медленное дозревание при 18°C способствовало большей структурной целостности тканей и, как следствие, большей лежкости. Быстрое дозревание при высоких температурах ускоряет процессы старения, что сокращает срок реализации.

Выводы

1. Для плодов томата сорта «Воронежский Розовый», районированного в Воронежской области, длительное дозревание при температурах, близких к $+12^{\circ}\text{C}$, является технологически неприемлемым, так как приводит к необратимому нарушению пигментного комплекса, неполному созреванию и потере товарного вида.

2. Научно обоснованным оптимальным температурным режимом для послеуборочного дозревания данного сорта с целью получения продукции высшего качества является $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$. В этих условиях достигается оптимальное соотношение скорости дозревания, биохимического состава и органолептических свойств.

3. Режим $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ может быть рекомендован как регулирующий (замедляющий) в целях планирования товаропотоков и увеличения лежкости конечного продукта, с осознанием некоторого ущерба для максимально возможной сахаристости и вкуса.

4. Температура $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$, а также длительное пребывание при 25°C и выше, являются стрессовыми факторами, вызывающими ускоренную деградацию питательных и вкусовых веществ, повышенные естественные потери и ухудшение сохранности, и не должны использоваться в промышленной практике.

5. Проведенное исследование убедительно демонстрирует решающую роль температуры хранения в регулировании скорости и качества послеуборочного дозревания плодов томата сорта «Воронежский Розовый». Экспериментально установлено, что температурный режим является ключевым фактором, определяющим баланс биохимических процессов, что напрямую влияет на потребительские и товарные свойства конечной продукции.

6. На основании комплексного анализа динамики окрашивания, потери массы, биохимических и органолептических показателей сделан вывод о наличии четкого оптимума. Температура $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$ идентифицирована как научно обоснованный оптимальный режим. При данной температуре дозревание протекает равномерно и достаточно быстро (10–12 суток), обеспечивая максимальное для сорта накопление сухих растворимых веществ (сахаров), органических кислот и аскорбиновой кислоты, что формирует гармоничный, насыщенный вкус и аромат.

7. Более низкая температура ($18 \pm 1^{\circ}\text{C}$) хотя и увеличивает продолжительность дозревания (14–16 суток) и последующую лежкость плодов, приводит к некоторому снижению биохимических и вкусовых показателей. Данный режим может быть применен как инструмент для управления партиями и продления сроков реализации. Температуры, выходящие за пределы оптимального диапазона (12°C и 30°C), являются технологически неприемлемыми: низкая температура блокирует синтез ликопина и приводит к неполному созреванию, а высокая — вызывает стремительную деградацию питательных веществ, чрезмерные потери массы и ухудшение консистенции.

8. Таким образом, для сохранения уникальных сортовых достоинств томатов сорта «Воронежского Розового» — его крупноплодности, нежной консистенции и сбалансированного вкуса — необходимо строго контролировать температурные условия послеуборочного дозревания. Практические рекомендации, сформулированные в статье, предлагают сельхозпроизводителям Воронежской области конкретный и эффективный технологический регламент. Его внедрение позволит минимизировать послеуборочные потери, гарантировать высокое качество продукции на рынке и, как следствие, повысить экономическую эффективность возделывания данного популярного сорта.

Критерий авторства

Все авторы в равной степени принимали участие в подготовке публикации.

Contribution

All authors contributed equally to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Список источников

1. Товарные томаты. Оригинальные сорта (типовой технологический процесс) / Л. В. Павлов, И. Ю. Кондратьева, М. Ю. Пучков [и др.] // Овощи России. 2015. № 3. С. 56-57.
2. Чернявская Ю. Н., Яковлева Т. В. Изучение влияния различных видов обработок на сохранение показателей качества и величину потерь свежих томатов в процессе хранения // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2025. № 92 (2). С. 118-126.
3. Сорт, степень зрелости и продолжительность хранения плодов томата в естественных условиях хранилища / А. В. Гулин, В. А. Мачулкина, О. П. Кигашпаева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 4. С. 153–163.
4. Першакова Т. В., Яковлева Т. В., Котвицкая Д. В. Современные тенденции и перспективы обеспечения населения России овощной продукцией // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024. № 88 (4). С. 72–86.
5. Першакова Т. В., Яковлева Т. В., Чернявская Ю. Н. Хранение томатов – традиционные и перспективные технологии // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024. № 86 (2). С. 163–187.
6. Косицин А.В., Серпуховитина К.А. Послеуборочная физиология и хранение плодов и овощей. Санкт-Петербург: ПрофиКС, 2017. 256 с.
7. Монахос Г.Ф., Гиш Р.А. Методы оценки качества овощной продукции. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. 144 с.
8. Чернявская Ю. Н., Яковлева Т. В., Першакова Т. В., Купин Г. А. Исследование влияния обработки свежих томатов электромагнитными полями крайне низких частот на качество и безопасность при хранении // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2025. № 93 (3). С. 115–126.
9. Быковский Ю. А., Козлова И. В. Изменение биохимического состава плодов томата в зависимости от условий выращивания и хранения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2022. № 5. С. 34–39.
10. Широкова Е. Л., Хромов Н. В. Лежкость плодов томата в зависимости от сорта и условий дозаривания // Аграрный вестник Урала. 2021. № 3. С. 67–75.

References

1. Marketable tomatoes. Original varieties (standard technological process). L. V. Pavlov, I. Y. Kondratieva, M. Y. Puchkov [et al.]. Vegetables of Russia, 2015, no. 3, pp. 56-57.
2. Chernyavskaya Yu. N., Yakovleva T. V. Study of the influence of various types of treatments on the preservation of quality indicators and the amount of losses of fresh tomatoes during storage. Fruit growing and viticulture in the South of Russia, 2025, no. 92 (2), pp. 118-126.
3. Variety, degree of maturity and duration of storage of tomato fruits in natural storage conditions. A.V. Gulina, V. A. Machulkin, O. P. Kigashpaeva [et al.]. Extracts of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education, 2024, no. 4, pp. 153-163.
4. Pershakova T. V., Yakovleva T. V., Kotvitskaya D. V. Modern trends and prospects of providing the Russian population with vegetable products. Fruit growing and wine production in the South of Russia, 2024, no. 88 (4), pp. 72-86.
5. Pershakova T. V., Yakovleva T. V., Chernyavskaya Yu. N. Tomato storage – traditional and promising technologies. Fruit growing and viticulture in the South of Russia, 2024, no. 86 (2), pp. 163-187.

6. Kositsin A.V., Serpukhovitina K.A. Post-harvest physiology and storage of fruits and vegetables. Saint Petersburg: Profix Publ., 2017. 256 p.
7. Monakhos G.F., Gish R.A. Methods of assessing the quality of vegetable products. Moscow: RSAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2020. 144 p.
8. Chernyavskaya Yu. N., Yakovleva T. V., Pershakova T. V., Kupin G. A. Investigation of the effect of processing fresh tomatoes with electromagnetic fields of extremely low frequencies on quality and safety during storage. Fruit growing and viticulture in the South of Russia, 2025, no. 93 (3), pp. 115-126.
9. Bykovsky Yu. A., Kozlova I. V. Changes in the biochemical composition of tomato fruits depending on growing and storage conditions. Vegetable growing and greenhouse farming, 2022, no. 5, pp. 34-39.
10. Shirokova E. L., Khromov N. V. The shelf life of tomato fruits depending on the variety and conditions of ripening. Agrarian Bulletin of the Urals, 2021, no. 3, pp. 67-75.

Информация об авторах

В.И. Манжесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 465-09-32, e-mail: mavik62_62@mail.ru, ORCID 0000-000-0002-0468-8821; eLIBRARY SPIN 9697-8041;

С.Ю. Чурикова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 438-39-61, e-mail: sveta-ch-vz@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9210-9852; eLIBRARY SPIN 3298-6601.

Information about the authors

V.I. Manzhesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Storage and Processing Technology of Agricultural Products, phone: +7 (920) 465-09-32, e-mail: mavik62_62@mail.ru, ORCID 0000-000-0002-0468-8821; eLIBRARY SPIN 9697-8041;

S.Yu. Churikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Storage and Processing Technology of Agricultural Products, phone: +7 (920) 438-39-61, e-mail: sveta-ch-vz@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9210-9852; eLIBRARY SPIN 3298-6601.

*Поступила в редакцию: 18.12.2025; принята после рецензирования: 14.02.2026;
принята к публикации: 20.02.2026.*

Received: 18.12.2025; revised: 14.02.2026; accepted: 20.02.2026.

Научная статья

УДК 664.68:633.874.52

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-67-75

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ОВОЩНЫХ КОТЛЕТ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА: ПРОТЕИНА КОНОПЛЯНОГО

Пчелинцева Ольга Николаевна^{1,2✉}, Юрна Диана Андреевна¹

¹Пензенский государственный технологический университет, 440039, Россия, Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11

²Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73
pchelincevaon@yandex.ru✉

Аннотация. Исследование посвящено разработке рецептуры картофельных котлет, обогащенных растительным протеином в целях повышения их высокой биологической ценности и расширения ассортимента функциональных продуктов. Экспериментальная часть работы выполнена на базе лаборатории ПензГТУ в 2025 г. Объектами исследования выступили контрольный образец и опытные партии с дозировкой конопляного протеина 5, 10, 15 и 20%. Органолептические показатели оценивали согласно ГОСТ 33476-2015, пищевую ценность рассчитывали справочным методом, статистическую достоверность подтверждали при уровне значимости $p < 0,05$ в Excel. Установлено, что содержание белка возрастает в 2,9 раза при добавлении 5% протеина, в 4,9 раза — 10%, в 6,9 раза — 15%, в 8,9 раза — 20% относительно контроля. Однако внесение добавки свыше 10% формирует выраженный травянистый привкус и сухую консистенцию, снижая потребительскую привлекательность. Выявлено, что оптимально использовать концентрат конопляного протеина в дозировке 5–15%. Продукт обогащается незаменимыми аминокислотами, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами и минералами, улучшая нутриентный профиль. Тем не менее требуется корректировка рецептуры путем введения дополнительной жидкости из-за высокой водопоглотительной способности протеина. Полученные данные рекомендуются для внедрения в современную технологию общественного питания.

Ключевые слова: овощные котлеты, протеин конопляный концентрат, рецептуры картофельных котлет, органолептическая оценка

Для цитирования: Пчелинцева О.Н., Юрна Д.А. Разработка рецептуры овощных котлет с добавлением растительного компонента: протеина конопляного // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 67-75. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-67-75>.

Права: © О.Н. Пчелинцева, Д.А. Юрна (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR VEGETABLE CUTLETS WITH THE ADDITION OF A PLANT COMPONENT: HEMP PROTEIN

Olga N. Pchelintseva^{1,2✉}, Diana A. Yurna¹

¹Penza State Technological University, 1a/11, Baydukova passage/Gagarina Str., Penza, Penza region, 440039, Russia

²Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia
pchelincevaon@yandex.ru✉

Abstract. The study focuses on developing a recipe for potato cutlets enriched with plant protein to enhance their biological value and expand the assortment of functional foods. The experimental work was conducted at the PenzGTU laboratory in 2025. The study objects included a control sample and experimental batches with hemp protein dosages of 5%, 10%, 15%, and 20%. Organoleptic parameters were as-

essed according to GOST 33476-2015, nutritional value was calculated using the reference method, and statistical significance was confirmed at $p < 0.05$ using Excel. It was found that protein content increases 2.9-fold with 5% protein addition, 4.9-fold with 10%, 6.9-fold with 15%, and 8.9-fold with 20% relative to the control. However, adding more than 10% of the supplement creates a pronounced grassy aftertaste and dry consistency, reducing consumer appeal. It was determined that using hemp protein concentrate at a dosage of 5–15% is optimal. The product becomes enriched with essential amino acids, polyunsaturated fatty acids, vitamins, and minerals, thereby improving its nutrient profile. Nevertheless, recipe adjustment is required by introducing additional liquid due to the high water absorption capacity of the protein. The obtained data are recommended for implementation in modern catering technology.

Keywords: vegetable cutlets, hemp protein concentrate, recipes for potato cutlets, organoleptic evaluation

For citation: Pchelintseva O.N., Yurna D.A. Development of a recipe for vegetable cutlets with the addition of a plant component: hemp protein. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 67-75. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-67-75>.

Copyright: © O.N. Pchelintseva, D.A. Yurna (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Овощные котлеты входят в рацион питания детей, людей с различными видами заболеваний, спортсменов, вегетарианцев, беременных и кормящих женщин.

В качестве овощей для котлет используют картофель, морковь, свёклу, капусту, кабачки и тыкву, а также их комбинации [1].

Овощи известны как источники минеральных веществ, углеводов, жиров, белков, органических кислот, витаминов. Из-за высокого содержания в них влаги обладают пониженной энергетической ценностью [2].

По сравнению с мясными котлетами в овощных содержится меньше белков. Поэтому введение растительного протеина, а именно конопляного, позволит обогатить продукт незаменимыми аминокислотами, жирными кислотами, пищевыми волокнами, минеральными веществами и витаминами (см. рис. 1).



Рисунок 1. Пищевая и энергетическая ценность картофельных котлет, на 100 г готового продукта

Конопляный протеин изготавливают из семян технической конопли (*Cannabis Sativa* L.), которая является устойчивой культурой с коротким периодом роста 3-4 месяца [3].

В России выращиваются пять безнаркотических сортов конопли, один из которых («Сурская») произрастает в Пензенской области [4].

В семенах конопли содержатся все незаменимые аминокислоты, глутаминовая кислота и аргинин, легко усваиваемые и неаллергенные белки – альбумин и эдистин. В качестве жиров преобладают жирные кислоты класса Омега-3 и Омега-6 – линолевая, линоленовая, оле-

иновая. В больших концентрациях содержатся минеральные вещества – К, Р, Mg, Fe, Ca, Na, в меньших концентрациях – Zn, Ni, Cr, Se, Cu [5, 6].

Конопляный белок является высококачественным за счет его легкого расщепления в процессе пищеварения и содержания большого количества заменимых и незаменимых аминокислот. Часто его сравнивают с белком сои и яичным белком. Также, белки концентрата обладают высокой водопоглотительной способностью, что существенно влияет на консистенцию продукта.

Помимо этого, в семенах содержатся жирорастворимые – А, Е, и водорастворимые витамины – С, группы В.

В оболочках семян находится клетчатка, содержащая растворимые и нерастворимые пищевые волокна в соотношении 20:80. В качестве нерастворимых представлены: целлюлоза (46%), лигнин (31%) и гемицеллюлоза (22%) [7].

Цель исследования – обосновать добавление конопляного протеина в овощные котлеты и разработать рецептуру картофельных котлет, обогащенных растительным протеином.

Материалы и методы исследований

Исследования и разработка рецептур производилась на базе лаборатории ПензГТУ в 2025 г.

В качестве объектов исследования выступают пять образцов: образец №1 – контрольный, образец №2 – картофельные котлеты с добавлением концентрата протеина конопляного в дозировке 5%, образец №3 – с добавлением протеина 10%, образец №4 – с добавлением протеина 15%, образец №5 – с добавлением протеина 20 %.

Предмет исследования – конопляный протеин и его использование в унифицированной рецептуре на котлеты картофельные из сборника рецептур (см. табл. 1). Рецептура рассчитана на 2 шт. котлет на порцию. Перерасчет конопляного протеина производился по массе картофеля.

Таблица 1. Рецептура котлеты картофельные

Ингредиенты, г	Образцы				
	Контрольный	5%	10%	15%	20%
		доля конопляного протеина			
Картофель	160	152	144	136	128
Яйца	8	8	8	8	8
Сухари панировочные	10	10	10	10	10
Протеин конопляный	-	8	16	24	32
Масса полуфабриката	170	170	170	170	170
Масло растительное	10	10	10	10	10
Масса жареных котлет	150	150	150	150	150

Органолептические показатели овощных котлет определяли по ГОСТ 33476-2015 Блюда вторые обеденные замороженные. Общие технические условия. Результаты пищевой, энергетической и биологической ценности – расчетным методом с использованием данных из «Химического состава российских продуктов питания» (под ред. В.А. Тутельяна, И.М. Скурихина, 2002) и базы данных USDA FoodData Central. Достоверность экспериментальных данных оценивали методами математической статистики при помощи пакета прикладных программ Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Тепловая обработка котлет с добавлением конопляного протеина приводит к денатурации белков, что способствует лучшему их усвоению организмом человека в процессе пищеварения за счет легкого расщепления пептидных связей первичной структуры [8,9,10].

В ходе работы было изучено изменение пищевой и энергетической ценности контрольного изделия и котлет с добавлением протеина: образец №2 – с добавкой в количестве 5% к массе картофеля, образец №3 – 10%, образец №4 – 15%, образец №5 – 20% (см. рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что с увеличением в рецептуре добавления конопляного протеина количество белка резко возрастает. Так, в сравнении показателя с контрольным образцом количество белка стало: в образце №2 – в 2,9 раза больше, в образце №3 – в 4,9 раза, в образце №4 – в 6,9 раза, в образце №5 – в 8,9 раза.

Образец №3 имеет почти такое же количество белка, как у мясных котлет из баранины. Следовательно, при дозировке конопляного протеина от 15% и выше овощные котлеты могут стать их аналогом в рационе и удовлетворить физиологические потребности человека.

Добавление растительного компонента незначительно влияет на содержание жиров в продукте: в образце №2 в 1,08 раз больше, чем в контрольном образце, в образце №3 – в 1,17 раза, в образце №4 – в 1,25 раза, в образце №5 – в 1,34 раза.

Помимо этого, добавление конопляного протеина способствует повышению количества клетчатки, которая представлена нерастворимыми пищевыми волокнами: целлюлозой и лигнином. При внесении 10% к картофельной массе конопляного протеина содержание клетчатки повышается почти в 2,5 раза. В образце №2 количество пищевых волокон увеличилось в 1,73 раза, образце №3 – в 2,47 раза, образце №4 – в 3,2 раза, образце №5 – в 3,94 раза.

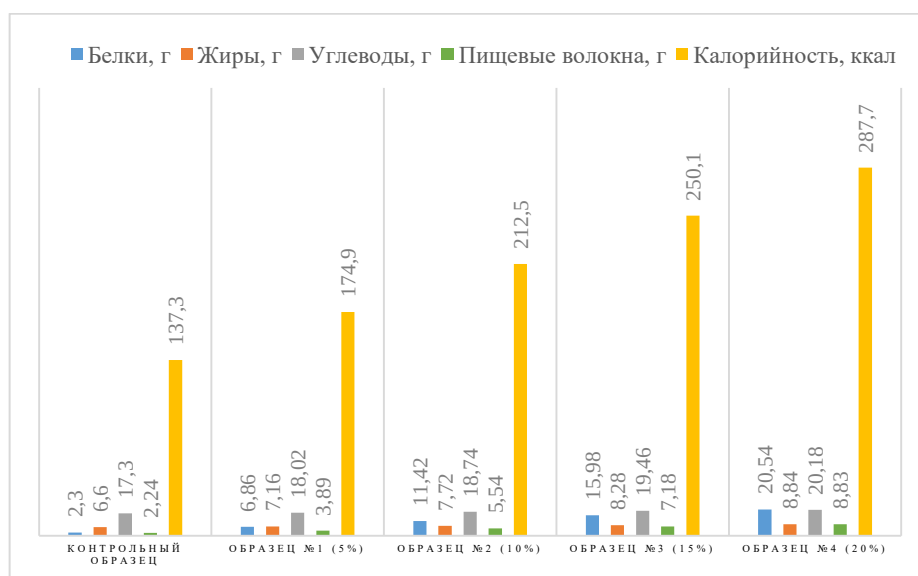


Рисунок 2. Пищевая и энергетическая ценность на 100 г готового продукта

В зависимости от необходимой ежедневной энергии будет изменяться суточная норма потребления белков, жиров и углеводов. Однако, суточная норма пищевых волокон для мужчин и женщин с разной физической активностью и возрастом одинакова и составляет 20-25 г (см. табл. 2) [11].

Исходя из данных табл. 2, можно сделать вывод, что включение в рацион овощных котлет с добавлением конопляного протеина позволяет в зависимости от количества вносимой добавки закрыть от 20 до 53% суточной потребности организма человека в пищевых волокнах.

При добавлении протеина в количестве 20% удовлетворение суточной потребности в белках и пищевых волокнах превышает 50%.

Таблица 2. Степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в энергии и пищевых веществах за счёт картофельных котлет с добавлением конопляного протеина

Показатели	Рекомендуемая суточная норма от ккал	Удовлетворение суточным потребностям одной порции котлет, %				
		Контрольный образец	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Белки	12-14%	6,1	18,1	30,1	42,1	54,1
Жиры	30%	15,6	17,0	18,3	19,6	20,9
Углеводы	56-58%	9,4	9,8	10,2	10,6	11,0
Пищевые волокна	20-25 г	13,4	23,3	33,2	43,1	53,0
Энергия	1900 ккал	10,8	13,8	16,8	19,7	22,7

Из-за водопоглощительной способности протеина поменялась консистенция картофельной массы, что отразилось на качестве готовых котлет. Одним из путей решения данной проблемы может служить введение в рецептуру дополнительной жидкости в виде молока или воды (см. рис. 3).



Рисунок 3. Внешний вид картофельной массы перед формовкой изделий

В ходе исследования была проведена органолептическая оценка готовых образцов по следующим показателям: внешний вид, форма, цвет на разрезе, консистенция, вкус и запах (см. рис. 4, табл. 3).

Таблица 3. Органолептическая оценка качества готовых котлет

Показатели	Контрольный образец	Образец №2 (5%)	Образец №3 (10%)	Образец №4 (15%)	Образец №5 (20%)
Внешний вид	Поверхность равномерно запанированная, без разорванных и ломаных краев и трещин				
Форма	Продолговато-приплюснутая с заостренным концом				
Цвет на разрезе	Светло-кремовый	Светло-коричневый	Светло-серо-коричневый	Серо-коричневый	Темно-серо-коричневый
Консистенция	Мягкая, однородная				
Вкус и запах	Свойственные данному изделию, без посторонних привкусов и запахов	Свойственные, с легким привкусом добавки	Свойственные, с выраженным привкусом конопляного протеина	Свойственные, с ярко выраженным привкусом добавки, чуть горьковатый	Свойственные, с ярко выраженным привкусом протеина, терпкий, травянистый привкус

Ниже представлена органолептическая оценка картофельных котлет по 10-ти балльной системе по следующим параметрам: внешний вид, консистенция, вкус, запах (см. рис. 5).

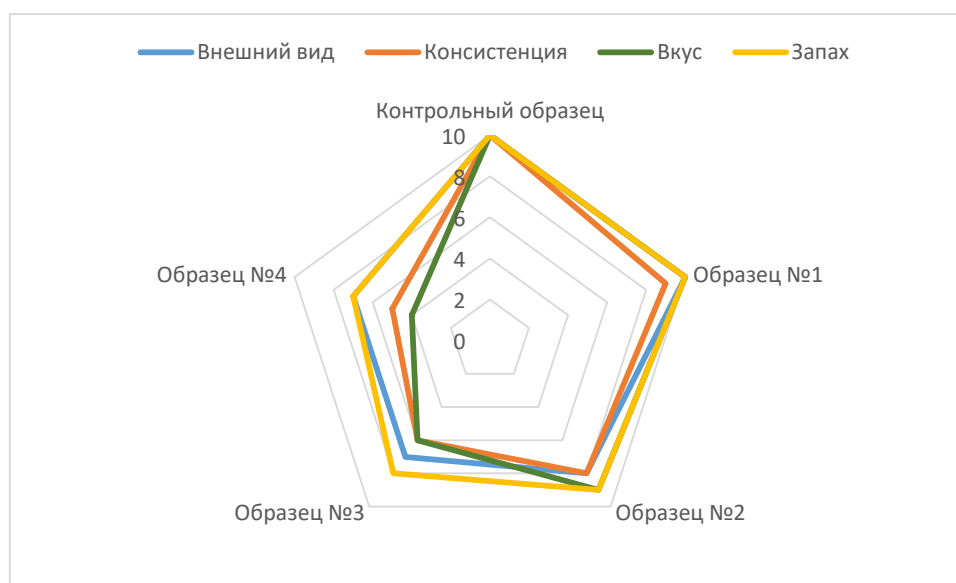


Рисунок 5. Балловая органолептическая оценка готовых изделий

При проведении органолептической оценке качества овощных котлет было выявлено, что с увеличением концентрации добавки в картофельной массе котлеты приобретали более рыхлую, сухую консистенцию, из-за чего их было сложно формовать и обжаривать (см. рис. 6). Самая высокая оценка за консистенцию у образца №2 – почти схожа с консистенцией контрольного изделия, мягкая, однородная. Самую низкую оценку имеет образец №5 – очень рыхлая консистенция, сухая с трещинами.



Контрольный образец

Образец №1

Образец №2

Образец №3

Образец №4

Рисунок 6. Вид на разрезе готовых изделий

По показателю «вкус» самые высокие оценки у образцов №2 (с добавлением 5% конопляного протеина) и №3 (с добавлением 10% добавки). С увеличением конопляного протеина свыше 10% продукт начинает приобретать горьковатый неприятный вкус с травянистым привкусом, как у образцов №4 и №5, что значительно влияет на потребительские качества изделия.

Запах у всех изделий свойственный, без посторонних запахов. У образца №5 с ярко выраженным запахом конопляного протеина.

Выводы

Проведённые исследования подтвердили целесообразность использования концентрата конопляного протеина в качестве функционального ингредиента при разработке овощных котлет. Введение растительного белка позволило значительно повысить содержание белка и пищевых волокон в готовом продукте. Установлено, что добавление протеина в дозировке 5–20% от массы картофеля приводит к увеличению содержания белка в 2,9–8,9 раза и пищевых волокон в 1,73–3,94 раза относительно контрольного образца.

Анализ пищевой ценности показал, что при добавлении конопляного протеина в количестве 15–20% от массы картофельного пюре содержание белка в готовом изделии возрастает в 7–9 раз по сравнению с контрольным образцом, приближаясь по уровню к мясным котлетам из баранины. Одновременно наблюдается достоверное увеличение содержания клетчатки: при внесении 10% протеина её количество возрастает почти в 2,5 раза, а при 20% — почти в 4 раза, что позволяет одной порцией котлет покрыть до 53% суточной потребности взрослого человека в пищевых волокнах.

Органолептическая оценка выявила, что внесение добавки свыше 10% формирует выраженный травянистый привкус и сухую консистенцию, снижая потребительские качества изделий. Наилучший баланс между питательной ценностью и органолептическими показателями достигнут при внесении протеина в дозировке 5–15%. В этих пределах изделия сохраняют мягкую, однородную консистенцию, характерный вкус без выраженной горечи и приемлемый цвет на разрезе.

Выявлена необходимость корректировки рецептуры путём введения дополнительной жидкости (молока или воды) для компенсации высокой водопоглотительной способности конопляного протеина и сохранения технологических свойств фаршевой массы.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации

Contribution

All authors made an equivalent (equal) contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Список источников

1. Матвеева И.Н., Корячкина С.Я. Применение нетрадиционного растительного сырья в технологии овощных котлет функционального назначения // Инновационные технологии в пищевой промышленности. 2022. Т. 9. № 3. С. 78-86.
2. Соколова Е.Н., Петрова А.М. Оценка качества и безопасности овощных полуфабрикатов в условиях промышленного производства // Пищевая химия и биотехнология. 2023. Т. 11. № 2. С. 45-54
3. Ущаповский В.И., Гончарова А.А. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 1. С. 66-72.
4. Кабунина И.В. Восстановление и модернизация подотрасли коноплеводства на примере Пензенской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3 (381). С. 26-29.
5. Корнеева О.С., Василенко Л.И. Биохимическая характеристика семян технической конопли как источника функциональных ингредиентов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2023. Т. 85. № 2. С. 170-177.
6. Ущаповский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 1. С. 66-72.
7. Кабунина И.В. Пищевая ценность и биологическая активность компонентов семян конопли (обзор) // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 5. С. 52-57.

8. Гугучкина И.И., Марьин А.В. Формирование структуры и органолептических свойств овощных котлет при различных способах тепловой обработки // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 3. С. 112-120.
9. Канарекина А.С., Щербинина Т.Н. Влияние температуры и времени тепловой обработки на сохранность антиоксидантов в овощных котлетах с функциональными добавками // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2023. № 5. С. 67-74.
10. Матвеева И.Н., Корячкина С.Я. Применение комбинированных способов тепловой обработки для повышения пищевой ценности овощных полуфабрикатов // Инновационные технологии в пищевой промышленности. 2023. Т. 10. № 2. С. 88-96.
11. О новых (2021) нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 4. С. 6-25.

References

1. Matveeva I.N., Koryachkina S.Ya. The use of non-traditional vegetable raw materials in the technology of functional vegetable cutlets. Innovative technologies in the food industry, 2022, vol. 9, no. 3, pp. 78-86.
2. Sokolova E.N., Petrova A.M. Evaluation of the quality and safety of vegetable semi-preparations in industrial production. Food chemistry and biotechnology, 2023, vol. 11, no. 2, pp. 45-54.
3. Oschapovsky V.I., Goncharova A.A. The effect of processing on the protein complex of cannabis seeds. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2022, vol. 84, no. 1, pp. 66-72.
4. Kabunina I.V. Restoration and modernization of the cannabis sub-sector in the Penza region. International Agricultural Journal, 2021, no. 3 (381), pp. 26-29.
5. Korneeva O.S., Vasilenko L.I. Biochemical characteristics of technical hemp seeds as a source of functional ingredients // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2023. Vol. 85. No. 2. pp. 170-177.
6. Oschapovsky V.I., Goncharova A.A., Minevich I.E. The effect of processing on the protein complex of cannabis seeds. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2022, vol. 84, no. 1, pp. 66-72.
7. Kabunina I.V. Nutritional value and biological activity of cannabis seed components (review). International Agricultural Journal, 2022, no. 5, pp. 52-57.
8. Guguchkina I.I., Marjin A.V. Formation of the structure and organoleptic properties of vegetable cutlets with various methods of heat treatment. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2021, vol. 83, no. 3, pp. 112-120.
9. Kanarekina A.S., Shcherbinina T.N. Influence of temperature and heat treatment time on the preservation of antioxidants in vegetable cutlets with functional additives. Technology and commodity science of innovative food products, 2023, no. 5, pp. 67-74.
10. Matveeva I.N., Koryachkina S.Ya. Application of combined heat treatment methods for increasing the nutritional value of semi-finished vegetable products. Innovative technologies in the food industry, 2023, vol. 10, no. 2, pp. 88-96.
11. On new (2021) standards of physiological energy and food requirements for various population groups of the Russian Federation. Nutrition issues, 2021, vol. 90, no. 4, pp. 6-25.

Информация об авторах

О.Н. Пчелинцева – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Пищевые производства», тел. +7 (906) 398-90-80, e-mail: PchelincevaON@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3395-4586; eLIBRARY SPIN 1812-1327;

Д.А. Юрна – магистрант, тел. +7 (987) 509-27-42, e-mail: dianayrna@icloud.com, ORCID 0009-0008-2683-1773.

Information about the authors

O.N. Pchelintseva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of «Food Production», phone: +7 (906) 398-90-80, e-mail: PchelincevaON@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3395-4586; eLIBRARY SPIN 1812-1327;

D.A. Yurna – Student, phone: +7 (987) 509-27-42, e-mail: dianayrna@icloud.com, ORCID 0009-0008-2683-1773.

*Поступила в редакцию: 26.01.2026; принята после рецензирования: 15.02.2026;
принята к публикации: 24.02.2026.*

Received: 26.01.2026; revised: 15.02.2026; accepted: 24.02.2026.

Научная статья

УДК 664.85.044.5

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-76-87

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МАЙОНЕЗНОГО СОУСА «СОЛНЫШКО» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОЛЯТА СОЕВОГО БЕЛКА

Чурикова Светлана Юрьевна^{1✉}, Манжесов Владимир Иванович¹

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
394087, Россия, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1
sveta-ch-vz@yandex.ru[✉]

Аннотация. В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по разработке инновационной рецептуры и технологии производства майонезного соуса с пониженной жирностью (35%) и повышенной биологической ценностью, получившего торговое наименование «Солнышко». Ключевым технологическим решением стала частичная рецептурная замена яичного порошка на изолят соевого белка (ИСБ), обладающего выраженными эмульгирующими, структурообразующими и функционально-технологическими свойствами. Приведено детальное обоснование технологических параметров на всех стадиях производства. Проведена комплексная сравнительная оценка качества опытного и контрольного образцов по полному спектру показателей: органолептическим, физико-химическим, структурно-механическим и микробиологическим. Углубленно исследована пищевая ценность нового продукта: определен аминокислотный состав с расчетом аминокислотного сгора, изучен витаминный и минеральный профиль, а также оценена биологическая доступность белка методом его атакуемости ферментами желудочно-кишечного тракта *in vitro*. Экспериментально установлено, что разработанный майонезный соус характеризуется улучшенным аминокислотным профилем, повышенным на 30% содержанием белка, обогащенным витаминным составом и существенно (в 50 раз) сниженным уровнем холестерина. В рамках исследований обоснован гарантированный срок хранения продукта, составляющий 60 суток в рекомендованных условиях. Полученные результаты подтверждают отнесение майонезного соуса «Солнышко» к категории продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: майонезный соус, изолят соевого белка, рецептура, технология производства, биологическая ценность, аминокислотный скор, срок хранения

Для цитирования: Чурикова С.Ю., Манжесов В.И. Разработка технологии и комплексная оценка качества функционального майонезного соуса «Солнышко» с использованием изолята соевого белка // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 76-87. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-76-87>.

Права: © С.Ю. Чурикова, В.И. Манжесов (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

TECHNOLOGY DEVELOPMENT AND COMPREHENSIVE QUALITY ASSESSMENT OF FUNCTIONAL MAYONNAISE SAUCE «SOLNYSHKO» USING SOY PROTEIN ISOLATE

Svetlana Yu. Churikova^{1✉}, Vladimir I. Manzhesov¹

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 1 Michurina Str., Voronezh,
Voronezh region, 394087, Russia
sveta-ch-vz@yandex.ru[✉]

Abstract. The article presents the results of scientific research on the development of an innovative formulation and production technology for mayonnaise sauce with reduced fat content (35%) and increased biological value, which received the trade name «Solnyshko». A key technological solution was the partial replacement of egg powder with soy protein isolate (SPI), which has pronounced emulsifying, structure-

forming, and functional-technological properties. A detailed rationale for the technological parameters at all production stages is provided. A comprehensive comparative assessment of the quality of the experimental and control samples was carried out across the full spectrum of indicators: organoleptic, physico-chemical, structural-mechanical, and microbiological. The nutritional value of the new product was thoroughly investigated: the amino acid composition was determined with calculation of the amino acid score, the vitamin and mineral profile was studied, and the biological availability of the protein was assessed using the in vitro method of its susceptibility to gastrointestinal enzymes. It was experimentally established that the developed mayonnaise sauce is characterized by an improved amino acid profile, a 30% higher protein content, an enriched vitamin composition, and a significantly (50 times) reduced cholesterol level. Within the framework of the study, a guaranteed shelf life of the product of 60 days under recommended conditions was substantiated. The obtained results confirm the classification of «Solnyshko» mayonnaise sauce as a functional food product.

Keywords: mayonnaise sauce, soy protein isolate, formulation, production technology, biological value, amino acid score, shelf life

For citation: Churikova S.Yu., Manzhosov V.I. Technology development and comprehensive quality assessment of functional mayonnaise sauce «Solnyshko» using soy protein isolate. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 76-87. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-76-87>.

Copyright: © S.Yu. Churikova, V.I. Manzhosov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Современная парадигма пищевой промышленности и потребительского спроса смещается в сторону создания продуктов, которые не только удовлетворяют базовые вкусовые предпочтения, но и вносят вклад в поддержание здоровья. Майонез, являясь одним из наиболее популярных соусов в мире, представляет собой перспективный объект для модификации с целью оптимизации его пищевого профиля. Основные векторы развития в этой области включают снижение массовой доли жира, полное исключение или значительное уменьшение содержания холестерина, обогащение белком, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами [1]. Одним из наиболее эффективных путей достижения этих целей является применение растительных белковых ингредиентов. Изолят соевого белка (ИБС) выделяется среди них благодаря уникальному комплексу свойств: высокой эмульгирующей и пенообразующей способности, влагосвязыванию, способности к гелеобразованию, благоприятному аминокислотному составу и содержащему все незаменимые аминокислоты [2]. Использование ИБС в рецептурах эмульсионных продуктов позволяет не только улучшить их питательную ценность, но и скорректировать реологические характеристики, а также снизить себестоимость за счет частичной или полной замены более дорогостоящих традиционных эмульгаторов, таких как яичный порошок или желток.

Цель исследования – разработка технологии и сбалансированной рецептуры майонезного соуса «Солнышко» с массовой долей жира 35% с использованием изолята соевого белка, всестороннее исследование его качественных характеристик и потребительских свойств, а также обоснование его функциональной направленности и конкурентоспособности на рынке пищевых продуктов.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на базе лаборатории технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I в 2025 году.

Объект исследования – опытный образец майонезного соуса «Солнышко». В качестве контрольного образца использовался майонезный соус, произведенный по рецептуре, аналогичной традиционному «Легкий» с сопоставимым содержанием жира (35%). Все исследования проводились в соответствии с актуальными нормативными документами и стандартизированными методиками.

Предметом исследования является совокупность свойств и характеристик опытного образца майонезного соуса «Солнышко».

Методы оценки органолептических и физико-химических показателей.

Органолептическая оценка (внешний вид, консистенция, цвет, вкус, запах) проводилась сенсорным анализом группой дегустаторов из числа научно-педагогических работников факультета технологии и товароведения Воронежского ГАУ в соответствии с требованиями ГОСТ 30004.2-93 «Майонезы. Правила приемки и методы испытаний» и ГОСТ 31762-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний»

Определение физико-химических показателей включало:

- массовую долю влаги и сухих веществ – метод высушивания до постоянной массы;
- массовую долю жира – метод экстракционно-весовой;
- массовую долю белка – метод Кьельдаля;
- активную кислотность (рН) – потенциометрическим методом;
- кислотность – титриметрическим методом;
- стойкость эмульсии – методом центрифугирования;
- перекисное число – титриметрическим методом по йодометрической методике.

Методы оценки структурно-механических свойств.

Эффективная вязкость неразрушенной эмульсии определялась на ротационном вискозиметре при стандартной температуре и скорости сдвига. Данный показатель является ключевым для оценки консистенции и реологических свойств продукта [3].

Методы оценки пищевой и биологической ценности.

Аминокислотный состав определялся методом капиллярного электрофореза или высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) после кислотного гидролиза белка. На основе полученных данных рассчитывался аминокислотный скор (Amino Acid Score, AAS) по формуле:

$$AAS = \frac{\text{Количество аминокислоты в продукте}}{\text{Количество аминокислоты в эталонном белке FAO/WHO}} \times 100\%. \quad (1)$$

Также определялась лимитирующая аминокислота [4].

Содержание витаминов определяли следующими методами: витамин В1 и В2 – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); витамин С – флуориметрическим методом; витамин РР (ниацин) – колориметрическим методом; β-каротин – фотометрическим методом.

Метод оценки биологической доступности белка *in vitro*.

Степень атакуемости (гидролиза) белков продукта моделированной пищеварительной системой оценивалась *in vitro* по методу Покровского-Ератова [5]. Методика основана на последовательной инкубации образца с растворами пепсина (имитация желудочного пищеварения) и трипсина (имитация кишечного пищеварения) с последующим определением концентрации низкомолекулярных продуктов гидролиза (тирозина) спектрофотометрическим методом. Степень атакуемости выражалась в процентах от общего содержания белка.

Микробиологические исследования и изучение стойкости при хранении.

Микробиологический анализ включал определение: количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерий группы кишечных палочек (БГКП), дрожжей, плесневых грибов, а также наличие бактерий рода *Salmonella* в установленных массах продукта согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». Изучение влияния сроков хранения проводилось в моделированных условиях: продукт расфасовывался в полимерную тару и хранился при температуре (10±2)°С и относительной влажности воздуха не более 75%. С периодичностью в 10-15 суток проводился контроль органолептических, физико-химических (перекисное число) и микробиологических (количество дрожжей) показателей.

Разработка рецептуры и технологии.

Научное обоснование рецептурной композиции.

Рецептура майонезного соуса «Солнышко» (см. табл. 1) была разработана на основе принципа комбинирования белковых эмульгаторов различной природы для достижения синергетического эффекта и обеспечения стабильности конечной эмульсии [6]. Частичное замещение яичного порошка (3.0% → 0.5%) изолятом соевого белка (6.0%) позволило решить несколько задач одновременно:

1. Повышение биологической ценности: соевый белок вносит в продукт все незаменимые аминокислоты, компенсируя потенциальный дефицит при снижении доли яичного белка [7].
2. Снижение уровня холестерина: замена животного компонента растительным практически исключает поступление холестерина с яичным порошком [8].
3. Сохранение технологических функций: ИБС обладает сопоставимой с яичными белками эмульгирующей способностью и, более того, превосходит их по влагосвязыванию и термостабильности, что важно для этапа пастеризации [9].

Таблица 1. Рецептурный состав майонезных соусов

Сырье	Контроль, кг/100 кг	«Солнышко», кг/100 кг	Функционально-технологическое назначение
Водная основа	56.35	48.8	Дисперсионная среда
Растительное масло (рапсовое)	35.0	35.0	Жировая фаза
Яичный порошок	3.0	0.5	Эмульгатор, структурообразователь
Изолят соевого белка (ИБС)	–	6.0	Основной эмульгатор, структурообразователь, обогащение белком
Молоко сухое обезжиренное	–	4.0	Источник белка, улучшитель вкуса и цвета
Горчичный порошок	–	1.2	Эмульгатор, вкусоароматическая добавка, консервант
Стабилизатор КМК	2.7	2.6	Загуститель, стабилизатор эмульсии
Сахар	1.3	0.3	Вкусовая добавка
Соль	1.1	0.8	Вкусовая добавка, консервант
Уксусная кислота 9%	0.50	0.75	Регулятор кислотности, консервант
Натрий двууглекислый	0.02	0.05	Регулятор pH, улучшение набухания белков
Ароматизатор «Горчица»	0.03	–	Вкусоароматическая добавка
ИТОГО	100	100	

Введение сухого обезжиренного молока (4,0%) служит дополнительным источником белка (казеина) и лактозы, улучшает вкусовой профиль и цвет продукта. Горчичный порошок (1,2%) включен не только как вкусоароматическая добавка, но и как природный эмульгатор и консервант благодаря содержанию гликозидов синигрина и эфирных масел [10]. Корректировка количеств соли, сахара и уксуса проведена для балансировки вкуса новой рецептурной композиции.

Совершенствование технологического процесса.

Технологическая схема производства майонезного соуса «Солнышко» (см. рис. 1) была оптимизирована с учетом особенностей используемого сырья, в первую очередь, ИБС [11].

Стадия I. Приготовление эмульгирующей пасты. Критически важным является режим растворения ИБС: температура воды 50-55°C и продолжительное перемешивание (20-30 мин) обеспечивают полную гидратацию и раскрытие функциональных свойств белка без его денатурации. Отдельное растворение сухого молока при 65-70°C с добавлением соды способствует более полному растворению казеина и создает оптимальный pH для набухания белков. Последовательное соединение растворов, внесение соли, сахара и горчицы, а затем стабилизатора КМК при 40-45°C позволяет сформировать однородную вязкую основу с активированными эмульгирующими свойствами. Последующая тепловая обработка (70-80°C,

5-10 мин) выполняет сразу несколько функций: пастеризацию, инактивацию ферментов (липоксигеназы в ИБС), что предотвращает окисление, и дополнительную гидратацию компонентов.

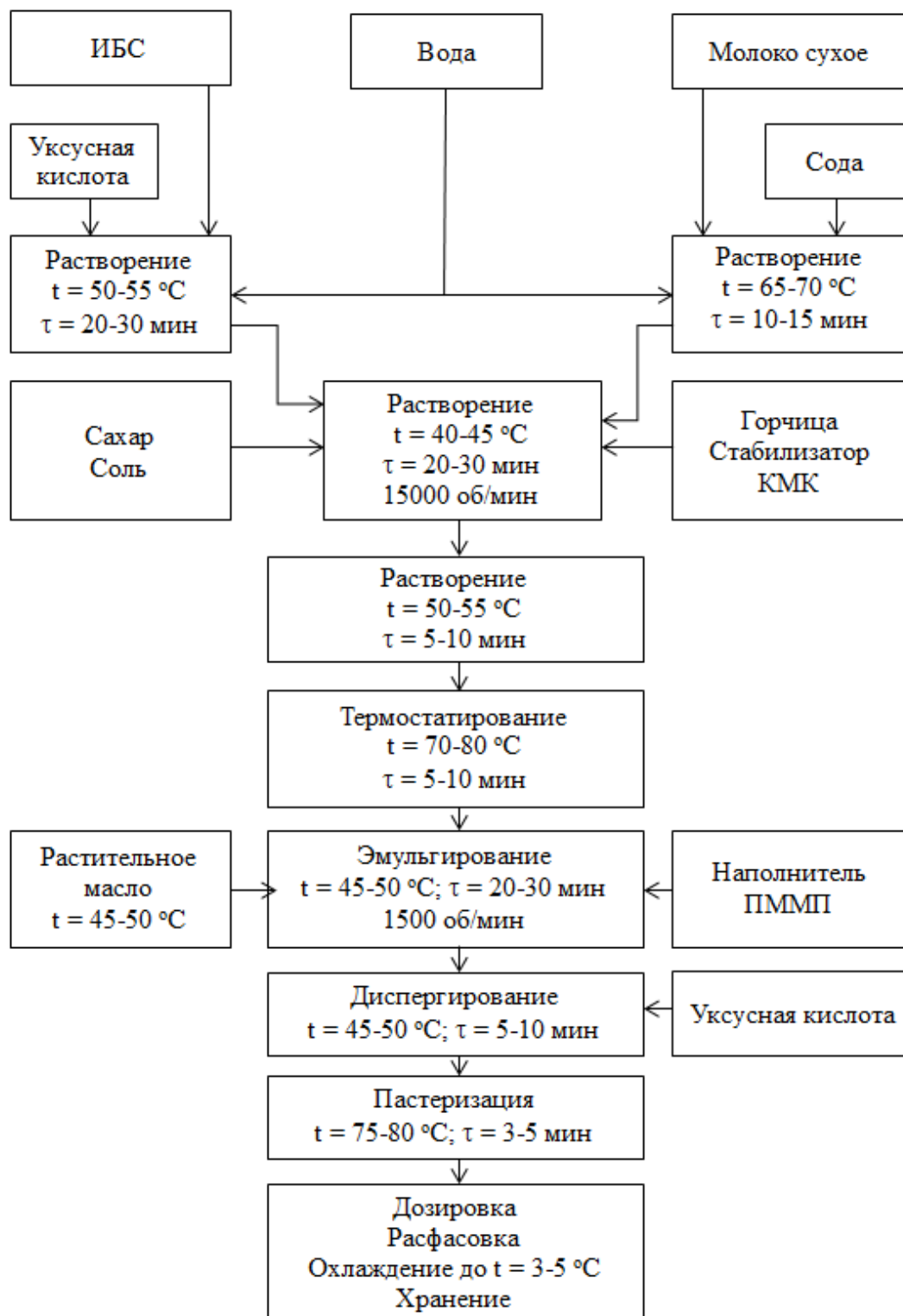


Рисунок 1. Технологическая схема производства майонезного соуса «Солнышко»

Стадия II. Формирование грубой эмульсии. Пасту охлаждают до температуры введения масла (45-50°C). Эмульгирование проводят в смесителе с высокой скоростью сдвига (1500

об/мин), обеспечивая диспергирование жировой фазы в водной. Масло вводят тонкой струей для формирования первоначальных мелких глобул жира.

Стадия III. Диспергирование и финишная обработка. Пропускание грубой эмульсии через коллоидную мельницу или гомогенизатор (диспергатор) обеспечивает окончательное уменьшение размера жировых глобул (до 1-10 мкм), что напрямую влияет на стабильность, консистенцию и вкусовое восприятие майонезного соуса [11]. Уксусная кислота вносится на этой стадии для быстрого распределения и предотвращения локальной коагуляции белков. Заключительная пастеризация (75-80°C, 3-5 мин) гарантирует микробиологическую безопасность готового продукта. Для максимального увеличения срока годности рекомендуется асептическая расфасовка в предстерилизованную тару [12].

Результаты исследований и их обсуждение

Сравнительный анализ органолептических и физико-химических показателей.

Органолептическая оценка показала, что майонезный соус «Солнышко» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к эмульсионным продуктам. Он имеет однородную, нежную, сметанообразную консистенцию, кремовый цвет с желтоватым оттенком, обусловленным ИБС и сухим молоком. Вкус и запах – чистые, хорошо сбалансированные, характерные для майонеза, с выраженными тонами горчицы и легкой кислинкой уксуса. Посторонние привкусы и запахи, в том числе горечь, отсутствуют.

Данные физико-химического анализа (см. табл. 2) свидетельствуют о достижении целевых параметров. При запланированном и равном с контролем содержании жира (~35%), ключевым отличием является статистически значимое увеличение массовой доли белка на 30% (3.9% против 3.0%). Это является прямым следствием введения высокобелковых ингредиентов – ИБС и сухого молока. Активная кислотность (pH 4.35) находится в оптимальном диапазоне, обеспечивающем как стабильность эмульсии, так и безопасность продукта. Показатели стойкости эмульсии (98.5%) и эффективной вязкости (25.1 Па·с) для опытного образца находятся на высоком уровне и всего на 1-2% уступают контрольному, что подтверждает эффективность подобранной комбинации эмульгаторов (ИБС + яичный порошок + горчица) и стабилизатора КМК.

Таблица 2. Физико-химические и структурно-механические показатели майонезов

Образец	Массовая доля, %			pH	Кислотность, %	Структурно-механические свойства	
	СВ	Белок	Жир			Стойкость эмульсии, %	Вязкость, Па·с
«Солнышко»	55,6	3,9	35,2	4,35	0,5-0,54	98,5	25,1
Контроль	40,4	3,0	35,5	4,2	0,6	100	20,5

Аминокислотный состав и скор. Результаты анализа (см. табл. 3) демонстрируют выраженное преимущество майонезного соуса «Солнышко».

Таблица 3. Аминокислотный скор (AAS) незаменимых аминокислот в майонезных соусах

Незаменимая аминокислота (НАК)	Аминокислотный скор (AAS), %		Примечание
	«Солнышко»	«Легкий» (Контроль)	
Валин	140.9	91.8	
Изолейцин	62.8	43.8	
Лейцин	147.4	95.3	BCAA = 75.5%
Лизин	171.3	111.3	Резко повышен
Метионин + Цистин	84.5	54.3	Лимитирующая НАК
Треонин	159.7	105.0	Резко повышен
Триптофан	174.0	116.0	Резко повышен
Фенилаланин + Тирозин	183.8	120.3	

Введение соевого белка привело к существенному увеличению скор по большинству незаменимых аминокислот. Так, скор по лизину вырос с 111.3% до 171.3%, по треонину – с 105.0% до 159.7%, по триптофану – с 116.0% до 174.0%. Это указывает на высокий потенциал продукта в компенсации возможного дефицита этих аминокислот в рационе. Лимитирующей аминокислотой, как и для многих растительных белков, является серосодержащая пара метионин+цистин, однако ее скор в новом продукте (84.5%) значительно выше, чем в контрольном (54.3%). Суммарный скор по ВСАА (валин, лейцин, изолейцин) составляет 75.5%, что свидетельствует о хорошем потенциале для поддержания мышечного метаболизма [11]. Таким образом, белок майонезного соуса «Солнышко» может быть охарактеризован как полноценный и сбалансированный.

Витаминный и минеральный состав. Как видно из табл. 4, введение обезжиренного молока и ИБС позволило обогатить продукт витаминами группы В. Содержание тиамина (В1) составило 0.36 мг%, рибофламина (В2) – 0.86 мг%, что несколько выше, чем в контрольном образце. Минеральный состав (натрий, кальций, калий, магний, железо) также был улучшен, что связано с естественным содержанием этих элементов в молочном и соевом сырье.

Таблица 4. Витаминный и минеральный состав майонезных соусов

Компонент	«Солнышко»	«Легкий» (Контроль)
Витамины, мг%:		
β-каротин	0.09	0.09
В1 (тиамин)	0.36	0.32
В2 (рибофлавин)	0.86	0.81
РР (ниацин)	0.21	0.21
Минеральные вещества, мг%:		
Натрий	0.60	0.60
Калий	0.78	0.78
Кальций	0.57	0.55
Магний	0.82	0.80
Железо	0.15	0.13

Содержание холестерина. Лабораторный анализ подтвердил, что уровень холестерина в майонезном соусе «Солнышко» находится в диапазоне 4.2 – 7.7 мг/100 г, что в 50 раз ниже, чем в традиционных майонезах на яичном желтке (порядка 200-400 мг/100 г). Это делает продукт безопасным для лиц, контролирующих уровень холестерина в крови.

Оценка биологической доступности белка.

Результаты исследования перевариваемости *in vitro* (см. рис. 2) показали, что белки майонезного соуса «Солнышко» более интенсивно гидролизуются ферментной системой пепсин-трипсин по сравнению с контролем.

Кинетика накопления тирозина свидетельствует о высокой доступности пептидных связей для протеаз. Конечная степень атакуемости составила 84.5-85.1%, что является отличным показателем, подтверждающим, что, несмотря на тепловую обработку, белки сохранили свою нативную структуру, доступную для пищеварительных ферментов, или были денатурированы в легкоусвояемую форму. Это косвенно указывает на высокую усвояемость белка нового продукта в организме человека.

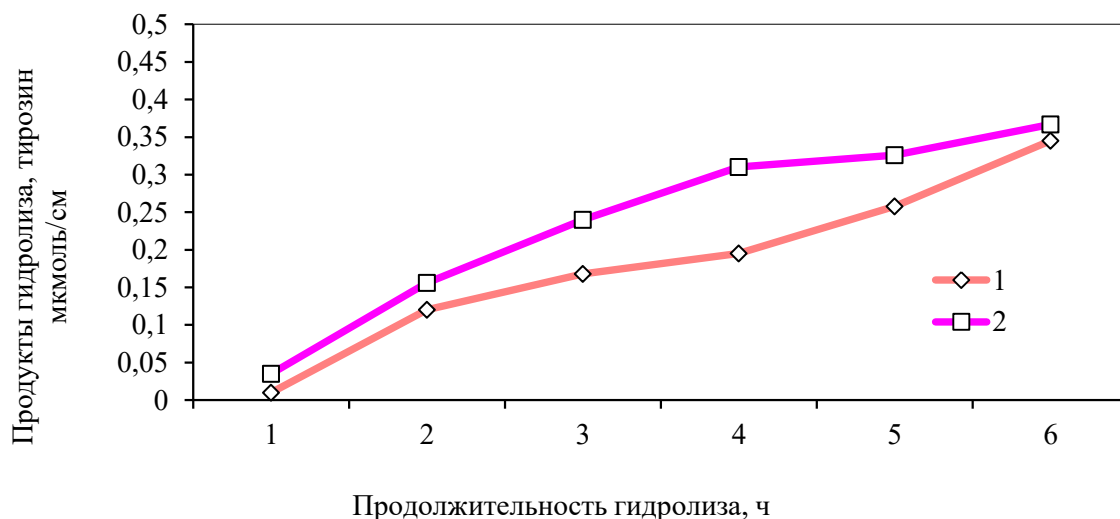


Рисунок 2. Атакуемость белков продуктов ферментами желудочно-кишечного тракта: 1 – майонезный соус «Легкий» (контроль), 2 – майонезный соус «Солнышко»

Микробиологическая безопасность и обоснование сроков хранения.

Микробиологическая безопасность образцов оценивалась по следующим показателям: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек (БГКП), патогенные микроорганизмы (в том числе сальмонеллы), дрожжи и плесневые грибы. Оценка проводилась на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (Прил. 1).

Установлено, что все исследованные образцы соответствовали указанным требованиям: КМАФАнМ не превышало 5×10^4 КОЕ/г, БГКП отсутствовали в 0,1 г продукта, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, отсутствовали в 25 г продукта, содержание дрожжей и плесеней не превышало 50 КОЕ/г [13].

Динамика ключевых показателей порчи в процессе хранения при 10°C представлена на рис. 3 и 4.

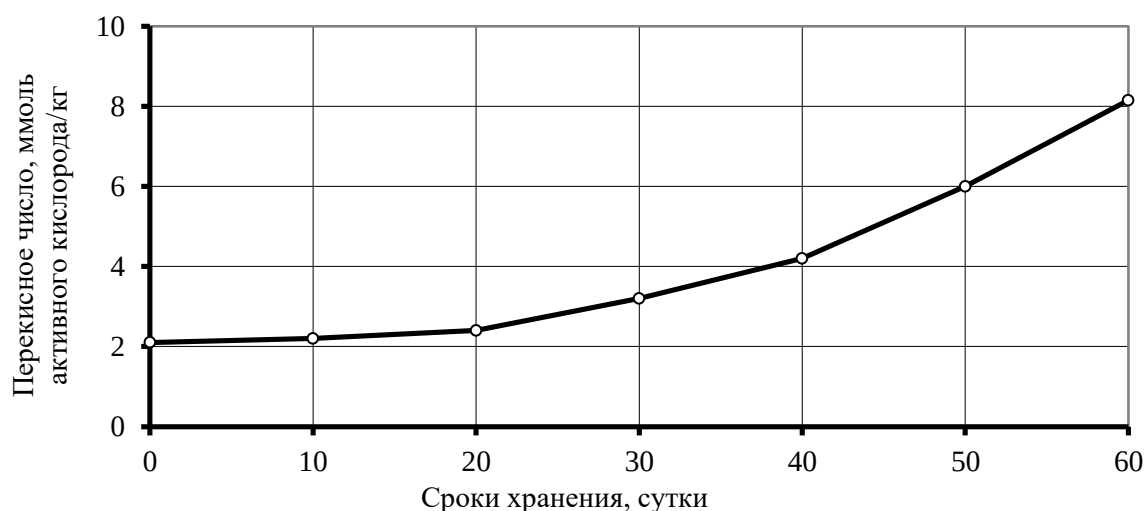


Рисунок 3. Влияние сроков хранения на перекисное число жировой фазы майонезного соуса «Солнышко»

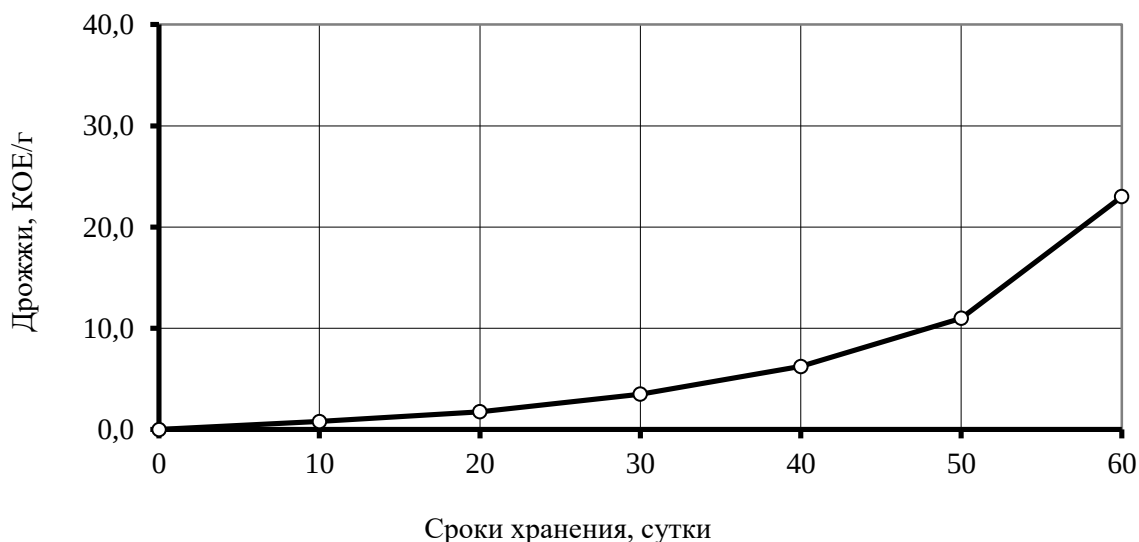


Рисунок 4. Влияние сроков хранения на накопление дрожжей в майонезном соусе «Солнышко»

Установлено, что перекисное число жировой фазы (показатель окислительной порчи жиров) медленно возрастает, но даже к 60-м суткам хранения не превышает предельно допустимого значения в 10 ммоль активного кислорода/кг, что свидетельствует об эффективности антиоксидантного действия компонентов рецептуры (токоферолы масла, витамин С) и защите, обеспечиваемой белковой оболочкой жировых глобул.

Количество дрожжей как основных микробиологических агентов порчи майонезов в кислой среде также остается ниже порогового значения в 25 КОЕ/г на протяжении 60 суток, что подтверждает эффективность пастеризации и консервирующего действия уксусной кислоты и соли.

На основании полученных данных гарантированный срок годности майонезного соуса «Солнышко» при температуре $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$ установлен в 60 суток.

Выводы

1. Научно обоснована и разработана рецептура функционального майонезного соуса «Солнышко» с массовой долей жира 35%, в которой 6% изолята соевого белка (ИБС) частично замещают яичный порошок. Введение ИБС в комбинации с сухим обезжиренным молоком и горчичным порошком позволило создать синергетическую систему эмульгаторов и структурообразователей.

2. Разработана и оптимизирована технологическая схема производства, включающая ключевые стадии: раздельное растворение и активацию белковых компонентов, двухстадийное эмульгирование (механическое и диспергационное) и пастеризацию, обеспечивающие стабильность и безопасность готового продукта.

3. Комплексная оценка показала, что майонезный соус «Солнышко» соответствует всем стандартным требованиям к майонезным соусам по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям, обладая при этом принципиально улучшенным пищевым профилем.

4. Доказано, что новый продукт обладает повышенной биологической ценностью: содержание белка увеличено на 30%; аминокислотный скор по большинству незаменимых аминокислот превышает 100% (лимитирующая – метионин+цистин, скор 84,5%); содержание холестерина снижено в 50 раз; продукт обогащен витаминами группы В.

5. Метод *in vitro* подтвердил высокую биологическую доступность белка разработанного майонезного соуса (атакуемость 84.5-85.1%).

6. Установлен гарантированный срок хранения продукта – 60 суток при температуре $(10\pm 2)^{\circ}\text{C}$, что подтверждено мониторингом перекисного числа и микробиологической обсемененности.

7. Разработанный майонезный соус «Солнышко» отвечает критериям продукта функционального питания и может быть рекомендован для широкого круга потребителей, в том числе для лиц, придерживающихся принципов здорового образа жизни, контролирующих уровень холестерина в крови и потребление животных жиров. На основании проведенных исследований планируется разработка комплекта технической документации (ТУ, ТИ, рецептура) для промышленного внедрения.

Критерий авторства

Все авторы в равной степени принимали участие в подготовке публикации.

Contribution

All authors contributed equally to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Список источников

1. Махмудов К. Повышение качества и расширение ассортимента майонеза // Инновационные решения в промышленной инженерии: сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2023. С. 117-119.

2. Хрипун И.А., Степанова В.Н. Биологическая ценность белков растительного происхождения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. №9. С. 44-48.

3. Лабеецкий, В.В., Феофилактова, О.В. Исследование реологических параметров эмульсионных соусов // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. Т. 15. № 3. С. 86-89.

4. Investigation of the structural and mechanical characteristics of mayonnaise with the addition of linseed oil / S. A. Bredikhin, A. N. Martekha, V. N. Andreev [et al.] // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference, Saratov, October 20–24, 2021. London: IOP Publishing Ltd, 2022. Article No. 012089.

5. Володина С.С., Липатова Л.П. Исследование мирового рынка готовых соусов промышленного производства // Инновации: перспективы, проблемы, достижения, Москва, 26 мая 2021 года. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2022. С. 22-25.

6. Цыганова Т.Б., Петрова В.В. Функционально-технологические свойства белковых препаратов из сои и их применение в пищевых системах // Пищевая промышленность. 2020. №5. С. 12-15.

7. Терёхина А.В., Желтоухова Е.Ю. Разработка майонеза, сбалансированного по жирнокислотному составу // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 123-128.

8. Терехина А.В., Желтоухова Е.Ю., Щербаков М.Н. Обоснование выбора рецептурных составляющих для производства майонезного соуса функционального назначения // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: VIII Международная научно-техническая конференция, Воронеж, 30 ноября 2022 года / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. С. 49-52.

9. Специализированные масложировые эмульсионные системы с пролонгированным хранением с CO₂ экстрактом бурой водоросли *Ascophyllum nodosum* / О.В. Табакаева,

А.В. Табакаев, Ю.В. Приходько, Т.В. Владыкина // Вестник КрасГАУ. 2024. №. 12. С. 160-167.

10. Жарова А.В., Кузнецова К.Н., Туркин В.Н. Анализ современного производства и рецептур майонезов и майонезных соусов с использованием различных пищевых добавок // Научные приоритеты развития АПК, лесного хозяйства и сферы гостеприимства, Рязань, 28 февраля – 28 марта 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 44-51.

11. Баурова Я.Д., Арисов А.В. Перспективы развития рецептурных составов соусов майонезных // Современная наука и инновации. 2022. № 4 (40). С. 217–227.

12. Влияние содержания природных антиоксидантов на срок годности майонеза / Ш. С. к. Гаипова, З. А. Хакимова, А. Т. Рузibaев [и др.] // Развитие современной науки и образования: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Пенза, 20 сентября 2022 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 14-16.

13. Оценка качества майонеза в процессе хранения. Динамика изменения показателя окислительной порчи жировой фазы майонеза в процессе хранения в комбинированных условиях / В. Н. Григорьева, Л. И. Тарасова, Т. Г. Тагиева, И. М. Завадская // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2022. № 1-2. С. 37-42.

References

1. Makhmudov K. Improving the quality and expanding the range of mayonnaise. Innovative solutions in industrial engineering: collection of materials of the international scientific and practical conference. Kursk, 2023, pp. 117-119.

2. Khripun I.A., Stepanova V.N. Biological value of plant-based proteins. Storage and processing of agricultural raw materials, 2018, no. 9, pp. 44-48.

3. Labetsky, V.V., Feofilaktova, O.V. Research of the rheological parameters of emulsion sauces. Food industry: science and technology, 2022, vol. 15, no. 3, pp. 86-89.

4. Investigation of the structural and mechanical characteristics of mayonnaise with the addition of linseed oil. S. A. Bredikhin, A. N. Martekha, V. N. Andreev [et al.]. Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference, Saratov, October 20–24, 2021. London: IOP Publishing Ltd, 2022. Article No. 012089.

5. Volodina S.S., Lipatova L.P. Research of the world market of ready-made sauces of industrial production. Innovations: prospects, problems, achievements, Moscow, May 26, 2021. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics, 2022, pp. 22-25.

6. Tsyganova T.B., Petrova V.V. Functional and technological properties of protein preparations from soy and their use in food systems. Food Industry, 2020, no. 5, pp. 12-15.

7. Terekhina A.V., Zheltoukhova E.Y. Development of mayonnaise balanced in fatty acid composition. Polzunovsky bulletin, 2023, no. 1, pp. 123-128.

8. Terekhina A.V., Zheltoukhova E.Yu., Shcherbakov M.N. Justification of the choice of prescription ingredients for the production of functional mayonnaise sauce. Innovative technologies in the food industry: science, education and production: VIII International Scientific and Technical Conference, Voronezh, November 30, 2022. Voronezh State University of Engineering Technology. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies, 2023, pp. 49-52.

9. Specialized fat and oil emulsion systems with prolonged storage with CO₂ extract of brown algae *Ascophyllum nodosum*. O.V. Tabakaeva, A.V. Tabakaev, Yu.V. Prikhodko, T.V. Vladykina. Bulletin of KrasSAU, 2024, ,no. 12, pp. 160-167.

10. Zharova A.V., Kuznetsova K.N., Turkin V.N. Analysis of modern production and formulations of mayonnaise and mayonnaise sauces using various food additives. Scientific priorities for the development of agriculture, forestry and hospitality, Ryazan, February 28 – March 28, 2023. Ministry of Agriculture of the Russian Federation Federal State Budgetary educational institution of

higher education «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev». Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2023, pp. 44-51.

11. Baurova Ya.D., Arisov A.V. Prospects for the development of prescription formulations of mayonnaise sauces. Modern science and innovation, 2022, no. 4 (40), pp. 217-227.

12. The effect of the content of natural antioxidants on the shelf life of mayonnaise. S. S. K. Gaipova, Z. A. Khakimova, A. T. Ruzibaev [et al.]. Development of modern science and education: current issues, achievements and innovations: Collection of articles of the IV International Scientific and Practical Conference, Penza, September 20, 2022. Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.) Publ., 2022, pp. 14-16.

13. Evaluation of the quality of mayonnaise during storage. Dynamics of changes in the oxidative damage index of the fatty phase of mayonnaise during storage under combined conditions. V. N. Grigorieva, L. I. Tarasova, T. G. Tagieva, I. M. Zavadskaya. Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats, 2022, no. 1-2, pp. 37-42.

Информация об авторах

С.Ю. Чурикова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 438-39-61, e-mail: sveta-ch-vz@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9210-9852; eLIBRARY SPIN 3298-6601;

В.И. Манжесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 465-09-32, e-mail: mavik62_62@mail.ru, ORCID 0000-000-0002-0468-8821; eLIBRARY SPIN 9697-8041.

Information about the authors

S.Yu. Churikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Storage and Processing Technology of Agricultural Products, phone: +7 (920) 438-39-61, e-mail: sveta-ch-vz@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9210-9852; eLIBRARY SPIN 3298-6601;

V.I. Manzhesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Storage and Processing Technology of Agricultural Products, phone: +7 (920) 465-09-32, e-mail: mavik62_62@mail.ru, ORCID 0000-000-0002-0468-8821; eLIBRARY SPIN 9697-8041.

*Поступила в редакцию: 26.01.2026; принята после рецензирования: 27.02.2026;
принята к публикации: 03.03.2026.*

Received: 26.01.2026; revised: 27.02.2026; accepted: 03.03.2026.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 633.63:631.559.2:470.51

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-88-96

ОСОБЕННОСТИ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Гулидова Валентина Андреевна^{1✉}, Дубровина Ольга Алексеевна¹

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,

Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

guli49@yandex.ru[✉]

Аннотация. Почвы, на которых можно выращивать сахарную свеклу, имеют сильное ограничение по плодородию. Магистральным путем увеличения валовых сборов ее в Тульской области является рост урожайности и повышение технологических качеств корнеплодов за счет интенсификации, главным образом, внедрения в производство высокоурожайных современных гибридов сахарной свеклы. Для этого целесообразно проводить производственное испытание новых современных гибридов, чтобы выявить более продуктивные и лучшие всего адаптированные к местным почвенно-климатическим условиям. Цель исследований состояла в выявлении высокопродуктивных гибридов сахарной свеклы, обеспечивающих наибольший выход качественного сахара и имеющих высокую адаптацию для выращивания на черноземных почвах в условия юго-восточной части Тульской области. В данной статье приводится сравнительная характеристика четырех гибридов (Кайман, Скаут, Крокодил, Леопард) сахарной свеклы компании ООО «Сесвандерхаве», возделываемых в Тульской области. Хозяйственная ценность гибридов определялась их продуктивностью и содержанием сахарозы в корнеплодах. Все изучаемые гибриды в условиях Тульской области показали высокую урожайность, в среднем по гибридам она в 2024 году составила 37,62 т/га, в 2025 г. – 45,35 т/га. Но даже среди них выделился гибрид с более высокой продуктивностью – это Крокодил. В среднем за два года его продуктивность составила 43,89 т/га с содержанием сахара в корнеплодах 18,02%. Наименьшую урожайность показал гибрид Кайман (39,35 т/га), хотя содержание сахара в корнеплодах было относительно высоким (16,83%). По валовому выходу сахара с единицы площади отличились гибриды Скаут, Крокодил, Леопард. Расчетный выход биологического сахара составил 7,18; 7,91 и 7,23 т/га соответственно. Все изучаемые гибриды устойчивы к церкоспорозу.

Ключевые слова: сахарная свекла, корнеплод, гибриды, листовой аппарат, урожайность, сахаристость

Для цитирования: Гулидова В.А., Дубровина О.А. Особенности роста, развития и продуктивность гибридов сахарной свеклы как показатель их производственной оценки в условиях юго-востока Тульской области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 88-96. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-88-96>.

Права: © В.А. Гулидова, О.А. Дубровина (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

FEATURES OF GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF SUGAR BEET HYBRIDS AS AN INDICATOR OF THEIR PRODUCTION EVALUATION IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF THE TULA REGION

Valentina A. Gulidova^{1✉}, Olga A. Dubrovina¹

¹Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia
guli49@yandex.ru[✉]

Abstract. The soils on which sugar beets can be grown have a strong fertility limitation. The main way to increase its gross yields in the Tula region is to increase yields and improve the technological qualities of root crops due to the intensification, mainly through the introduction of high-yielding modern sugar beet hybrids into production. To this end, it is advisable to conduct field trials of new modern hybrids to identify those that are more productive and best adapted to local soil and climate conditions. The goal of the research was to identify high-yielding sugar beet hybrids that provide the highest yield of high-quality sugar and are highly adaptable to cultivation in black soils in the southeastern Tula region. This article presents a comparative analysis of four sugar beet hybrids (Cayman, Scout, Crocodile, and Leopard) grown by Sessvanderhave LLC in the Tula region. The hybrids' economic value was determined by their productivity and sucrose content in the roots. All the hybrids studied demonstrated high yields in the Tula region, with the average yield for the hybrids reaching 37.62 t/ha in 2024 and 45.35 t/ha in 2025. However, even among them, one hybrid stood out as having a higher productivity: Crocodile. Its average yield over two years was 43.89 t/ha, with a root sugar content of 18.02%. The Cayman hybrid demonstrated the lowest yield (39.35 t/ha), despite relatively high sugar content in the roots (16.83%). The Scout, Crocodile, and Leopard hybrids excelled in terms of gross sugar yield per unit area. The estimated biological sugar yield was 7.18, 7.91, and 7.23 t/ha, respectively. All hybrids studied were resistant to cercospora leaf spot.

Keywords: sugar beet, root crop, hybrids, leaf apparatus, yield, sugar content

For citation: Gulidova V.A., Dubrovina O.A. Features of growth, development and productivity of sugar beet hybrids as an indicator of their production evaluation in the conditions of the south-east of the Tula region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 88-96. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-88-96>.

Copyright: © V.A. Gulidova, O.A. Dubrovina (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Для России аграрное производство является одним из главных направлений и одним из стратегических секторов АПК Российской Федерации, так что устойчивость и результативность свеклосахарного подкомплекса является актуальной задачей [1, 2, 3].

На сегодняшний день в полевом севообороте сахарная свекла занимает от 10 до 30% площади севооборота, что делает ее системообразующим фактором. Культура маржинальная, одна из самых доходных, хотя и трудоёмкая и затратная в возделывании [4, 5]. По оценке ИКАР, в 2024 году в свеклосеющих хозяйствах, соблюдающих все элементы современной агротехнологии, с учетом амортизации и транспортировки сахарной свеклы на переработку издержки составляли 155-170 тыс. руб. без НДС на 1 га [6].

Сахар – многоцелевой продукт питания для человека, неотъемлемый компонент кондитерского, плодоовощеконсервного, макаронного и других видов производства. Его используют и для изготовления ферментов. Для животноводства сахарная свекла даёт ценные побочные продукты: ботву, мелассу, жом, используемые в качестве корма.

Целесообразность выращивания свеклы определяется положительным влиянием свекловичного севооборота на возделывание многих сельскохозяйственных культур. Традиционными зонами свеклосеяния в России являются Центральный федеральный округ (ЦФО), Поволжский федеральный округ (ПФО), Южный федеральный округ (ЮФО), в которых сосредоточено 95% всего свеклосахарного производства страны [7]. В этих округа почвенно-климатические условия не все одинаковы благоприятны для выращивания сахароносной культуры. Среди регионов России только 18 областей можно выделить как благоприятные географические зоны свеклосеяния, но только 8 регионов являются лидерами по производ-

ству сахарной свеклы и сахара в России. Лидером по размерам посевных площадей сахарной свеклы является Краснодарский край (более 188 тыс.га), в четверку лидеров по размеру занятых сахарной свеклой полей свыше 100 тыс.га входят Воронежская область, Липецкая, Тамбовская и Курская, также Пензенская область и Республика Татарстан [8]. Эти регионы являются главными для свеклосахарного подкомплекса АПК. Но даже в этих благоприятных регионах прослеживается высокая зависимость отрасли от природно-климатических условий, что является одной из причин варьирования объемов производства сахарной свеклы. Аграрии вынуждены компенсировать климатические риски за счёт агротехники и подбора соответствующих сортов и гибридов для возделывания. Для каждой свеклосеющей зоны требуются свои сорта и гибриды, которые имеют свои отличительные особенности [9, 10].

Применение современных инновационных агротехнических приемов и внедрение высокопродуктивных гибридов иностранной селекции обеспечили значительный рост продуктивности предприятий свеклосахарного подкомплекса, способствуя полной самообеспеченности российского рынка сахаром и расширению экспортных поставок продукции переработки сахарной свеклы.

В настоящее время трендами в семеноводстве сахарной свеклы России являются иностранные гибриды. Одна из главных причин их востребованности – это высокая урожайность [11]. Например, в 2023 году средняя урожайность отечественных гибридов в Орловской, Белгородской, Курской и Тамбовской областях составила 59,0 т/га, зарубежных гибридов – 60,6 т/га. Но иностранные гибриды по содержанию сахарозы в корнеплодах уступают российским гибридам – 18,41 против 17,85%. Кроме того, гибриды иностранной селекции в природно-климатических условиях России в большей степени подвержены заболеваниям, особенно церкоспорозу, у них пониженный порог хранения в кагатах [12].

Повышение объемов отечественного производства сахара представляется возможным не только посредством экстенсивного роста посевных площадей под сахарную свеклу, но также путем интенсификации агротехнологии, направленной на увеличение продуктивности культуры и повышение технологического коэффициента извлечения сахара из корнеплодов. Урожайность должна возрасти в диапазоне 1,5-2-кратного уровня, а коэффициент экстрагирования сахара с единицы исходного сырья целесообразно увеличить на 20-30%. Данный эффект предполагается достигнуть главным образом благодаря внедрению селекционно улучшенных высокоэффективных технологичных гибридов сахарной свеклы.

Цель исследований – выявление высокопродуктивных гибридов сахарной свеклы, обеспечивающих наибольший выход качественного сахара и имеющих высокую адаптацию для выращивания на черноземных почвах в условия юго-восточной части Тульской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на полях в хозяйстве ООО «Колхоз имени Суворова» в течение 2024-2025 гг. Хозяйство находилось в Тульской области Ефремовский район, с. Кугушевские Выселки.

Объектами исследований были 4 гибрида сахарной свеклы: Кайман, Скаут, Крокодил, Леопард.

Предмет исследования – рост, развитие и продуктивность гибридов сахарной свёклы.

Все гибриды относились к одной компании ООО «Сесвандерхаве» (Бельгия). Выбор объектов исследования был обоснован тем, что гибриды продуктивны, эффективно реализуют свой генетический потенциал, хорошо адаптируются к различным почвенно-климатическим условиям, имеют улучшенный габитус и архитектуру листового аппарата, оптимальную форму корнеплода и хорошую комбинацию устойчивости к заболеваниям сахарной свеклы. Все исследуемые гибриды, кроме Скаут, не включены в Государственный реестр селекционных достижений по Центральному (третьему) региону РФ, куда относится Тульская область, но в хозяйствах этого региона они пользуются спросом. Удобрения (NPK) вносились в расчетных дозах на планируемую урожайность 50 т/га. Норма высева семян составляла 130 тыс. на га. Посев сахарной свеклы провели 25 апреля. Уборку делянок проводи-

ли 20 августа. Количество рядков в опытной делянке было 12 штук, что соответствовало одному проходу свекловичной 12-ти рядковой сеялки «Монопилл». Площадь делянки имела вариацию от 0,360 до 0,365 га, что соответствовало ошибке опыта при выращивании пропашных культур.

В процессе исследований проводились основные и сопутствующие учеты и наблюдения по общепринятой в агрономической науке методике закладки и проведения полевых опытов [13].

Результаты исследований и их обсуждение

Для посева семена сахарной свеклы были представлены в виде драже. Компания ООО «Сесвандерхаве» продает в России драже с новой рецептурой подготовки NEW. Технология NEW – это метод протравливания семян сахарной свеклы, который активизирует прорастания семени и способствует получению ранних дружных всходов, быстрое развитие растений вплоть до смыкания рядков. В этом драже содержится новый набор микроэлементов. Микроэлементы специально подобраны и изменены под почвы России. Рецептура NEW обеспечивает быструю доступность для семян на начальных этапах развития питательных веществ и влаги, способствует ускоренному развитию корневой системы и позволяет снизить негативный стресс во время применения гербицидов.

В наших исследованиях густоту насаждений (т.е. количество растений на 1 га посева сахарной свеклы) определяли 30 мая (см. табл.1). Отмечаем, что густота стояния растений сахарной свеклы была от 122 до 127 тыс. штук на га. Всхожесть семян была высокой и составила от 93,8 до 97,7 %. В разрезе по гибридам наибольшее количество всходов было у Кайман – 127 тыс. шт./га (97,7%), наименьшая у Скаут – 122 тыс. шт./га (93,8%). У остальных гибридов количество всходов сахарной свеклы варьировало от 124 до 125 тыс. штук на га. Различная густота насаждений оказала прямое влияние на продуктивность как отдельных корнеплодов, так и на урожайность гибрида в целом.

Таблица 1. Густота различных гибридов в опыте

№ п/п	Гибрид	Норма посева, тыс. шт./га	Густота тыс. шт/га	Всхожесть, %
1	Кайман	130	127	97,7
2	Скаут	130	122	93,8
3	Крокодил	130	125	96,2
4	Леопард	130	124	95,4

Так как семена свеклы содержат ограниченное количество питательных веществ из-за своей малой массы, то процесс прорастания до появления ассимилирующих листьев должен протекать быстро. В исследованиях учитывали нарастание листового аппарата (ботвы) в динамике. Ботва сахарной свеклы состоит из листьев, которые в свою очередь состоят из листовой пластинки и черешка. Через 6-8 дней в наших опытах после всходов отмечалось образование первой пары настоящих листьев. Листья образуют розетку. Измерения нарастания надземной массы сахарной свеклы в опыте начали спустя 25 дней после всходов. Анализ приведенных данных показывает (см. табл.2), что для сахарной свеклы важнейшим сортовым признаком является интенсивность нарастания ассимилирующих листьев у растений.

Таблица 2. Динамика нарастания листового аппарата различными гибридами
(в среднем за два года)

Гибрид	Нарастание листьев (ботвы), г			
	25 июня	7 июля	16 июля	1 августа
Кайман	132	141	181	183
Скаут	107	180	182	175
Крокодил	101	156	199	120
Леопард	110	170	165	132
Среднее по гибридам	112,5	161,8	181,8	152,5

На первую дату учета (25 июня) наибольший листовой аппарат сформировался у гибрида Кайман 132 г, наименьший – у гибрида среднепоздней группы спелости нормально-сахаристого направления Крокодил (101 г). На вторую дату учета (7 июля) растения сахарной свеклы продолжали наращивать листовой аппарат, но с разной интенсивностью. Кайман увеличил прирост ботва у каждого растения на 9 г, Скаут – на 73 г, Крокодил – на 55 г, Леопард – на 60 г. На 16 июля (третья дата учета) общая масса ботвы составляла 181 г у гибрида Кайман, Скаут – 182 г, Крокодил – 199 г, Леопард -165 г. Масса листьев, достигнув максимума на 16 июля, затем начинала уменьшаться (1 августа). При этом в начале вегетации масса листьев значительно превышала массу корнеплода, а к концу вегетации все наоборот: масса листьев, как правило, уступала массе корнеплода.

К дате последнего учета (1 августа) у всех изучаемых гибридов, кроме Каймана, произошло уменьшение нарастания листового аппарата, часть листьев начала отмирать. Листья отмирали неравномерно. В зависимости от агротехники и условий увлажнения во время вегетационного периода растение сахарной свеклы способно сбрасывать до уборки старых листьев от 60 до 70%. [13]. Сокращение массы листового аппарата в разрезе по гибридам составило: Скаут – 7 г, Крокодил – 79 г, Леопард – 33 г. У гибрида среднеспелой группы и нормального назначения Кайман в наших исследованиях не зафиксировано резкого отмирания или сокращения листового аппарата на последнюю дату учета (1 августа). Только темпы его прироста замедлились и составили всего 2 г. К уборке гибриды Кайман и Леопард сформировали полу-прямостоячую розетку листьев, Крокодил – близко к прямостоячей и Скаут полу-раскидистую.

Масса корнеплода у растений сахарной свеклы в течение всего вегетационного периода нарастает непрерывно до уборки. В 1-й год жизни у сахарной свеклы образуется утолщенный корнеплод с розеткой из прикорневых черешковых листьев, насчитывающих от 50 до 90 штук. Поверхностная площадь листьев на одном растении может составлять около 3 м². Одновременно с ростом листового аппарата растет и стержневой корень (корнеплод). Молодой корешок покрыт кожицей в один слой, из клеток которой вырастают корневые волоски, предназначенные для усвоения воды и питательных веществ из почвенного раствора. Корни взрослого растения 1-го года жизни имеют длинные корневые волоски (до 3мм), достигают глубины 3м и ответвления в боковые стороны в среднем до 60 см, но бывает и дальше (100-120 см).

Корнеплод взрослого растения сахарной свеклы отличается разнообразием форм. Это не только селекционный признак, но и различия зависят от условий выращивания и агротехники. Сортные особенности определяют генетически заложенную форму корнеплода, а условия среды влияют на развитие корневой системы. Разнообразие форм корнеплодов сахарной свеклы позволяет селекционерам выбирать оптимальные варианты для конкретных регионов и целей производства.

Все изучаемые гибриды имели корнеплод конической формы. Окраска уборочного корнеплода белая, мякоть плотная. На разрезе корнеплод сахарной свеклы состоит из кон-

центрических колец, число которых колеблется от 8 до 12 и зависит от формы и гибридов (сортов) культуры и целевого использования. В наших исследованиях у нормально-сахаристых гибридов – Крокодил и Леопард число колец на 1 см радиуса корня составляло 3,3 штук. Их насчитывалось больше, и располагаются они более плотно, чем у гибридов нормального направления – Кайман и Скаут (3,0).

Несмотря на мощное развитие корневой системы, масса ее составляет всего 6,7% от массы всего растения, тогда как на долю главного корня, вместилща сахарозы, приходится 71% и на долю листьев 22, 3% массы всего растения. Интенсивность нарастания стержневого корня (корнеплода) различными гибридами в динамике представлена в табл. 3.

Для полной объективной оценки нового сорта или гибрида сахарной свеклы требуется ряд показателей: высокая продуктивность, качество выращиваемой продукции, устойчивость к действию абиотических и биотических факторов на уровне агроценоза культуры.

Таблица 3. Интенсивность нарастания корнеплода различных гибридов в динамике

Гибрид	Прирост корнеплода, г			
	25 июня	7 июля	16 июля	1 августа
Кайман	79	154	223	310
Скаут	87	171	284	314
Крокодил	85	240	290	369
Леопард	77	201	304	355
Среднее по гибридам	82	192	275	337

В хозяйстве ООО «Колхоз имени Суворова» уборка сахарной свеклы по времени занимает не менее одного месяца. В наших исследованиях гибриды были двух групп спелости: среднеспелые (Кайман, Скаут) и среднепоздние (Крокодил, Леопард). С гибридов нормального типа Кайман и Скаут начали уборку и убрали их одновременно. Среди этих гибридов наиболее высокая урожайность была получена у гибрида Скаут (40,13 т/га). Это на 0,78 т/га больше, чем у гибрида Кайман (табл.4). Гибрид Кайман отличился самой низкой продуктивностью среди исследуемых гибридов. Это связано не только с генетическими особенностями, но вероятно и повлиял еще тот фактор, что у этого гибрида в опыте была самая высокая плотность растений на единицу площади. Исследования показали, что снижение урожайности при густоте стояния более 95 000 растений/га вызывается конкуренцией за свет и высоким отношением листовой поверхности к корнеплодам.

Таблица 4. Урожайность корнеплодов различных гибридов сахарной свеклы

№ п/п	Гибрид	Урожайность, т/га		Среднее за 2 года
		2024 г.	2025 г.	
1	Кайман	35,72	42,98	39,35
2	Скаут	36,43	43,83	40,13
3	Крокодил	39,77	48,00	43,89
4	Леопард	38,55	46,57	42,56
	НСР ₀₅	2,31	1,50	

Гибриды Крокодил и Леопард убрали после того, как закончили уборку гибридов Кайман и Скаут. Наибольшая продуктивность была получена при выращивании гибрида Крокодил – 43,89 т/га в среднем за два года. Леопард уступал по продуктивности гибриду Крокодил в течение всех лет изучения: в 2024 г. – на 1,22 т/га (НСР₀₅ 2,31 т/га), в 2025 г. – на 1,43 т/га (НСР₀₅ 1,50 т/га). Содержание сахарозы в корнеплодах гибрида Крокодил в среднем

за два года составило 18,02 %, что было одним из самых высоких. Крокодил более универсальный в выборе срока уборки, он подходит как для средних, так и поздних сроков.

В наших исследованиях общая загрязненность (ОЗ) корнеплодов была низкой, она варьировала от 2,8% (гибриды Кайман и Крокодил) до 2,4% (Леопард). Загрязненность определяли, когда продукцию транспортировали на сахарный завод. Отбор образцов для определения загрязненности и сахаристости проводили по ГОСТу 17421-82 «Свекла сахарная для промышленной переработки». Сахарная свекла была без ботвы, так как несрезанная ботва очень сильно влияет на выход и качество свекловичного сока. Отсутствие остатков ботвы на корнеплодах связано не только с регулировками уборочной техники и качеством уборки, но с уровнем погружения корнеплодов в почву. Меньше всего в почву были погружены корнеплоды гибрида Крокодил (70-80%), Скаут – на 80-95%, Кайман – на 75-85% и Леопард – на 80-85%. Отсутствовали и комья земли, так как погода для уборки, особенно в сентябре, была благоприятная, осадки не выпадали, особенно этим отличился 2025 год.

Выводы

1. Наибольшая продуктивность была получена при возделывании гибрида Крокодил – 43,89 т/га с содержанием сахара в корнеплодах 18,02%. Наименьшая урожайность была у гибрида Кайман (39,35 т/га), хотя содержание сахара в корнеплодах было относительно высоким (16,83%).

2. По валовому выходу сахара с единицы площади отличились гибриды Скаут, Крокодил, Леопард. Расчетный выход сахара составил 7,18; 7,91 и 7,23 т/га. Все изучаемые гибриды устойчивы к церкоспорозу.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации

Contribution

All authors have made an equivalent (equal) contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest

Список источников

1. Зюкин Д.А., Святова О.В. Производство сахарной свеклы в России: регионы-лидеры и факторы влияния // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С.147-152.
2. Мониторинг рынка сахара / Е.Ю. Калиничева, М.Н. Уварова, Н.А. Кустова, Л.Н. Жилина // Вестник аграрной науки. 2022. № 1 (94). С. 85-90.
3. Гулидова В. А. Сравнительная продуктивность и поражаемость корнеплодов корневыми гнилями лучших иностранных гибридов сахарной свёклы в почвенно-климатических условиях Липецкой области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(60). С. 77-84.
4. Гулидова В. А. Гибриды сахарной свеклы фирмы Florimond Desprez на Липецких полях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 11(205). С. 5-12.
5. Гулидова В. А. Сравнительное изучение современных гибридов сахарной свёклы в условиях типичной лесостепи Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 2(69). С. 51-56.

6. Иванов Е.В. Предварительные итоги свеклосахарной кампании-2023 // Сахарная свекла. 2024. № 1. С. 2-7.
7. Отинова М.Е., Сальникова Е.В., Чернышева И.И. Изучение тенденций развития региональных рынков сахара РФ // Сахарная свекла. 2024. № 1. С.13-17.
8. Сравнительная оценка результативности выращивания сахарной свеклы в регионах Черноземья и Приволжья / О.В. Святова, С.В. Малахова, Е.Г. Александрова, Д.А. Зюкин // Сахарная свекла. 2024. №5. С.7-11.
9. Гулидова В. А. Качество корнеплодов и выход сахара при возделывании современных гибридов сахарной свеклы компании Sesevanderhave на полях Липецкой области // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 11–16.
10. Гулидова В.А., Захаров В.Л. Продуктивность перспективных гибридов сахарной свеклы в условиях Липецкой области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 5 (235). С. 18-25.
11. Гулидова В.А. Продуктивность гибридов Betaseed в условиях Липецкой области // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С.43-50.
12. Сычёва И.В., Сычёв С.М., Осипов А.А. Оценка распространённости болезней на гибридах сахарной свеклы // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2 (102). С. 31-36.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / 6-е изд., стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 351 с.

References

1. Zyukin D.A., Svyatova O.V. Sugar beet production in Russia: leading regions and influencing factors. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2023, no. 3, pp.147-152.
2. Monitoring of the sugar market. E.Y. Kalinicheva, M.N. Uvarova, N.A. Kustova, L.N. Zhilina. Bulletin of Agrarian Science, 2022, no. 1 (94), pp. 85-90.
3. Gulidova V. A. Comparative productivity and root rot damage of the best foreign sugar beet hybrids in the soil and climatic conditions of the Lipetsk region. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2022, no. 4(60), pp. 77-84.
4. Gulidova V. A. Hybrids of Florimond Desprez sugar beet in Lipetsk fields. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2021, no. 11(205), pp. 5-12.
5. Gulidova V. A. Comparative study of modern sugar beet hybrids in the conditions of a typical forest steppe of the Central Chernozem region. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University, 2021, vol. 14, no. 2(69), pp. 51-56.
6. Ivanov E.V. Preliminary results of the sugar beet campaign-2023. Sugar beet, 2024, no. 1, pp. 2-7.
7. Otinova M.E., Salnikova E.V., Chernysheva I.I. Study of trends in the development of regional sugar markets of the Russian Federation. Sugar beet, 2024, no. 1, pp.13-17.
8. Comparative assessment of the effectiveness of sugar beet cultivation in the regions of the Black Soil region and the Volga region / O.V. Svyatova, S.V. Malakhova, E.G. Alexandrova, D.A. Zyukin. Sugar beet, 2024, no. 5, pp.7-11.
9. Gulidova V. A. The quality of root crops and sugar yield in the cultivation of modern Sesevanderhave sugar beet hybrids in the fields of the Lipetsk region. Agricultural Scientific Journal, 2023, no. 1, pp. 11-16.
10. Gulidova V.A., Zakharov V.L. Productivity of promising sugar beet hybrids in the Lipetsk region. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2024, no. 5 (235), pp. 18-25.
11. Gulidova V.A. Productivity of Betaseed hybrids in the Lipetsk region. Bulletin of KrasSAU, 2022, no. 5, pp.43-50.
12. Sycheva I.V., Sychev S.M., Osipov A.A. Assessment of the prevalence of diseases in sugar beet hybrids. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy, 2024, no. 2 (102), pp. 31-36.
13. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research): textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties. 6th ed., erased, reprinted from the 5th ed. 1985. Moscow: Alliance Publ., 2011. 351 p.

Информация об авторах

В.А. Гулидова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (920) 244-47-15, e-mail: guli49@yandex.ru; ORCID 0000-0001-7585-0956; eLIBRARY SPIN 6368-1625;

О.А. Дубровина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (951) 307-55-11, e-mail: laboratoria101@mail.ru; ORCID 0000-0002-3584-409X; eLIBRARY SPIN 7923-0804.

Information about the authors

V.A. Gulidova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products, phone: +7 (920) 244-47-15, e-mail: guli49@yandex.ru; ORCID 0000-0001-7585-0956; eLIBRARY SPIN 6368-1625;

O.A. Dubrovina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products, phone: +7 (951) 307-55-11, e-mail: laboratoria101@mail.ru; ORCID 0000-0002-3584-409X; eLIBRARY SPIN 7923-0804.

*Поступила в редакцию: 20.01.2026; принята после рецензирования: 24.02.2026;
принята к публикации: 05.03.2026.*

Received: 20.01.2026; revised: 24.02.2026; accepted: 05.03.2026.

Научная статья

УДК 631.816.12; 631.816.355

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-97-104

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Скрылев Алексей Анатольевич

Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, 393774, Россия, Тамбовская область,
г. Мичуринск, ул. Мичурина, д. 30
skrylevaa@gmail.com

Аннотация. Интенсификация современного садоводства предусматривает управление урожайностью плодовых и ягодных культур независимо от условий вегетационного периода. В данной статье представлены результаты эффективного применения листовых подкормок в промышленных насаждениях Тамбовской области в условиях вегетационных периодов 2022 года и 2023 года. Некорневая подкормка растений проводилась с помощью бензинового опрыскивателя STIHL SR 450 двукратно за вегетационный период: первая обработка была проведена перед цветением (BBCH 51-55); а последующая – в начале образования завязи (BBCH 69-72) с расходом рабочего раствора – 800 л/га. Погодные условия вегетационных периодов за время проведения исследований характеризовались неравномерным выпадением осадков и значительными колебаниями температур. Применение SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ в течение нескольких вегетационных периодов позволила достичь накопительного эффекта от данного агроприема. Оценка применения SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ позволила установить положительное действие данного удобрения на урожайность ягодных культур: так, в условиях вегетационного периода 2022 года при норме расхода данного удобрения 10 кг/га расчетная урожайность составила 5,2 т/га, а при норме расхода 20 кг/га – 6,3 т/га (при 3,8 т/га в контрольном варианте). Содержание нитратов в ягодах при применении агрохимиката оставалось в пределах ПДК – 100 мг/кг.

Ключевые слова: подкормки, удобрения, эффективность, урожайность

Для цитирования: Скрылев А.А. Применение комплексных минеральных удобрений в промышленных насаждениях Тамбовской области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 97-104. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-97-104>.

Права: © А.А. Скрылев (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

Original article

APPLICATION OF COMPLEX MINERAL FERTILIZERS IN INDUSTRIAL PLANTS OF THE TAMBOV REGION

Alexey A. Skryljov

¹Michurin Federal Scientific Center, 30 Michurin, Michurinsk, Tambov region, 393774, Russia
skrylevaa@gmail.com

Abstract. The intensification of modern horticulture also involves managing the yield of fruit and berry crops regardless of the conditions of the growing season. This article presents the results of the effective use of foliar feeding in industrial crops of the Tambov region during the growing seasons of 2022 and 2023. Foliar feeding was performed twice during the growing season using a STIHL SR 450 gasoline sprayer: the first treatment was carried out before flowering (BBCH 51-55), and the subsequent one – at the beginning of ovary formation (BBCH 69-72) with a working solution consumption rate of 800 l/ha. Weather conditions during the growing seasons during the study were characterized by uneven precipitation and significant temperature fluctuations. The use of SOLAR NPK micro Final NPK 12:6:36+2.5MgO+ME over several growing seasons has resulted in a cumulative effect from this agricultural technique. An evaluation of the use of SOLAR NPK micro Final NPK 12:6:36+2.5MgO+ME has demonstrated a positive effect of this fertilizer on the yield of berry crops: for example, during the 2022 growing season, with a fertilizer application

rate of 10 kg/ha, the estimated yield was 5.2 t/ha, and with an application rate of 20 kg/ha, it was 6.3 t/ha (compared to 3.8 t/ha in the control variant). The nitrate content in berries remained within the MAC limits of 100 mg/kg when using the agrochemical.

Keywords: top dressing, fertilizers, efficiency, yield

For citation: Skryljov A.A. Application of complex mineral fertilizers in industrial plants of the Tambov region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 97-104. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-97-104>.

Copyright: © A.A. Skryljov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under CC BY License 4.0.

Введение

Снижение урожайности в промышленных насаждениях ягодных культур – это многофакторная проблема, требующая современного системного подхода к диагностике и профилактике. Одними из основных принципов сохранения высокой продуктивности являются поддержание плодородия почвы; соблюдение требований агротехники в насаждениях, а также комплексная защита от биотических и абиотических стрессов и постоянный мониторинг состояния растений.

Интенсификация современного садоводства предусматривает также управление урожайностью плодовых и ягодных культур независимо от условий вегетационного периода. Для достижения данной цели необходимо использовать все агротехнологические приемы возделывания культур: использование современных высокопродуктивных сортов, оптимизация размещения в насаждениях, направленное применение систем минерального питания и защиты растений от основных болезней и вредителей, капельного орошения, и т.д. [1].

Процесс оптимизации системы питания плодовых и ягодных растений предполагает применение удобрений в соответствии с комплексом диагностических параметров, характерных для конкретных почвенно-климатических условий и генетических особенностей сортов плодовых культур [2].

Большое количество комплексных удобрений, различающихся по форме, содержанию микроэлементов, вызывает необходимость их адаптации к конкретным плодовым культурам в определенных экологических условиях, а также определения эффективности их применения. Определение оптимальных уровней содержания основных элементов питания в листьях и плодах дает возможность точно в срок проводить корректировку схемы минерального питания [4].

Удобрения играют значимую роль в садоводстве, поскольку они помогают обеспечить растения необходимыми питательными веществами для роста и развития. Без достаточного количества питательных веществ растения могут стать слабыми и уязвимыми для негативных погодных условий, болезней и вредителей. Кроме того, правильное использование удобрений способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, снижению химического прессинга в насаждениях и улучшению качества воды [3].

Комплексные удобрения содержат в себе все необходимые элементы для роста и развития растений [4]. Они могут быть как органическими, так и минеральными. Важно помнить, что использование комплексных удобрений должно быть умеренным, чтобы не нанести вред растениям. Также необходимо учитывать совместимость удобрений с другими средствами ухода за растениями [5].

Некорневая подкормка растений является быстрым и эффективным способом доставки питания растению, так как питательные вещества сразу же попадают на растение и начинают усваиваться. Они могут применяться для различных целей, таких как ускорение роста растений, улучшение качества плодов, повышение устойчивости к болезням и вредителям, уменьшение риска передозировки удобрений и экономия времени и ресурсов [6, 7].

Цель исследований – оценка эффективности применения SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ в промышленных насаждениях ягодных культур Тамбовской области (на примере смородины черной).

Материалы и методы исследований

Объект исследования – удобрение SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+MЭ; сорт смородины черной Тамерлан.

Предмет исследования – состояние растений, урожайность, химический состав ягод.

Закладка мелкоделяночного опыта проводилась в плодоносящих насаждениях ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина» в течение вегетационных периодов 2022-2023 годов на сорте смородины черной Тамерлан (2016 года посадки), схема посадки – 4,0 x 1,0 м.

Почва опытного участка – тяжелосуглинистый средневщелоченный чернозем средней мощности на лессовидном суглинке. Почва содержит 4-6% гумуса, имеет большую насыщенность основаниями (70-90%). Глубина гумусового горизонта в среднем составляет 50-60 см. Реакция верхних слоев почвы слабокислая (рН=5,7). Структура почвы – пылевато-зернистая и комковато-зернистая. Наличие пор в верхних горизонтах достигает 65%. Полевая влагоемкость пахотного слоя почвы около 30%. Содержание легкогидролизуемого азота составляет 186,7 мг/кг по Тюрину и Кононовой, подвижного фосфора 178,7 мг/кг почвы и обменного калия 171,0 мг/кг по Чирикову в модификации ЦИНАО.

Некорневая подкормка растений проводилась с помощью SOLO 256 2-кратно за вегетационный период: 1-я – перед цветением, 2-я – в начале образования завязи с расходом рабочего раствора – 800 л/га.

SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+MЭ – это водорастворимое NPK удобрение с повышенным содержанием калия. Специально подобранное соотношение элементов питания на завершающих стадиях вегетации растений способствует интенсивному плодоношению и равномерному созреванию; стимулирует накопление сахаров, крахмала, белка в плодах, клубнях и корнеплодах. Улучшает вкусовые качества, товарный вид, транспортабельность и лёжкость товарной продукции. Благодаря высокому содержанию калия оптимизирует водный режим, стимулирует устойчивость к условиям засухи и заморозков. Не содержит натрия, хлора и тяжелых металлов, изготовлено из экологически чистого сырья, быстро и полностью растворяется в воде. Содержит микроэлементы, в т.ч. в высокоэффективной хелатной форме (ЭДТА). Идеально подходит для листовых подкормок культур открытого грунта. Рекомендовано также для применения в системах фертигации и для сезонных (грунтовых) теплиц. [8, 9]

Схема опыта:

1. Контроль. Фон NPK.

2. SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+MЭ – 10 кг/га.

3. SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+MЭ – 20 кг/га.

Количество опытных растений – 10 штук, повторность в опыте – четырехкратная.

Эффективность применения данного агрохимиката нами оценивалась по показателям: число кистей на кусте, число ягод в кисти, масса ягоды. Статистическую обработку проводили с применением дисперсионного анализа с помощью программ Microsoft Office Excel 2007. При закладке опыта и проведении учетов использовали общепринятые методики [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение

Погодные условия вегетационных периодов за время проведения исследований характеризовались неравномерным выпадением осадков и значительными колебаниями температур (по данным Тамбовского ЦГМС - филиала ФГБУ «Центрально – Чернозёмное УГМС»).

Так в условиях данных вегетационных периодов наблюдалось значительное повышение температуры начала вегетационного периода (1-2 декады апреля), что способствовало более раннему выходу растений из состояния покоя. Однако, первая декада мая характеризовалась значительным снижением температурных значений (до минусовых), что негативно влияло на урожайность культур (см. рис. 1).

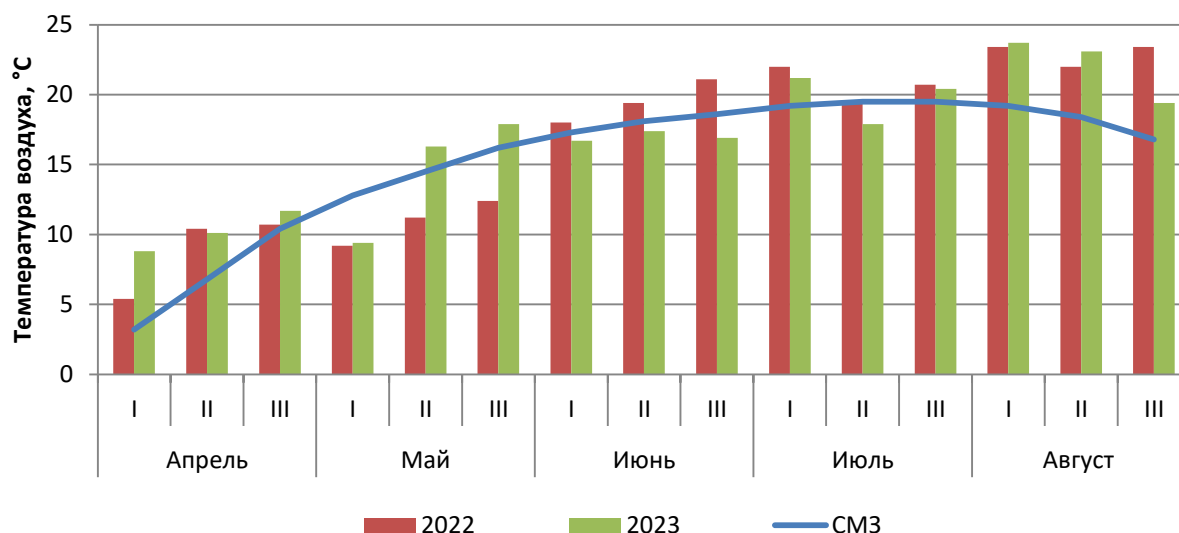


Рисунок 1. Температурный режим вегетационных периодов 2022-2023 гг.

Повышение температурных значений до средних многолетних значений (СМЗ) вегетационного периода наблюдалось во 2-3 декадах мая и далее (в зависимости от вегетационного периода). При этом в целом, можно отметить, что температурный режим 2022 года был более благоприятен для растений с целью получения более качественного урожая. В условиях вегетационного периода 2023 года наблюдалось резкое восстановление температурного режима во 2-й декаде мая, но нехватка тепла в июне-июле не способствовала получению высоких показателей урожайности культуры.

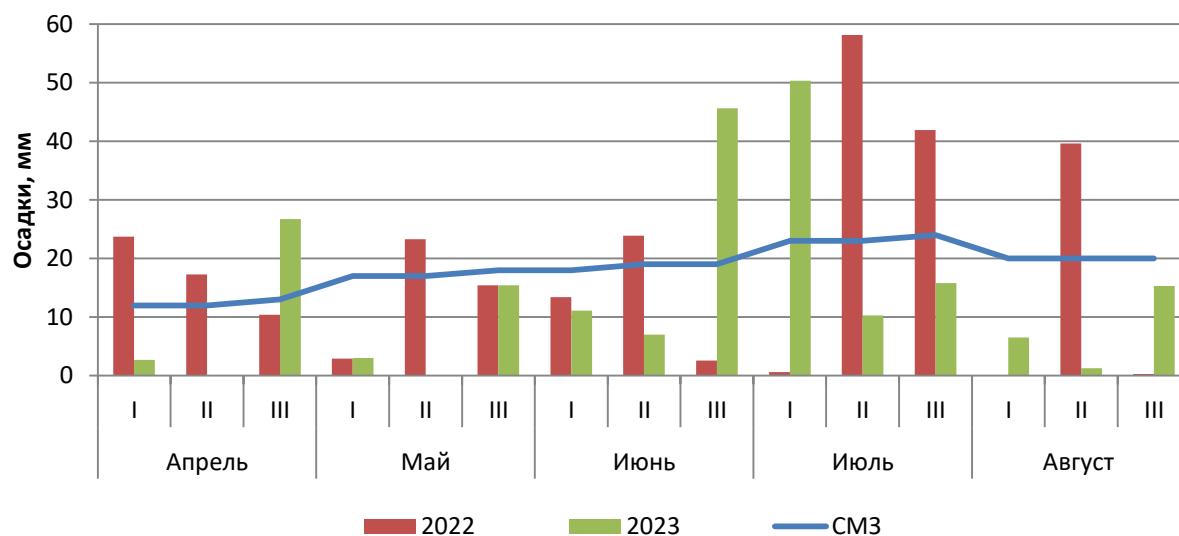


Рисунок 2. Выпадение осадков в условиях вегетационных периодов 2022-2023 гг.

Влияние выпадения осадков в промышленных (неорошаемых) насаждениях имеет огромное значение. Анализ данных показал, что в условиях вышеозначенных вегетационных периодов водный режим был не достаточно благоприятным (см. рис. 2).

В условиях 2022 года выпадение осадков было более равномерным, однако, также, ниже СМЗ. Значительное выпадение осадков в 3-й декаде июня и 1-й декаде июля 2023 года не вызвало потерю урожая (наблюдалось лишь незначительное растрескивание ягод).

Уборка урожая смородины черной сорта Тамерлан проходила в стандартные сроки для данных условий выращивания – начало-середина 2-ой декады июля. Способ уборки урожая - ручной сбор.

Анализ данных позволил установить положительное влияние применения данного комплексного удобрения на структурные показатели урожая.

Так в условиях вегетационного периода 2022 года среднее количество кистей на кусте в варианте с нормой расхода 10 кг/га составляло 433,7 шт., а в 2023 году – 412,5 шт.; а при норме расхода 20 кг/га значения данных показателей составляли 528,3 шт. и 641,6 шт. соответственно (при значении в контрольном варианте 378,0 шт. и 409,6 шт.) (см. табл. 1).

Влияние погодных условий начала вегетационного периода оказало влияние на число ягод в кисти. Так среднее значение данного показателя в варианте с нормой расхода 10 кг/га составляло 4,4 шт. в 2022 году, а в 2023 году – 4,9 шт.; а при 20 кг/га число ягод в кисти составляло 5,3 шт. и 5,4 шт. соответственно (при 3,9 шт. и 5,1 шт. в контрольном варианте соответственно по годам).

Таблица 1. Структурные показатели урожая смородины черной сорта Тамерлан, 2022-2023 гг.

Вариант	Число кистей на кусте, шт.		Число ягод в кисти, шт.	
	2022	2023	2022	2023
Контроль	378,0	409,6	3,9	5,1
SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ - 10 кг/га	466,7	412,5	4,4	4,9
SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ - 20 кг/га	528,3	461,6	5,3	5,4
НСР _{0,05}	59,16531	42,19801	1,012222	1,016636

Масса ягоды в сильной мере зависит от влажности почвы и воздуха, а также от возраста куста. Установлено, что в контрольном варианте средняя масса ягоды, независимо от вегетационного периода, составляла 1,0 г, что относит данный сорт смородины к средним по массе 100 ягод (см. табл. 2).

Применение SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ в насаждениях смородины также показало повышение данных показателей. Так в условиях 2022 года средняя масса ягоды в вариантах составила 1,2 грамма, а в условиях 2023 вегетационного периода 1,1 г и 1,2 г соответственно.

Таблица 2. Средняя масса и урожайность смородины черной сорта Тамерлан, 2022-2023 гг.

Вариант	Средняя масса ягоды, г		Урожайность, т/га	
	2022	2023	2022	2023
Контроль	1,0	1,0	3,8	5,1
SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ - 10 кг/га	1,2	1,1	5,2	5,5
SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ - 20 кг/га	1,2	1,2	6,3	6,6
НСР _{0,05}	0,150031	0,106198	1,099092	1,014743

Расчетная урожайность (согласно схеме посадки растений) позволила установить значительно повышение урожайности при применении SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ (см. табл. 2).

Так в условиях вегетационного периода 2022 года при норме расхода данного удобрения 10 кг/га расчетная урожайность составила 5,2 т/га, а при норме расхода 20 кг/га – 6,3 т/га (при 3,8 т/га в контрольном варианте). Погодные условия вегетационного периода 2023 года позволили достичь урожайности в 5,5 т/га и 6,6 т/га соответственно (при 5,1 т/га в контрольном варианте).

Оценка химического состава ягод не выявила серьезных различий между вариантами опыта и вегетационном периодом исследования. Содержание аскорбиновой кислоты и сахаров находилось в пределах 122,9-132,3% и 9,1-9,96% соответственно. Сахаро-кислотный индекс в зависимости от варианта опыта составил 2,52-2,76, дегустационная оценка не различалась – 4,4 балла. Содержание нитратов в ягодах при применении агрохимиката оставалось в пределах ПДК – 100 мг/кг.

Выводы

1. В результате проведенных опытов по изучению эффективности применения листовых подкормок SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ в промышленных насаждениях смородины черной сорта Тамерлан в условиях вегетационных периодов 2022-2023 годов Тамбовской области установлено:
2. Применение SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ в течение нескольких вегетационных периодов способствует повышению общего функционального состояния растений смородины черной в опытных насаждениях;
3. Двукратное применение SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ с нормой расхода 10 кг/га способствует повышению урожайности культуры до 5,2-5,5 т/га (в зависимости от вегетационного периода);
4. Двукратное применение SOLAR NPK micro Финал NPK 12:6:36+2,5MgO+МЭ с нормой расхода 20 кг/га способствует повышению урожайности культуры до 6,3-6,6 т/га (в зависимости от вегетационного периода);
5. Независимо от нормы применения препарата содержание нитратов в ягодах при применении агрохимиката оставалось в пределах ПДК.

Список источников

1. Пашкевич Е. Б., Почтенная А. И. Действие комплексных минеральных удобрений пролонгированного действия и лигногумата на содержание макроэлементов в почвогрунтах, листьях и ягодах черной смородины (*Ribesnigrum L.*) // Проблемы агрохимии и экологии. 2025. № 1. С. 10-16.
2. Ноздрачева Р. Г., Васильев Д. А. Биологические особенности смородины чёрной при возделывании в Центральном Черноземье // Современные достижения и перспективы развития плодового, овощеводства, виноградарства и лекарственных растений: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора с.-х. наук, профессора А.Н. Веняминова, Воронеж, 21–22 ноября 2024 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2025. С. 23-28.
3. Медеяева А. Ю., Трунов Ю. В., Брюхина С. А. Влияние некорневых подкормок удобрениями и микроэлементами на распространение вредителей и болезней в насаждениях смородины черной в Тамбовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 3(74). С. 29-33.
4. Скрылёв А. А., Вознесенская Т. Ю. Применение комплексных минеральных удобрений в интенсивных насаждениях плодовых культур // Научный журнал. 2022. № 2(64). С. 40-44.
5. Трунов Ю. В., Медеяева А. Ю., Медведев А. Г. Влияние некорневых подкормок удобрениями и микроэлементами на содержание сухих веществ и кислотность ягод смородины черной // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 2. С. 10-13.
6. Орлова Т. Ф., Рыбинцев А. И., Сухов В. А. Физиолого-биохимические показатели ягодных культур в зависимости от сорта, схем посадок и доз удобрений // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня ос-

нования ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоград, 08–09 февраля 2024 года. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2024. С. 244-249.

7. Применение препарата Лебозол Нутриплант 5-20-5 на яблоне в условиях Тамбовской области / А. А. Скрылёв, Е. М. Цуканова, Т. Ю. Вознесенская, А. В. Трифонова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 1(31). С. 99-105.

8. Багров Р. А. «Уралхим» - классика качества и инновации XXI века // Картофель и овощи. 2024. № 2. С. 18-19.

9. Ростовые процессы и формирование элементов продуктивности смородины черной под влиянием органического удобрения «барда меласная» / З. Н. Тарова, И. Н. Мацнев, Е. В. Пальчиков [и др.] // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 1.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Серова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

References

1. Pashkevich E. B., Pochtennaya A. I. The effect of complex mineral fertilizers of prolonged action and lignohumate on the content of macronutrients in soils, leaves and berries of black currant (*Ribesnigrum L.*). Problems of agrochemistry and ecology, 2025, no. 1, pp. 10-16.

2. Nozdracheva R. G., Vasiliev D. A. Biological features of black currant under cultivation in the Central Black Soil region. Modern achievements and prospects for the development of fruit growing, vegetable growing, viticulture and medicinal plants: Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of the Honored Scientist of the Russian Soviet Federative Socialist Republic, Doctors of Agricultural Sciences, Professor A.N. Venyaminov, Voronezh, November 21-22, 2024. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 2025, pp. 23-28.

3. Medelyaeva A. Yu., Trunov Yu. V., Bryukhina S. A. The effect of foliar fertilization with fertilizers and trace elements on the spread of pests and diseases in black currant plantations in the Tambov region. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University, 2023, no. 3(74), pp. 29-33.

4. Skrylev A. A., Voznesenskaya T. Yu. Application of complex mineral fertilizers in intensive plantations of fruit crops. Scientific journal, 2022, no. 2(64), pp. 40-44.

5. Trunov Yu.V., Medelyaeva A. Yu., Medvedev A. G. The effect of foliar fertilization with fertilizers and trace elements on the dry matter content and acidity of blackberries. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2019, no. 2, pp. 10-13.

6. Orlova T. F., Rybintsev A. I., Sukhov V. A. Physiological and biochemical parameters of berry crops depending on the variety, planting schemes and fertilizer doses. Innovative technologies in the agro-industrial complex in the context of digital transformation: Materials of the International scientific and practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the founding of the FSBEI Volgograd State Agrarian University, Volgograd, February 08-09, 2024. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2024, pp. 244-249.

7. Application of the drug Lebozol Nutriplant 5-20-5 on an apple tree in the Tambov region. A. A. Skrylev, E. M. Tsukanova, T. Y. Voznesenskaya, A.V. Trifonova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 1(31), pp. 99-105.

8. Bagrov R. A. Uralchem - classics of quality and innovations of the 21st century. Potatoes and vegetables, 2024, no. 2, pp. 18-19.

9. Growth processes and formation of elements of productivity of black currant under the influence of organic fertilizer «barda molasses». Z. N. Tarova, I. N. Matsnev, E. V. Palchikov [et al.]. Science and Education, 2022, vol. 5, no. 1.

10. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow: Agro-industry Publishing House, 1985. 351 p.

11. Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Serov and T.P. Ogoltsova. Orel: All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding, 1999. 608 p.

Информация об авторе

А.А. Скрылёв – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела агротехники и агрохимии сада, тел. +7 (920) 235-58-38, e-mail: skrylevaa@gmail.com, eLIBRARY SPIN 1475-3618.

Information about the author

A.A. Skryljov – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Agricultural Technology and Agrochemistry Of The Garden, phone: +7 (920) 235-58-38, e-mail: skrylevaa@gmail.com; eLIBRARY SPIN 1475-3618.

*Поступила в редакцию: 30.01.2026; принята после рецензирования: 11.02.2026;
принята к публикации: 27.02.2026.*

Received: 30.01.2026; revised: 11.02.2026; accepted: 27.02.2026.

Научная статья

УДК 633.854.78:631.811.98

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-105-112

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК МИКРОУДОБРЕНИЯМИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЧЕРНОЗЕМАХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Сотников Борис Александрович¹, Кравченко Владимир Александрович^{1✉}

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,
Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28
agrosoil@yandex.ru[✉]

Аннотация. В статье обобщены результаты полевых опытов 2023–2025 гг. на базе ООО «Коротыш» Ливенского района Орловской области, целью которых являлась оценка эффективности некорневых подкормок микроудобрениями в технологии возделывания гибрида подсолнечника Фаусто ШТ. Методология исследования включала закладку полевых опытов с вариантами обработки посевов в фазу бутонизации препаратами Бороплюс (1 л/га), АгроМастер 13-40-13 (3 кг/га), Аминофол Цинк (1 л/га) и их баковыми смесями, а также последующий учет урожайности, определение масличности семян и расчет экономической эффективности. В ходе исследований установлено, что применение баковой смеси Бороплюс с АгроМастер 13-40-13 обеспечило прибавку урожайности 2,0 ц/га, что соответствует росту на 7,8% относительно контроля, и способствовало увеличению масличности семян на 3%, обеспечив максимальный уровень рентабельности производства на уровне 63%. Выявлено, что включение в состав баковой смеси препарата Аминофол Цинк позволяет получить наибольшую прибавку урожайности среди всех изучаемых вариантов (2,2 ц/га), однако ведет к снижению рентабельности вследствие высокой стоимости данного компонента. На основании полученных количественных данных обоснованы рекомендации по оптимизации регламентов применения микроудобрений при возделывании подсолнечника, позволяющие повысить масличность семян и экономическую эффективность производства.

Ключевые слова: подсолнечник, некорневые подкормки, микроудобрения, урожайность, масличность, экономическая эффективность, гибрид Фаусто ШТ, Орловская область

Для цитирования: Сотников Б.А., Кравченко В.А. Эффективность некорневых подкормок микроудобрениями при возделывании подсолнечника на черноземах Орловской области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 105-112. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-105-112>.

Права: © Б.А. Сотников, В.А. Кравченко (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

EFFICIENCY OF FOLIAR TOP DRESSING WITH MICROFERTILIZERS IN SUNFLOWER CULTIVATION ON BLACK SOIL OF THE OREL REGION

Boris A. Sotnikov¹, Vladimir A. Kravchenko^{1✉}

¹Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia
agrosoil@yandex.ru[✉]

Abstract. The article summarizes the results of field experiments conducted in 2023–2025 at LLC «Korotysh» in the Liveny district of the Oryol region. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of foliar fertilizing with micronutrient fertilizers in the cultivation technology of the Faustino ST sunflower hybrid. The research methodology included establishing field trials with variants of crop treatment during the budding phase with the preparations Boroplus (1 L/ha), AgroMaster 13-40-13 (3 kg/ha), Aminofol Zinc (1 L/ha), and their tank mixtures, followed by yield recording, determination of seed oil content, and calculation of economic efficiency. The studies established that the application of a tank mixture of Boroplus with AgroMaster 13-40-13 provided a yield increase of 0.2 t/ha (7.8% compared to the control) and contributed

to a 3% increase in seed oil content, ensuring a maximum production profitability level of 63%. It was revealed that including the preparation Aminofol Zinc in the tank mixture yields the highest productivity increase among all studied variants (0.22 t/ha). However, it leads to a decrease in profitability due to the high cost of this component. Based on the obtained quantitative data, recommendations are substantiated for optimizing the regulations for applying micronutrient fertilizers in sunflower cultivation, which allow for increased seed oil content and economic efficiency of production.

Keywords: sunflower, foliar top dressing, micro fertilizers, yield, oil content, economic efficiency, hybrid Fausto SHT, Oryol region

For citation: Sotnikov B.A., Kravchenko V.A. Efficiency of foliar top dressing with microfertilizers in sunflower cultivation on black soil of the Orel region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 105-112. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-105-112>.

Copyright: © B.A. Sotnikov, V.A. Kravchenko (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является стратегической масличной культурой для агропромышленного комплекса Российской Федерации [1,2]. В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция расширения посевных площадей подсолнечника в регионах Центрального Черноземья, включая Орловскую область [2,3,4] Это обусловлено высоким рыночным спросом на семена, рентабельностью производства и развитием маслоперерабатывающей промышленности [5].

Однако интенсификация возделывания подсолнечника сопряжена с рядом проблем: высокий вынос элементов питания, чувствительность к дефициту микроэлементов в критические фазы развития, ухудшение фитосанитарной обстановки при несоблюдении севооборотов. Традиционные системы удобрения, ориентированные преимущественно на внесение макроэлементов (NPK) в почву, не всегда способны оперативно компенсировать дефицит микроэлементов, особенно в периоды стрессовых погодных условий [6,7]. Перспективным направлением является применение некорневых (листовых) подкормок микроудобрениями [8,9,10]. Данный агроприем позволяет в короткие сроки обеспечить растения элементами, участвующими в ключевых физиологических процессах: фотосинтезе (Fe, Mn), углеводном обмене (Zn), оплодотворении и формировании семян (B). Некорневые подкормки отличаются высокой скоростью усвоения элементов, экономичностью и возможностью совмещения с обработками пестицидами [6]. Несмотря на значительное количество исследований, посвященных эффективности микроудобрений на подсолнечнике, вопросы оптимизации видовых, дозовых и временных параметров их применения остаются дискуссионными и требуют уточнения применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям и гибриднему составу [2, 3].

Цель исследования – научное обоснование и производственная апробация регламентов применения некорневых подкормок микроудобрениями для повышения урожайности, качества семян и экономической эффективности возделывания подсолнечника на черноземных почвах Орловской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2023–2025 гг. на базе ООО «Коротыш» Ливенского района Орловской области.

Объект исследования – гибрид подсолнечника Фаусто ШТ (оригинатор – Corteva Agriscience).

Предмет исследования – влияние некорневых подкормок микроудобрениями (Бороплюс, АгроМастер 13-40-13, Аминофол Цинк) на производственный процесс, формирование урожайности и качества семян гибрида подсолнечника Фаусто ШТ в условиях Орловской области.

Характеристики гибрида: вегетационный период – 119 дней, устойчивость к гербицидам группы трибенурон-метил (технология ExpressSun), потенциальная урожайность до 47 ц/га, масличность семян до 51%.

Микроудобрения: Бороплюс (В – 15%, Valagro), АгроМастер 13-40-13 (N – 13%, P₂O₅ – 40%, K₂O – 13%, микроэлементы в хелатной форме), Аминофол Цинк (N – 5,4%, Zn – 7,4%, аминокислоты).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный и оподзоленный. Содержание гумуса – 4,2–6,1%, реакция почвенного раствора – среднекислая (рН 4,5–5,1). Обеспеченность подвижным фосфором – средняя и повышенная (120–150 мг/кг), обменным калием – средняя. Предшественник – ячмень.

Опыт закладывался в трехкратной повторности. Площадь опытной делянки – 7,2 га, общая площадь опыта – 21,6 га.

Схема опыта включала 4 варианта:

1. Контроль (без некорневых подкормок).
2. Бороплюс – 1 л/га (фаза бутонизации).
3. Бороплюс – 1 л/га + АгроМастер 13-40-13 – 3 кг/га (фаза бутонизации, баковая смесь).
4. Бороплюс – 1 л/га + АгроМастер 13-40-13 – 3 кг/га + Аминофол Цинк – 1 л/га (фаза бутонизации, баковая смесь).

Технология возделывания – общепринятая для региона. Обработка почвы: лущение стерни (дискатор Софтер, 4–5 см), отвальная вспашка (25–27 см), весеннее боронование (БЗШ-21), предпосевная культивация (Компактомат, 3–4 см). Посев: сеялка Темпо F8, норма высева – 70 тыс. семян/га, глубина заделки – 4–5 см. Внесение КАС – 80 кг/га. Защита растений: Шанстар, ВДГ (50 г/га, 2 пары листьев), Галошанс, КЭ (1 л/га, 3 пары листьев), десикация – Дикошанс, ВР (2 л/га). Некорневые подкормки проводились самоходным опрыскивателем HORSCH, расход рабочей жидкости – 200 л/га.

Учет урожайности проводили методом сплошного обмолота комбайнами New Holland с последующим взвешиванием и пересчетом на 100% чистоту и 7% влажность. Качественные показатели семян определяли в лаборатории хозяйства: масличность – методом экстракции, лузжистость – весовым методом, массу 1000 семян – по ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян.

Экономическую эффективность рассчитывали на основе технологических карт и фактических цен реализации (3400 руб./ц в 2025 г.). Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что применение некорневых подкормок микроудобрениями оказало существенное положительное влияние на формирование урожайности подсолнечника. Данные по урожайности представлены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние некорневых подкормок на урожайность подсолнечника (гибрид Фаусто ШТ, ООО «Коротыш», 2025 г.)

Вариант опыта	Бункерная урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к контролю, %
1. Контроль	25,5	-	-
2. Бороплюс	26,2	0,7	2,7
3. Бороплюс + АгроМастер 13-40-13	27,5	2,0	7,8
4. Бороплюс + АгроМастер 13-40-13 +	27,7	2,2	8,6

Вариант опыта	Бункерная урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к контролю, %
Аминофол Цинк			
НСР ₀₅	0,41	-	-

Анализ полученных данных свидетельствует, что все варианты с применением некорневых подкормок обеспечили статистически достоверную прибавку урожайности. Наименьшая прибавка (0,7 ц/га, или 2,7%) зафиксирована в варианте 2 при изолированном применении борного удобрения Бороплюс. Это согласуется с литературными данными о критической роли бора в процессах оплодотворения и семяобразования у подсолнечника. Однако монообработка бором, компенсируя дефицит конкретного элемента, не в полной мере реализует потенциал продуктивности гибрида.

Значительно более высокая эффективность достигнута в варианте 3, где борная подкормка дополнялась внесением комплексного водорастворимого удобрения АгроМастер 13-40-13 с высоким содержанием фосфора. Прибавка урожайности составила 2,0 ц/га (7,8%). Фосфор, внесенный в хелатной форме непосредственно в фазу бутонизации, способствовал усилению энергетического обмена, развитию репродуктивных органов и повышению озерненности корзинки.

Максимальная урожайность (27,7 ц/га) отмечена в варианте 4 при включении в состав баковой смеси цинксодержащего препарата Аминофол Цинк. Прибавка к контролю достигла 2,2 ц/га (8,6%). Цинк, являясь активатором ауксинов и ферментов углеводного обмена, стимулировал рост листовой поверхности и, вероятно, улучшил налив семян. Тем не менее, разница в урожайности между вариантами 3 и 4 находится в пределах ошибки опыта (НСР₀₅ = 0,41), что требует экономической интерпретации полученных результатов.

Качество семян подсолнечника является ключевым фактором, определяющим его технологическую ценность для перерабатывающей промышленности. Основные качественные показатели представлены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние некорневых подкормок на качественные показатели семян подсолнечника

Вариант опыта	Масличность, %	Лузжистость, %	Масса 1000 семян, г
1. Контроль	46	22,4	44,8
2. Бороплюс	49	21,8	45,2
3. Бороплюс + АгроМастер 13-40-13	49	21,5	45,5
4. Бороплюс + АгроМастер 13-40-13 + Аминофол Цинк	49	21,4	45,7
НСР ₀₅	0,65		

Применение микроудобрений способствовало увеличению масличности семян на 3 процента во всех опытных вариантах по сравнению с контролем. Данный эффект можно объяснить улучшением обеспеченности растений бором и цинком, которые участвуют в метаболизме липидов и транспорте ассимилятов в запасующие ткани семени. Увеличение масличности даже на 1–2% является экономически значимым фактором, так как перерабатывающие заводы применяют систему скидок и надбавок к закупочной цене в зависимости от фактического содержания жира.

Отмечена также тенденция к снижению лузжистости и увеличению массы 1000 семян в вариантах с некорневыми подкормками, что свидетельствует о лучшей выполненности семян и более высоком выходе ядра.

Ключевым критерием целесообразности внедрения любого агротехнического приема является его экономическая эффективность. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Проведенные расчеты убедительно демонстрируют высокую экономическую эффективность применения некорневых подкормок. Все опытные варианты обеспечили увеличение условно-чистого дохода и уровня рентабельности по сравнению с контролем.

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания подсолнечника при использовании некорневых подкормок (в расчете на 1 га)

Показатель	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2 (Бороплюс)	Вариант 3 (Бороплюс + АгроМастер)	Вариант 4 (Бороплюс + АгроМастер + Аминофол Zn)
Урожайность, ц	25,5	26,2	27,5	27,7
Затраты на микроудобрения и внесение, руб.	-	945	1 665	2 810
Выручка от реализации, руб.	86 700	89 080	93 500	94 180
Условно-чистый доход, руб.	86 700	88 135	91 835	91 370
Дополнительный доход, руб.	-	1 435	5 135	4 670
Себестоимость 1 ц, руб.	1 792	1 780	1 722	1 750
Уровень рентабельности, %	55,6	57,2	63,0	60,9

Наибольший экономический эффект получен в варианте 3 (Бороплюс + АгроМастер 13-40-13). Дополнительные затраты в размере 1 665 руб./га окупались прибавкой урожайности 2,0 ц/га, что позволило получить дополнительный доход 5 135 руб./га и повысить уровень рентабельности до 63%. Данный вариант следует признать оптимальным с точки зрения соотношения «затраты – прибавка – прибыль».

Вариант 4, несмотря на максимальную урожайность, уступил варианту 3 по экономической эффективности. Дополнительные вложения в препарат Аминофол Цинк (стоимость 900

руб./л) не компенсировались прибавкой урожая (всего 0,2 ц/га к варианту 3), что привело к снижению рентабельности до 60,9%. Это подчеркивает необходимость тщательного экономического обоснования при включении дорогостоящих компонентов в системы некорневых подкормок.

Полученные данные согласуются с результатами исследований ряда авторов, отмечающих положительную реакцию подсолнечника на некорневые подкормки бором и фосфором в фазе бутонизации. В работах Никифорова В.М. и др. [1], Попова А.А. [2] также указывается на увеличение урожайности и масличности при использовании хелатных форм микроудобрений.

Новизна нашего исследования заключается в комплексной оценке трехкомпонентной системы (B+P+Zn) в сравнении с двухкомпонентной (B+P) и моновариантом (B) на высокоолеиновом гибриде Фаусто ШТ в конкретных почвенно-климатических условиях Орловской области. Выявленный эффект отсутствия значимой прибавки урожая от дополнительного внесения цинка при уже проведенной фосфорно-борной подкормке может быть обусловлен:

- достаточным исходным содержанием подвижного цинка в почвах опытного участка;
- высокой мобильностью цинка и возможностью его реутилизации растением;
- доминирующим лимитирующим действием бора и фосфора в фазу бутонизации.

Таким образом, для условий черноземов Ливенского района при возделывании гибрида Фаусто ШТ по предшественнику ячмень наиболее обоснованным является применение баковой смеси Бороплюс (1 л/га) и АгроМастер 13-40-13 (3 кг/га) в фазе бутонизации. Данный регламент обеспечивает высокую агрономическую и экономическую эффективность.

Выводы

1. Некорневые подкормки микроудобрениями являются эффективным агротехническим приемом повышения продуктивности подсолнечника на черноземных почвах Орловской области. Применение препаратов Бороплюс, АгроМастер 13-40-13 и Аминофол Цинк в фазе бутонизации обеспечивает статистически достоверную прибавку урожайности от 0,7 до 2,2 ц/га (2,7–8,6%).

2. Максимальная урожайность (27,7 ц/га) формируется при применении трехкомпонентной баковой смеси (Бороплюс + АгроМастер 13-40-13 + Аминофол Цинк). Однако прибавка к двухкомпонентной смеси (Бороплюс + АгроМастер) составляет всего 0,2 ц/га и не является экономически оправданной.

3. Применение микроудобрений способствует улучшению качественных показателей семян: повышению масличности на 3%, тенденции к снижению лузжистости и увеличению массы 1000 семян.

4. Наибольшая экономическая эффективность достигнута в варианте с применением Бороплюс (1 л/га) и АгроМастер 13-40-13 (3 кг/га). Дополнительный доход составил 5 135 руб./га, уровень рентабельности достиг 63%, что на 7,4% выше контрольного значения.

5. Производству (ООО «Коротыш» Ливенского района) рекомендовано: внедрить в технологию возделывания подсолнечника некорневую подкормку в фазе бутонизации смесью препаратов Бороплюс (1 л/га) и АгроМастер 13-40-13 (3 кг/га); проводить мониторинг содержания микроэлементов (особенно цинка) в почве и растительных тканях для обоснования целесообразности применения дополнительных компонентов; использовать современную высокоточную технику для внесения удобрений с целью минимизации потерь и соблюдения регламентов.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации.

Contribution

All authors have made an equivalent (equal) contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest

Благодарности

Выражаем благодарность Александрову Ярославу Сергеевичу – агроному ООО «Коротыш» Ливенского района Орловской области.

Acknowledgements

We thank to Yaroslav Sergeevich Alexandrov, an agronomist at «Korotysh» LLC in the Livensky district of the Oryol region.

Список источников

1. Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Использование микроудобрений в технологии возделывания подсолнечника на семена // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (97). С. 3-8.
2. Попов А.А. Агрохимическое обоснование использования микроэлементов в технологии возделывания подсолнечника в условиях юго-западной части ЦЧР России: дис. ... канд. с.-х. наук. Белгород, 2024. 172 с.
3. Алиев Т.Г., Макаров М.Р., Иванова О.М. Агробιοлогическое обоснование влияния различных видов удобрений на урожайность и качество семян подсолнечника в условиях Тамбовской области // Владимирский земледелец. 2023. № 2 (104). С. 4-9.
4. Влияние удобрений на урожайность и качество урожая подсолнечника сорта Спартак селекции Тамбовского НИИСХ / О.М. Иванова [и др.] // Масличные культуры. 2020. № 3 (183). С. 92-98.
5. Вислобокова Л.Н., Иванова О.М., Иванов С.В. Влияние различных видов удобрений на урожайность и качество семян подсолнечника сорта Спартак в условиях Тамбовской области // Масличные культуры. 2018. № 1 (173). С. 42-46.
6. Завалин А.А. Проблемы и пути решения технологического развития земледелия // Земледелие. 2024. № 2. С. 25-29.
7. Костенкова Е.В. Совершенствование элементов технологии возделывания подсолнечника в условиях степной зоны Крыма: дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2024. 172 с.
8. Алымов С.А., Баландин В.С. Продуктивность подсолнечника в зависимости от доз и видов минеральных удобрений. Краснодар: КубГАУ, 2024. 115 с.
9. Вишняков Е.В. Управление развитием технологий питания полевых культур за счёт применения различных видов удобрений для некорневой подкормки в условиях Левобережья Саратовской области // Вавиловские чтения – 2024: сб. статей. Саратов, 2024. С. 45-49.
10. Колодяжный С.В. Сравнительная оценка различных элементов технологии возделывания подсолнечника в южной лесостепи ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 2021. 198 с.

References

1. Nikiforov V.M., Nikiforov M.I., Pasechnik N.M. The use of micro fertilizers in sunflower seed cultivation technology. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy, 2023, no. 3 (97), pp. 3-8.
2. Popov A.A. Agrochemical substantiation of the use of trace elements in sunflower cultivation technology in the conditions of the southwestern part of the Central Asian Republic of Russia: dis. ... candidate of agricultural sciences. Belgorod, 2024. 172 p.

3. Aliev T.G., Makarov M.R., Ivanova O.M. Agrobiological substantiation of the influence of various types of fertilizers on the yield and quality of sunflower seeds in the conditions of the Tambov region. Vladimirsky husbandman, 2023, no. 2 (104), pp. 4-9.
4. The effect of fertilizers on the yield and quality of the sunflower crop of the Spartak variety of breeding of the Tambov Research Institute of Agricultural Sciences. O.M. Ivanova [et al.]. Oilseed crops, 2020, no. 3 (183), pp. 92-98.
5. Vislobokova L.N., Ivanova O.M., Ivanov S.V. The influence of various types of fertilizers on the yield and quality of sunflower seeds of the Spartak variety in the conditions of the Tambov region. Oilseeds, 2018, no. 1 (173), pp. 42-46.
6. Zavalin A.A. Problems and solutions of technological development of agriculture. Agriculture, 2024, no. 2, pp. 25-29.
7. Kostenkova E.V. Improvement of the elements of the technology of saline cultivation in the conditions of the steppe zone of the Crimea: dissertation of the Candidate of agricultural Sciences. Krasnodar, 2024. 172 p.
8. Alymov S.A., Balandin V.S. Sunflower productivity depending on doses and types of mineral fertilizers. Krasnodar: KubSAU, 2024. 115 p.
9. Vishnyakov E.V. Management of the development of field crop nutrition technologies through the use of various types of fertilizers for foliar fertilization in the conditions of the Left Bank of the Saratov region. Vavilovskie readings – 2024: collection of articles. Saratov, 2024, pp. 45-49.
10. Kolodyazhny S.V. Comparative assessment of various elements of sunflower cultivation technology in the southern forest-steppe of the Central African Republic: dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences. Voronezh, 2021. 198 p.

Информация об авторах

Б.А. Сотников – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (903) 861-76-43, e-mail: 79038617643@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3973-4709; eLIBRARY SPIN 6059-7993;

В.А. Кравченко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, e-mail: agrosoil@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9452-0258; eLIBRARY SPIN 6271-2860.

Information about the authors

B.A. Sotnikov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products, phone: +7 (903) 861-76-43, e-mail: 79038617643@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3973-4709; eLIBRARY SPIN 6059-7993;

V.A. Kravchenko – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products, e-mail: agrosoil@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9452-0258; eLIBRARY SPIN 6271-2860.

*Поступила в редакцию: 20.01.2026; принята после рецензирования: 24.02.2026;
принята к публикации: 03.03.2026.*

Received: 20.01.2026; revised: 24.02.2026; accepted: 03.03.2026.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 615.321

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-113-129

МЕТОДЫ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР (ЧАСТЬ I)

Агафошкина Анастасия Евгеньевна^{1✉}, Ключников Андрей Иванович²

¹Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, 115054, Россия, г. Москва, Стремянный пер., д.36

²Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73

agafoshkina.nastya@mail.ru✉

Аннотация. Настоящий обзор посвящен сравнительному анализу традиционных методов экстракции растительного сырья в контексте современных требований пищевой и фармацевтической промышленности. Целью работы является оценка эффективности пяти ключевых способов исходя из анализа их технологических основ, кинетических закономерностей и влияния критических параметров процесса на выход и качество целевых соединений, а именно степени измельчения сырья до 0,5 – 10 мм, природы и концентрации экстрагента 30 – 70 %, гидромодуля 1 : 2 – 1 : 20, температуры 20 – 90 °С и продолжительности экстракции. Установлено, что реперколяция обеспечивает максимальную степень извлечения целевых компонентов: выход сапонинов из каштана конского достигает 97,1 %, флавоноидов и полифенолов из очанки – 62,5 и 89,45 % соответственно, что в 1,5 – 2 раза превышает показатели статических методов. Перколяция корней *Peganiun harmala* L. позволяет извлечь до 97 % гармина при сокращении времени процесса в 3 раза. Экстракция по Сокслету демонстрирует эффективность извлечения экстрактивных веществ из корневых культур до 17,46 %, однако сопровождается риском термической деструкции термолабильных соединений. Применение мацерации (выход флавонолов до 70 % за 100 – 150 ч) и ремацерации ограничено низкой скоростью массопереноса. Полученные данные свидетельствуют, что выбор оптимального метода экстракции определяется комплексом факторов: морфологией сырья, лиофильностью целевых метаболитов, требованиями к производительности и сохранению нативной структуры извлекаемых веществ, при этом наиболее эффективным для промышленного получения стандартизированных экстрактов с подтвержденной биологической активностью является метод реперколяции.

Ключевые слова: экстракция, экстракт, растительное сырье, мацерация, ремацерация, перколяция, реперколяция, метод Сокслета, биологически активные вещества

Для цитирования: Агафошкина А. Е., Ключников А. И. Методы экстракции растительного сырья: сравнительный научно-технологический обзор (Часть I) // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 113-129. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-113-129>.

Права: © А. Е. Агафошкина, А. И. Ключников (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И. А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

METHODS OF EXTRACTION OF PLANT RAW MATERIALS: COMPARATIVE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL REVIEW (PART I)

Anastasia E. Agafoshkina^{1✉}, Andrey I. Klyuchnikov²

¹Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 115054, Russia

²Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

agafoshkina.nastya@mail.ru✉

Abstract. This review is devoted to a comparative analysis of traditional methods of plant raw material extraction in the context of modern requirements of the food and pharmaceutical industries. The aim of the work is to evaluate the effectiveness of five key methods based on the analysis of their technological principles, kinetic patterns, and the influence of critical process parameters on the yield and quality of target compounds, namely, the degree of raw material grinding to 0.5 – 10 mm, the nature and concentration of the extractant at 30 – 70 %, the hydro-modulus at 1 : 2 – 1 : 20, the temperature at 20 – 90 °C, and the duration of extraction. It has been established that percolation provides the maximum degree of extraction of target components: the yield of saponins from horse chestnut reaches 97.1 %, the yield of flavonoids and polyphenols from *Eupatorium canadense* reaches 62.5 and 89.45 %, respectively, which is 1.5 – 2 times higher than the values of static methods. Percolation of *Peganum harmala* L. roots allows for the extraction of up to 97 % of harmine, while reducing the process time by 3 times. Soxhlet extraction demonstrates the effectiveness of extracting extractive substances from root crops up to 17.46 %, but it is accompanied by the risk of thermal destruction of thermolabile compounds. The use of maceration (yield of flavonols up to 70 % in 100 – 150 h) and remaceration is limited by the low rate of mass transfer. The obtained data indicate that the choice of the optimal extraction method is determined by a complex of factors: the morphology of the raw material, the lyophilicity of the target metabolites, the requirements for productivity and preservation of the native structure of the extracted substances, and the most effective method for the industrial production of standardized extracts with confirmed biological activity is percolation.

Keywords: extraction, extract, vegetable raw materials, maceration, remaceration, percolation, re-percolation, Soxlet method, biologically active substances

For citation: Agafoshkina A. E., Klyuchnikov A. I. Methods of extraction of plant raw materials: comparative scientific and technological review (Part I). *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 113-129. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-113-129>.

Copyright: © A. E. Agafoshkina, A. I. Klyuchnikov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Современная пищевая промышленность характеризуется устойчивой тенденцией к созданию продуктов функциональной и специализированной направленности. В условиях растущего потребительского спроса на натуральные ингредиенты существенно возрастает интерес к использованию природных источников биологически активных веществ (БАВ) [1]. Растительное сырье содержит широкий спектр ценных соединений – флавоноиды, фенольные кислоты, алкалоиды, эфирные масла, полисахариды и другие метаболиты. Однако эффективность их использования напрямую зависит от выбранной технологии выделения.

Экстракция растительного сырья представляет собой фундаментальный технологический процесс в производстве пищевых ингредиентов, фармацевтических препаратов и функциональных добавок. Сущность данного процесса заключается в селективном извлечении биологически активных соединений из растительного сырья с помощью подходящего растворителя. Современная классификация методов экстракции основана на нескольких критериях, включая гидродинамические особенности процесса, периодичность работы аппаратуры и направление движения фаз [2, 3].

Традиционные методы экстракции принято разделять на статические и динамические. Статические методы характеризуются периодическим контактом неподвижного сырья с экстрагентом, тогда как динамические методы предполагают непрерывное движение либо экстрагента, либо обеих взаимодействующих фаз. По организации процесса методы подразделяются на периодические и непрерывные, причем последние демонстрируют более высокую производительность и эффективность. Особое значение имеет противоточная организация процесса, обеспечивающая поддержание максимальной движущей силы массопереноса на протяжении всей экстракции [2, 4].

Процесс экстрагирования из клеточных структур растений включает три последовательные стадии: капиллярную пропитку сырья экстрагентом, растворение внутриклеточных компонентов с образованием первичного сока и последующий переход растворенных веществ через клеточные стенки в объем экстрагента. Ключевым лимитирующим фактором

выступает клеточная оболочка, представляющая собой природный барьер с войлокоподобной структурой из целлюлозных мицеллярных нитей [5, 6].

Выбор экстрагента определяется комплексом требований, включая селективность, способность к диффузии через клеточные стенки, физиологическую и химическую индифферентность, а также безопасность применения. На практике оптимальные результаты достигаются при использовании комбинированных растворительных систем, позволяющих регулировать экстракционную способность в зависимости от химической природы целевых соединений [3].

Существуют различные методы экстракции, которые могут быть классифицированы в зависимости от применяемых растворителей, температуры, давления и других параметров. В традиционной экстракции основными являются следующие методы: мацерация, ремацерация, перколяция, реперколяция и экстракция методом Сокслета.

Цель исследования – проведение сравнительного анализа традиционных методов экстракции для обоснования выбора оптимального способа извлечения биологически активных веществ из растительного сырья в зависимости от его морфологических особенностей, физико-химических свойств целевых компонентов и требований промышленного производства.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в течение 2025 г. и по настоящее время на базе Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова.

Объект исследования – экстракты растительного сырья.

Предмет исследования – технологии экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья.

В основе работы лежит методология анализа публикационных и технологических данных. Поиск информации осуществлялся в научных базах данных по ключевым терминам, относящимся к способам экстракции БАВ из растительного сырья. Ядром исследования стали источники, опубликованные за последние два десятилетия. Отбор материалов производился путём скрининга аннотаций на соответствие теме. Дополнительно для оценки внедрения технологий изучались патентные заявки и ресурсы отраслевых ассоциаций.

Результаты исследований и их обсуждение

Метод мацерации, являющийся одним из ключевых способов экстракции растительного сырья, основан на процессах пассивной диффузии в системе «твёрдая фаза – жидкость». Его сущность заключается в продолжительном контакте измельченного растительного материала – листья, цветки, кора, шишки – с экстрагентом. Физическую основу процесса составляет молекулярная диффузия, описываемая законом Фика, где движущей силой является градиент концентрации между внутриклеточным пространством и объемом экстрагента [2, 7].

Эффективность мацерации регулируется ключевыми технологическими параметрами. Температурный режим обычно поддерживается в интервале от 15 до 20 °С, однако в некоторых случаях для плотного, малопористого растительного сырья с целью интенсификации процесса её могут повышать до 40 – 45 °С. Время экстракции варьируется в широких пределах – от нескольких часов до 14 и более суток, что определяется плотностью и структурой сырья, а также природой извлекаемых веществ. Важную роль играет степень измельчения: для успешной экстракции частицы, как правило, имеют размер от 2 – 3 мм до 7 – 10 мм, что увеличивает площадь контакта с экстрагентом. Соотношение сырья и растворителя (гидромодуль) обычно находится в диапазоне от 1:5 до 1:10 [2, 4, 7, 8].

Благодаря своей простоте мацерация находит широкое применение в фармацевтической промышленности [9], в пищевой индустрии при производстве ликеров, бальзамов и ароматических масел [10, 11], а также в косметологии для создания натуральных экстрактов [12].

Авторами [13] проведено исследование экстракта ягод черной смородины, полученного методом мацерации. В качестве экстрагента применяли 40 % водно-спиртовой раствор при

соотношении сырья к жидкости 1 : 2. Процесс настаивания осуществляли в лабораторных условиях при комнатной температуре с периодическим перемешиванием.

Исследование показало, что степень измельчения сырья является определяющим параметром эффективности экстракции. В экспериментах использовали три варианта подготовки сырья: измельчение до размера частиц 1 – 2 мм, измельчение до 2 – 5 мм и использование целых ягод. Продолжительность экстракции составляла 3, 6, 12 и 24 ч при температурах 20 и 45 °С в трехкратной повторности.

По завершении каждого опыта проводили фильтрацию экстракта с последующим рефрактометрическим определением содержания сухих веществ. Установлено, что химический состав полученных экстрактов характеризовался следующими показателями: общие сахара – 4,9 %, растворимые сухие вещества – 6,9 %, титруемая кислотность – 1,4 %, аскорбиновая кислота – 88,4 мг/100 г, сумма Р-активных веществ – 336 мг/100 г, концентрация спирта – 19,2 % об.

Предложенная методика позволяет получать стандартизированные экстракты черной смородины с сохранением комплекса биологически активных веществ и может быть рекомендована для использования в производстве пищевых продуктов и фармацевтических препаратов.

Также в статье [14] проведено исследование экстракции биологически активных веществ из дикорастущих пряно-ароматических растений. В работе использовали водно-спиртовые смеси с содержанием этанола 20, 50 и 70 % при соотношении сырья к экстрагенту 1 : 7.

Результаты показали, что максимальное содержание экстрактивных веществ достигается при использовании 50 % этанола, в то время как выход флавонолов увеличивается незначительно с ростом концентрации спирта. Установлено, что содержание дубильных веществ в экстрактах варьирует от 6,6 мг/100 г (тысячелистник) до 8,6 мг/100 г (зверобой), а максимальное количество флавонолов обнаружено в экстрактах чабреца (16,6 мг/100 г). Содержание фенольных кислот составляет 25 – 30 % от общего количества веществ с Р-витаминной активностью.

Исследование динамики извлечения флавонолов 50 % этанолом методом однократной мацерации при температуре (20 ± 2) °С показало, что выход целевых соединений достигает примерно 70 % от их исходного содержания в сырье. Продолжительность экстракции составляла от 100 ч для душицы и до 150 ч для чабреца.

Полученные данные демонстрируют, что метод однократной мацерации при комнатной температуре является недостаточно эффективным для полноценного извлечения флавоноидов из-за особенностей морфологического строения растительного сырья. Для повышения эффективности процесса экстракции биофлавоноидов целесообразно применение метода ступенчатой мацерации.

Таким образом, главным преимуществом мацерации является ее технологическая простота и низкие энергозатраты, так как процесс не требует сложного оборудования или подвода энергии на нагрев и перемешивание. Однако основными недостатками мацерации считаются продолжительность и относительно низкая эффективность массопередачи. Поскольку процесс протекает в основном за счет медленной молекулярной диффузии и не имеет принудительной конвекции, для достижения удовлетворительного выхода требуется значительное время. Еще одним ограничением является неполнота извлечения, особенно из сырья с плотной клеточной структурой, например, корней *Peganum harmala* L [15], что делает метод менее предпочтительным по сравнению с другими в условиях интенсивного промышленного производства.

Ремацерация представляет собой усовершенствованную версию традиционной мацерации, основанную на принципе последовательной обработки растительного сырья порциями экстрагента. Технологическая сущность метода заключается в дроблении общего объема экстрагента на несколько частей с поэтапным проведением экстракции. На каждой стадии процесса создаются условия для поддержания максимального градиента концентраций, что интенсифицирует массоперенос целевых компонентов.

Процесс осуществляется в несколько технологических циклов, каждый из которых включает стадию контакта сырья с экстрагентом продолжительностью от 6 до 24 ч при температуре 20 – 50 °С. После каждого цикла осуществляют отделение готового экстракта и повторное заливание сырья свежей порцией растворителя. Количество циклов варьируется от

3 до 5 в зависимости от характеристик сырья и требуемой степени извлечения. Важным параметром является гидромодуль, который обычно составляет 1 : 3 – 1 : 5 для каждого отдельного цикла, что в совокупности обеспечивает экономию экстрагента по сравнению с однократной мацерацией при большом гидромодуле [2, 4, 7].

В исследовании [16] использовали траву золотарника канадского (*Solidago canadensis herba*), заготовленную в Беларуси. Для экстракции применяли различные методы, включая классическую мацерацию, бисмацерацию, и ремацерацию, а также комбинации мацерации с ультразвуковой обработкой или механическим перемешиванием. При оптимизации процесса учитывали концентрацию этанола, которая составляла 50, 60 и 70 %, продолжительность настаивания, а именно 1 – 14 сут., соотношение сырья и экстрагента от 1:5 до 1:100, степень измельчения – 500, 1000 и 2000 мкм – и длительность отстаивания первичной вытяжки.

Наибольшее содержание флавоноидов достигнуто при методе ремацерации, обеспечивающем последовательную обработку нескольких порций сырья одним объемом экстрагента. Данный способ позволил получить настойку с содержанием флавоноидов 13,1 %, что вдвое превышает результат бисмацерации (6,54 %).

Оптимальными условиями признаны: использование 60 % этанола, соотношение сырья и экстрагента 1 : 25 и продолжительность мацерации 3 сут. Предварительная термообработка сырья также повышала выход целевых веществ. Для сухого экстракта наилучшие результаты показала отгонка экстрагента при 80 °C в течение 40 мин после обезжиривания сырья.

Таким образом, метод ремацерации существенно увеличивает эффективность экстракции флавоноидов из золотарника и может быть рекомендован для производственного применения.

В рамках другого исследования [17] разрабатывалась технология получения настойки из листьев черники. Сравнивались два метода экстракции: перколяция и ремацерация, с использованием 30, 40 и 70 % этилового спирта. Эффективность каждого метода оценивали по количественному содержанию биологически активных веществ, а именно суммы процианидинов.

Метод ремацерации предусматривал трехкратное последовательное настаивание сырья с разделением экстрагента на равные части: первое настаивание длилось 24 ч, два последующих – по 2 ч каждое. Объединенные извлечения отстаивали при температуре 8 °C в течение двух суток и фильтровали. Количественное определение процианидинов выполняли спектрофотометрическим методом, также дополнительно определяли относительную плотность, содержание этанола и величину сухого остатка.

Результаты исследования [17] показали, что наиболее эффективным способом экстракции является ремацерация с использованием 40 % этилового спирта. Содержание процианидинов в такой настойке составило 7,34 %, что превышает показатели как для перколяции – 5,25 % с тем же экстрагентом, так и для ремацерации с 30 и 70 % спиртом. Готовую настойку характеризовали следующие показатели: содержание этанола – 38,65 %, сухой остаток – 7,0 %, относительная плотность 0,99.

Таким образом, ремацерация 40 % этиловым спиртом в соотношении 1:5 является оптимальным способом получения стандартизированной и стабильной настойки листьев черники с максимальным содержанием биологически активных веществ.

Кинетическое преимущество метода обусловлено постоянным поддержанием значительной разности концентраций экстрагируемых веществ между внутренним объемом клеток и внешним раствором. Это позволяет достигать более полного истощения сырья по сравнению с классической мацерацией при сокращении общей продолжительности процесса. Однако метод характеризуется значительной продолжительностью полного цикла экстракции и требует увеличенных производственных площадей для размещения оборудования. Необходимость многократного отделения экстракта от сырья усложняет технологическую схему и повышает трудозатраты, что ограничивает экономическую эффективность метода в условиях массового промышленного производства.

Метод перколяции представляет собой динамический процесс экстракции, основанный на непрерывном пропускании экстрагента через неподвижный слой растительного сырья. Данная технология реализуется в специализированных аппаратах - перколяторах, кото-

рые могут иметь цилиндрическую или коническую конструкцию. Коническая форма считается более эффективной, поскольку обеспечивает равномерное распределение экстрагента по всему сечению слоя сырья. Конструкция аппаратов включает перфорированное дно, выполняющее функцию поддержки фильтрующего материала и растительного субстрата, а также систему для подачи экстрагента и сбора перколята.

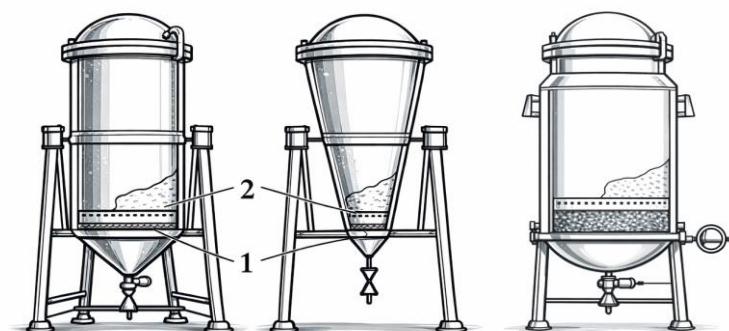


Рисунок 1. Схема перколяторов-экстракторов:

1 – ложное дно (перфорированная сетка), 2 – фильтрующий материал

Оптимальные режимы перколяции варьируются в зависимости от физико-химических характеристик конкретного вида сырья. Скорость перколирования обычно составляет 1 – 3 объема перколятора в сутки, при этом температурный режим поддерживается в диапазоне от 20 до 60 °С. Продолжительность полного цикла экстракции может достигать 24 – 72 ч, а степень измельчения сырья составляет 3 – 7 мм для обеспечения оптимальной скорости фильтрации [2, 4, 18].

Технологический процесс данного метода состоит из трех последовательных стадий – намачивание, настаивание, перколяция – каждая из которых имеет определенное физико-химическое обоснование.

1. Первоначальная стадия намачивания предназначена для капиллярной пропитки и последующего набухания растительного сырья. На данном этапе сырье заливают экстрагентом для набухания и первичного растворения действующих веществ. Продолжительность процесса составляет 4 – 5 ч.

2. Настаивание в перколяторе характеризуется достижением равновесной концентрации экстрактивных веществ в системе. Набухшее сырье плотно укладывают в перколятор, заливают экстрагентом до образования «зеркала» толщиной 30 – 40 мм и оставляют на 24 – 48 ч в зависимости от особенностей сырья.

3. Заключительная стадия предполагает непрерывное процеживание свежего экстрагента через слой сырья с постоянной скоростью для полного извлечения целевых компонентов в собираемый перколят. При получении жидких экстрактов первую порцию в объеме 85 % от массы сырья собирают отдельно, а последующие фракции подвергают вакуум-упариванию с последующим смешением с основной вытяжкой [7].

Технология особенно востребована в случаях, когда требуется максимально полное извлечение целевых компонентов с минимальными временными затратами.

Было проведено исследование [15] по оптимизации процесса мацерации методом перколяции на примере экстракции алкалоидов из корней *Peganum harmala* L. В результате было показано, что переход от многочасовой мацерации к методу перколяции позволил более чем в 3 раза сократить продолжительность процесса и в 3 – 4 раза снизить производственные издержки. При этом эффективность извлечения целевых веществ сохранилась на высоком уровне.

На первом этапе исследований было установлено, что использование перколяции с предварительным подщелачиванием сырья обеспечивает выход гармина до 97 % от его содержания в сырье (1,3 %). Выход суммы экстрактивных веществ при этом достигал 12,9 %. На втором этапе, в ходе вариации параметров, выявлено, что ключевыми факторами являются степень измельчения и щелочная предобработка. Снижение размера частиц с 7 – 10 мм до 2 – 3 мм позволило уве-

личить выход экстрактивных веществ, в то время как экстракция неподщелоченного сырья снижала их выход почти на 2 % даже при увеличении кратности обработки.

Напротив, такие факторы, как гидромодуль и кратность экстракции, показали взаимозаменяемость: однократная экстракция с гидромодулем 1 : 20 была эквивалентна по эффективности двукратной с гидромодулем 1 : 10.

Предложенный в результате оптимизации режим перколяции – степень измельчения 2 – 3 мм, однократная экстракция с гидромодулем 1 : 20 при 65 °С в течение 3 ч – обеспечивает максимальный выход целевых компонентов и может быть эффективно использован для получения стандартизированных экстрактов с высокой производительностью и минимальными энергозатратами.

Также в своей работе [19] авторы изучали компонентный состав флавоноидов в спиртовых извлечениях из надземной части солодки голой, используя метод перколяции для более полного выделения флавоноидной фракции, где в качестве экстрагента использовался 70 % этиловый спирт.

В статье [20] оценивали эффективность экстракции фенольных соединений из травы одуванчика методами дробной мацерации и перколяции с использованием 40 и 70 % этилового спирта. Качество извлечения и состав биологически активных веществ оценивали методами тонкослойной хроматографии (ТСХ) и дифференциальной спектрофотометрии.

Качественный состав экстрактов, полученных разными методами, был схож. Во всех образцах идентифицировали зону фенилпропаноидов ($R_f \approx 0,4$) и лютеолина ($R_f \approx 0,7$). Интенсивность пятен в хроматограммах шротов была значительно ниже, что подтверждает удовлетворительную полноту извлечения. Спектральный анализ показал характерные максимумы поглощения при 330 ± 2 нм и 295 ± 2 нм, указывающие на присутствие фенилпропаноидов.

Количественный анализ выявил различия в эффективности методов. Содержание фенольных соединений в исходном сырье составляло от 1,69 до 2,2 % в пересчете на лютеолин. При перколяции 70 % спиртом достигнута максимальная степень экстракции – 75 %, а именно 0,33 % – в настойке, 0,55 % – в шроте. Дробная мацерация с тем же экстрагентом обеспечила извлечение 50,3 %: 0,17% – в настойке, 0,84 % – в шроте. Применение 40% спирта в мацерации оказалось наименее эффективным, обеспечив извлечение только 29,6 % фенольных соединений.

Таким образом, перколяция с использованием 70 % этилового спирта признана оптимальным методом получения настойки одуванчика, обеспечивающим максимальный выход биологически активных веществ.

Главное преимущество перколяции перед статическими методами экстракции заключается в создании условий для более полного извлечения целевых компонентов благодаря постоянному обновлению экстрагента и поддержанию максимальной разности концентраций. Это обеспечивает не только повышенный выход биологически активных веществ, но и сокращение общей продолжительности процесса. Основными недостатками метода являются критическая зависимость эффективности от равномерности подготовки и загрузки сырья, что при нарушениях ведет к каналообразованию, слеживанию и резкому падению полноты экстракции. Это требует применения более сложного и дорогостоящего оборудования, например, перколяторов с дренажными системами. Кроме того, метод имеет ограниченную применимость для сырья с высоким содержанием слизистых веществ или с плотной матрицей, где затруднены диффузия и проницаемость слоя.

Перспективным направлением является *реперколяция* – многократная перколяция в батарее последовательно соединенных перколяторов: количество аппаратов определяется сложностью экстрагирования конкретного вида сырья и варьируется от 3 до 10.

Данный процесс представляет собой усовершенствованную технологию экстракции, основанную на принципе противоточного взаимодействия растительного сырья и экстрагента, создавая максимальный градиент концентрации по всей длине системы и позволяя получать концентрированные вытяжки без дополнительного упаривания, что существенно снижает энергозатраты и исключает термическое воздействие на термолабильные компоненты. В отличие от классической перколяции, где экстрагент однократно проходит через фиксирован-

ный слой сырья, в реперколяции он циркулирует через каскад перколяторов, содержащих свежее, частично истощенное и почти полностью экстрагированное сырье.

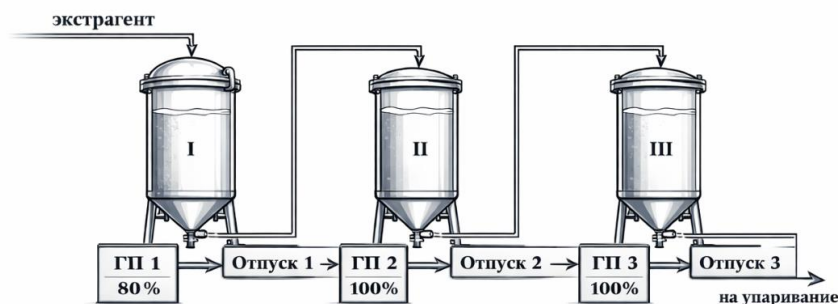


Рисунок 2. Схема реперколяции с делением сырья на равные части с законченным циклом: ГП 1 – первая порция готового продукта, 80 %; ГП 2 – вторая порция готового продукта, 100%; ГП 3 – третья порция готового продукта, 100 %; 1, 2, 3 отпуски – соответственно из I-го, I-го и II-го перколяторов

Температурный режим процесса поддерживается в диапазоне 25 – 65 °С, продолжительность полного цикла экстракции составляет от 3 до 6 ч, при этом время контакта экстрагента с каждой порцией сырья регулируется в пределах 30 – 90 мин. Скорость потока экстрагента через систему перколяторов составляет 1-3 объема в час, что обеспечивает оптимальное время контакта фаз. Гидро модуль процесса поддерживается в соотношении 1:5 – 1:8 для каждой отдельной стадии, при этом общий расход растворителя оказывается на 30 – 40% ниже по сравнению с традиционной перколяцией. Важным технологическим параметром является степень измельчения сырья, которая обычно составляет 3 – 8 мм. Особенностью метода является возможность ступенчатой регулировки температуры в отдельных колоннах системы, что позволяет извлекать различные группы соединений [2 – 4].

Эффективность реперколяции обусловлена полным использованием растворяющей способности экстрагента и максимальным истощением сырья, что делает его перспективным для переработки трудноэкстрагируемого растительного материала.

Ключевым преимуществом реперколяции является достижение высокой степени извлечения целевых компонентов при значительной экономии экстрагента и сокращении времени процесса. Система обеспечивает автоматизированный непрерывный режим работы с возможностью точного контроля параметров на каждой стадии. Технология позволяет получать экстракты с заданной концентрацией действующих веществ и обеспечивает стабильность выходных показателей. Однако метод требует сложного аппаратного оформления и повышенных затрат. Существенным ограничением является необходимость тщательной подготовки сырья и поддержания постоянных гидродинамических параметров процесса. Несмотря на эти ограничения, метод остается оптимальным решением для производств, требующих высокой степени извлечения ценных соединений при сохранении их биологической активности.

В ходе исследования [21] процессов экстракции биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья авторами были установлены оптимальные параметры получения фитопрепаратов из очанки, марьянника и коровяка. Для экстракции применяли этанол различных концентраций: 50 % для марьянника, 70 % для коровяка черного, а для очанки – 40 и 70 % в зависимости от целевого продукта.

Исследование показало, что степень измельчения сырья является критически важным параметром эффективности экстракции. Для всех видов исследуемого сырья оптимальный размер частиц составил 0,25 – 2 мм. Установлено время наступления равновесного состояния в системе «сырье-экстрагент»: для травы очанки – 8 ч, марьянника – 6 ч, коровяка черного – 10 ч.

В табл. 1 представлено влияние метода экстракции на выход биологически активных веществ из очанки.

Таблица 1. Влияние метода экстракции на выход БАВ в спиртовые извлечения очанки

Метод экстракции	Выход БАВ в % от содержания в сырье		
	Иридоиды, %	Флавоноиды, %	Полифенольные вещества, %
Ремацерация	52,31	47,44	49,68
Перколяция	36,67	50,80	48,56
Реперколяция	70,12	62,53	89,45
Фильтрационная экстракция	65,38	33,03	34,44
Вихревая экстракция	59,62	30,09	36,05

В табл. 2 представлено влияние метода экстракции на выход биологически активных веществ из марьянника.

Таблица 2. Влияние метода экстракции на выход БАВ в спиртовые извлечения марьянника

Метод экстракции	Выход БАВ в % от содержания в сырье	
	Иридоиды, %	Флавоноиды, %
Ремацерация	60,17	70,77
Реперколяция	74,58	80,10
Фильтрационная экстракция	31,52	40,35
Вихревая экстракция	25,93	33,33

Сравнительный анализ методов экстракции: ремацерации, перколяции, реперколяции, а также фильтрационной и вихревой экстракции, представленный в табл. 1 и 2, продемонстрировал преимущество метода реперколяции для извлечения максимального количества биологически активных веществ из травы очанки и марьянника. Для коровяка черного также подтверждена эффективность реперколяции по сравнению с другими изученными методами.

В рамках другой научной работы [22] проведена разработка экстракционного препарата с противовоспалительными и венотонизирующими свойствами из смеси листьев и цветков каштана конского обыкновенного. Первоначальный фитохимический анализ подтвердил наличие ключевых биологически активных веществ, характерных для данного вида сырья. Водные извлечения показали присутствие тритерпеновых сапонинов, что было установлено с помощью качественных реакций. Количественное гравиметрическое определение показало содержание сапонинов на уровне $2,50 \pm 0,11$ % в листьях и $4,76 \pm 0,10$ % в цветках.

Также в сырье идентифицированы конденсированные дубильные вещества. Их количественное содержание, определенное перманганатометрически, составило $10,69 \pm 1,8$ % в листьях и $7,64 \pm 3,1$ % в цветках. Особое внимание уделено флавоноидному комплексу. Наибольшее извлечение суммы флавоноидов достигнуто при использовании 70 % этанола: $2,32 \pm 0,05$ % в листьях и $1,91 \pm 0,05$ % в цветках.

На основании проведенного анализа в качестве оптимального экстрагента выбран 70 % этанол, обеспечивающий максимальный выход как флавоноидов, так и сапонинов. Расчеты показали, что метод реперколяции с завершенным циклом в батарее из трех перколяторов обладает наивысшей теоретической эффективностью – 97,1 %, значительно превосходя показатели мацерации и ремацерации.

Практическое получение жидкого экстракта (1 : 1) осуществлено методом реперколяции с завершенным циклом. После трехсуточного экстрагирования и последующего отстаивания при $+8$ °C в течение 7 сут. был получен препарат, стандартизированный по содержанию флавоноидов ($2,05 \pm 0,05$ %) и сапонинов ($3,53 \pm 0,17$ %). Качественный состав подтвержден хроматографически.

Таким образом, разработана технология получения стандартизированного жидкого экстракта из листьев и цветков каштана конского, обладающего подтвержденной фармакологической активностью. Определены методы стандартизации конечного продукта по основным группам биологически активных соединений.

В статье [23] авторами было проведено исследование, направленное на определение оптимального режима экстракции для получения растительного эмульгатора с улучшенными функционально-технологическими свойствами из корней мыльнянки лекарственной (*Saponaria officinalis* L.). Сравнивали два метода: реперколяцию и классическое настаивание.

Экстракцию проводили горячей водой 87 – 90 °С. При реперколяции использовали батарею из пяти перколяторов, что позволило сократить общее время процесса до 80 – 90 мин при гидромодуле 1 : 7,5. В ходе экстракции последовательно получали несколько фракций. Первая фракция характеризовалась максимальным содержанием сапонинов (72,6 % в пересчёте на сухое вещество) и высокой концентрацией сухих веществ (9 %). Она демонстрировала отличные функциональные свойства: пенообразующую способность 500 %, устойчивость пены 100 %, эмульгирующую способность 17,3 % и точку инверсии 138 мл. Вторая фракция, полученная при вторичной экстракции, содержала меньше сапонинов (43,1 %) и больше полисахаридов (21,2 %), а её технологические показатели были существенно ниже.

Метод настаивания в течение 150 мин при гидромодуле 1:8 давал экстракт с сопоставимым содержанием сапонинов (72,1 %), но с вдвое большим количеством полисахаридов (8,9 %), что негативно сказывалось на пенообразующих и эмульгирующих свойствах. Его показатели были ниже: пенообразующая способность 304 %, эмульгирующая способность 9,4 %.

Таким образом, реперколяция доказала своё преимущество, обеспечивая не только более высокое качество экстракта, но и сокращение времени обработки. Первая фракция экстракта, полученная этим методом, может быть использована в качестве высокоэффективного эмульгатора, вторая – в смеси с первой для экономии сырья. Концентрирование экстракта в процессе реперколяции позволило достичь концентрации сухих веществ до 22 %.

Метод Сокслета, разработанный Францем фон Сокслетом в 1879 г., остается фундаментальным способом твердо-жидкостной экстракции, основанный на принципе многократного циклического воздействия свежего экстрагента на фиксированную навеску растительного сырья. Принцип действия метода основан на циклической организации процесса, где летучий органический растворитель последовательно проходит стадии испарения, конденсации и экстракции. Конструкция аппарата включает три основных компонента: круглодонную колбу для нагрева растворителя, экстракционную камеру с растительным сырьем и обратный холодильник.

Конструктивно аппарат Сокслета реализует следующий цикл: пары нагретого растворителя поднимаются в холодильник, конденсируются, и жидкий дистиллят капельно поступает в экстракционную камеру (гильзу Сокслета), содержащую растительную матрицу. По мере заполнения камеры происходит контакт сырья с чистым растворителем, после чего при достижении определенного уровня срабатывает сифонный механизм, осуществляющий возврат насыщенного экстракта в колбу-кипятильник. В кипятильнике экстрагент повторно испаряется, оставляя нелетучие экстрактивные вещества. Этот цикл повторяется многократно в течение 12 – 48 ч, обеспечивая постоянное обновление экстрагента и максимальное извлечение целевых соединений.

Эффективность процесса определяется рядом критических параметров. Температурный режим задается точкой кипения выбранного растворителя, обычно составляя 60 – 80 °С для большинства органических сред (например, гексан $T_{\text{кип}} \approx 69$ °С, этилацетат $T_{\text{кип}} \approx 77$ °С или метанол $T_{\text{кип}} \approx 65$ °С), и требует особого контроля при работе с термолабильными соединениями. Выбор растворителя осуществляется с учетом полярности экстрагируемых веществ – от неполярных гексанов для масел до полярных спиртов для фенольных соединений. Важным параметром является частота циклов - типичная установка совершает 4 – 6 полных циклов в час, обеспечивая постоянное обновление экстрагента. Продолжительность одного цикла зависит от конструкции аппарата и мощности нагрева, составляя, как правило, 15 – 40 мин, что приводит к общей длительности процесса от 6 до 24 ч и более. Существенное влияние на эффективность экстракции оказывает размер частиц растительного сырья, который обычно не превышает 1 – 2 мм, и что оптимизирует процесс диффузии при сохранении необходимой проницаемости слоя [18, 24, 25, 26].

Метод демонстрирует особую эффективность при работе с липофильными соединениями [27] и термостабильными компонентами растительного происхождения. Технология широко востребована для извлечения алкалоидов [28], терпеноидов [29], жирных масел [30] из различных видов сырья - семян, корней, коры и листьев.

К преимуществам метода относятся высокая степень извлечения целевых компонентов, автономность и возможность стандартизации условий экстракции. Однако метод имеет некоторые минусы, включая продолжительность процесса, риск термической деградации чувствительных веществ и необходимость последующего удаления больших объемов растворителя из полученного экстракта. Помимо этого, значительный расход дорогостоящих и зачастую токсичных органических растворителей противоречит современным принципам «зеленой» химии и повышает стоимость и экологическую нагрузку процесса.

Авторы [31] исследовали экстракцию околоплодника грецкого ореха методом Сокслета. В качестве экстрагентов применяли воду, этанол и их смеси в различных соотношениях объемом 45 мл. Для экстракции использовали измельченную зеленую кожуру, покрывающую скорлупу грецкого ореха, которая предварительно была заморожена, а затем высушена. Масса навески растительного сырья составляла 5 г.

Экстракция проводилась в аппарате на полуавтоматическом аппарате Сокслета «АСВ-6», где проба выдерживалась в растворителе полчаса, после чего переводилась в режим промывки чистым растворителем – основной стадии экстракции, продолжавшейся 1 – 3 ч. По окончании процесса в колбе оставался концентрированный экстракт. Продукт после центрифугирования (3300 об/мин, 10 мин) использовали в качестве материала для анализа фенольных соединений.

Методом математического моделирования были определены оптимальные условия извлечения БАВ. Показано, что использование 90 %-ного этанола обеспечивает максимальный выход фенольных соединений при времени экстракции 150 мин. Этанол-водная смесь в соотношении 80 : 20 также демонстрировала высокую эффективность, достигаемую при 120-минутной обработке. В обоих случаях наблюдалось значительное увеличение концентрации целевых соединений, что подтверждает высокую чувствительность экстракционного процесса к выбору растворителя и времени обработки.

Другим примером эффективного использования метода Сокслета является извлечение комплекса БАВ из корневых культур *in vitro* лекарственных растений [32].

В ходе работы была апробирована методика экстракции по Сокслету с использованием органических растворителей, специфичных для каждого вида сырья: для любки двулистной и лимонника китайского применяли ацетон, тогда как для кодонопсиса мелковололистого – этилацетат. После проведения экстракции с объемом растворителя 35 мл на навеску массой 1 г, полученные суспензии подвергали фильтрации и центрифугированию при 4000 об/мин для отделения взвесей. Последующее упаривание фугата при пониженном давлении позволило получить чистые сухие экстракты и количественно оценить их выход.

Проведенные исследования позволили установить, что разработанная технология экстракции обеспечивает максимальный выход сухих экстрактов из лекарственных растений. Для всех изученных объектов – кодонопсиса мелковололистого (*Codonopsis pilosula*), любки двулистной (*Platanthera bifolia*) и лимонника китайского (*Schisandra chinensis*) – были определены унифицированные параметры процесса, показавшие наибольшую эффективность, которые представлены в табл. 3.

В исследовании [33] по разработке настойки из корней сапожниковии растопыренной (*Saposhnikovia divaricatae radices*) были определены рациональные параметры экстракции, обеспечивающие максимальный выход основных биологически активных веществ – хромонов. Для этого сравнивали эффективность различных методов: классической мацерации, перколяции, циркуляционной экстракции на аппарате Сокслета, а также интенсивных способов – ультразвуковой обработки и турбоэкстракции на магнитной мешалке. Наибольшее содержание целевых соединений – перв-О-глюкозилцимифугина (1,25 мг/мл), цимифугина

(0,21 мг/мл) и 4'-О-β-D-глюкозил-5-О-метилвисамминола (1,12 мг/мл) – было достигнуто при использовании аппарата Сокслета, что вдвое превысило показатели других методов.

Таблица 3. Оптимальные параметры извлечения экстрактов из корневых культур лекарственных растений и конечный выход экстракта

Растение	Растворитель	Гидромодуль	Продолжительность, мин	Температура, °С	Выход экстракта, %
Кодонопсис мелковолокнистый	Органический растворитель	1 : 10	60	40	16,92
Любка двулистная	Органический растворитель	1 : 10	60	40	17,46
Лимонник китайский	Органический растворитель	1 : 10	60	40	16,92

Важным фактором оказалась природа экстрагента. Оптимальной концентрацией этилового спирта признан 50 % раствор, при использовании которого выход указанных хромонов составил 1,66, 0,24 и 1,71 мг/мл соответственно. Также установлено влияние степени измельчения сырья. Наибольший суммарный выход хромонов (3,75 мг/мл) наблюдался при использовании фракции, проходящей через сито с диаметром отверстий 0,5 мм.

Качество полученной настойки стандартизировали методом ВЭЖХ-УФ. Исследование антирадикальной активности с помощью ДФПГ-теста продемонстрировало выраженную дозозависимую активность настойки. Максимальное ингибирование радикалов достигло 79,7 %, а значение IC₅₀ составило 3,66 мкл/мл, что сопоставимо с активностью аскорбиновой кислоты. Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения разработанной настойки в качестве источника антиоксидантных соединений.

Выводы

1. При сравнительной оценке методов экстракции растительного сырья ключевыми критериями выступают кинетика процесса, степень извлечения целевых соединений, технологическая сложность и применимость для различных морфологических групп сырья. Классическая мацерация как статический метод характеризуется выходом флавонолов до 70 % от исходного содержания в сырье, однако продолжительность процесса достигает 100 – 150 ч, что обусловлено диффузионными ограничениями и достижением равновесной концентрации. Несмотря на минимальную технологическую сложность и сохранение термолабильных соединений, метод уступает динамическим способам по степени истощения сырья.

2. Ремацерация, или многоступенчатая мацерация, позволяет преодолеть равновесное ограничение за счет многоступенчатой обработки, что в свою очередь обеспечивает кумулятивное накопление целевых компонентов в вытяжке, повышая как концентрацию, так и общий выход: например, содержание флавоноидов в экстракте золотарника канадского достигает 13,1 %, что вдвое превышает результат двукратной мацерации (6,54 %). Для настойки листьев черники оптимальная ремацерация с 40 % этанолом обеспечила концентрацию процианидинов 7,34 % против 5,25 % при перколяции. Выход иридоидов из очанки составил 52,3 %, флавоноидов – 47,4 %, полифенолов – 49,7 % от содержания в сырье.

3. Перколяция как динамический метод, основанный на конвективно-диффузионном массопереносе при фильтрации экстрагента через неподвижный слой сырья, сокращает время экстракции до 3 – 24 ч при высокой степени извлечения: выход гармина из корней *Reganum harmala* L. достиг 97 % за 3 ч (при содержании в сырье 1,3 %), а фенольных соединений из травы одуванчика – 75 % при использовании 70 % этанола. Для очанки перколяция обеспечила выход флавоноидов на уровне 50,8 %, полифенолов – 48,6 %.

4. Наиболее эффективной с точки зрения теории процессов массопередачи является реперколяция – противоточная экстракция в батарее последовательно соединённых аппаратов. Данный

способ обеспечивает степень извлечения целевых компонентов до 80 – 97 %. Выход полифенолов из очанки составил 89,5 %, флавоноидов из марьянника – 80,1 %, иридоидов – 74,6 %. Для каштана конского теоретическая эффективность метода достигла 97,1 %, а практическое содержание сапонинов в жидком экстракте – 3,53 %, флавоноидов – 2,05 %. Из корней мыльнянки первая фракция экстракта содержала 72,6 % сапонинов (в пересчете на сухое вещество).

5. Экстракция по Сокслету представляет собой циркуляционный метод, в котором осуществляется многократная конденсация и пропускание свежего растворителя через сырьё. Такой метод эффективен для извлечения труднодоступных соединений: выход сухих экстрактов из корневых культур лекарственных растений составил 16,9 – 17,5 %, содержание хромонов из корней сапожниковии растопыренной – 3,75 мг/мл, что вдвое выше показателей других методов. Однако длительное термическое воздействие (6 – 48 ч) ограничивает применение метода для термолабильных веществ.

6. Таким образом, эволюция экстракционных методов демонстрирует переход от равновесных статических процессов к динамическим и противоточным схемам, что сопровождается увеличением кинетических параметров, степени извлечения и технологической управляемости. Анализ подтверждает, что для лабораторных исследований и термолабильного сырья оптимальны мацерация и ремацерация (выход 50 – 70 %), тогда как в промышленных условиях доминируют реперколяция и другие интенсивные методы, обеспечивающие высокую воспроизводимость (до 90 %) и стандартизацию конечного продукта.

Критерий авторства

А. Е. Агафوشкина провела поиск, систематизацию и анализ литературных источников по теме исследования, выполнила обобщение экспериментальных данных, представленных в рассмотренных работах, структурировала материал и подготовила рукопись к публикации.

А. И. Ключников осуществил научное руководство исследованием, сформулировал концепцию обзора и определил критерии сравнительного анализа методов экстракции.

Contribution

A. E. Agafoshkina conducted a search, systematization, and analysis of literary sources on the research topic, summarized the experimental data presented in the reviewed works, structured the material, and prepared the manuscript for publication.

A. I. Klyuchnikov provided scientific guidance for the research, formulated the review concept, and defined the criteria for a comparative analysis of extraction methods.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Conflict of interest

The authors state that there are no conflicts of interest.

Список источников

1. Инновационные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья / Ю. С. Сидорова, Н. А. Петров, С. Н. Зорин, В. К. Мазо // Вопросы питания. 2023. № 6 (550). С. 28 – 37.

2. Дьякова Н.А., Сливкин А.И. Фармацевтическая технология экстракционных препаратов: учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 248 с.

3. Ваншин В.В. Технология получения растительных масел методом экстракции: учебное пособие. 2-е изд., стер. Оренбург: ОГУ, 2024. 117 с.

4. Чучалин В.С., Келус Н.В. Технология получения экстракционных фитопрепаратов: учебное пособие. Томск: Изд-во СибГМУ, 2019. 198 с.

5. Фомичева Н.В., Горло И.Н. Основы получения экстракционных препаратов из лекарственного растительного сырья: учебно-методическое пособие. Тверь: ТвГУ, 2024. 104 с.

6. Ожимкова Е. В., Ушаповский И. В. Современные методы переработки растительной биомассы: монография. Тверь: ТвГТУ, 2023. 164 с.
7. Дубашинская Н. В., Хишова О. М., Шимко О. М. Характеристика способов получения экстрактов и их стандартизация (часть II) // Вестник фармации. 2007. № 2 (36). С. 70-79.
8. Лекарственные и пищевые растения Дальнего Востока: учебное пособие для самостоятельного изучения дисциплины для обучающихся направлений подготовки 35.03.01 Лесное дело ФГБОУ ВО Приморская ГСХА / ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. Изд. 2-е, доп. и перераб.; сост. В.Ю. Минхайдаров. Уссурийск, 2019. 366 с.
9. Андреев А.А. и др. Оптимизация способа получения и методик анализа препарата «Кратегус» / А.А. Андреев, В.А. Куркин, О.Е. Правдивцева, В.В. Стеняева, Т.М. Жавкина // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2025. № 1. С. 151-156.
10. Гейдаров Э.Э. Исследование влияния холодной мацерации на антоцианы и другие показатели состава соков и вин // Вестник науки. 2025. № 5 (86). С. 1165-1179.
11. Алиева Г. Р. Исследование ароматических соединений в мускатных соках и винах в зависимости от применяемой технологии // Вестник науки. 2025. № 4 (85). С. 1161-1174.
12. Сынгеева Э.В., Ламажапова Г.П. Биоактивные соединения в экстрактах из листьев облепихи и смородины: от химического состава до практического применения // Вестник МГТУ. 2025. № 2. С. 175-185.
13. Бакин И. А. и др. Исследование технологических процессов получения экстрактов ягод черной смородины / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, Л. А. Алексенко, П. Н. Лунин // Вестник КрасГАУ. 2014. № 12. С. 227-230.
14. Ушакова А. А., Базарнова Ю. Г. Технологические аспекты экстрагирования биофлавоноидов из дикорастущего пряно-ароматического сырья // Наука и современность. 2014. № 31. С. 133-137.
15. Адекенов С.М., Хабаров И.А., Искаков А. Оптимизация технологии экстракции корней *Reganum harmala L* // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 279-284.
16. Лукашов Р. И., Гурина Н. С., Повыдыш М. Н. Технология получения настойки и экстракта золотарника канадского травы (*Solidago canadensis*) // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2025. № 5. С. 541-549.
17. Хишова О. М. Технология получения настойки листьев черники обыкновенной // Вестник фармации. 2020. № 4 (90). С. 55-59.
18. Мусифулина В. М., Омаров М. М. Сравнительная характеристика методов экстрагирования растительного сырья // Вестник инновационного евразийского университета. 2021. № 4. С. 107-112.
19. Недилько О.В., Яницкая А.В., Гришанин Г.В. Детализация флавоноидного состава надземной части *Glycyrrhiza glabra L.* с помощью хромато-масс-спектрометрии // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2025. № 1. С. 201-208.
20. Азнагулова А.В. и др. Оптимизация процесса получения настойки в рамках комплексной переработки фитомассы одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale Wigg.*) / А.В. Азнагулова, В.А. Куркин, А.Г. Андреева, Е.А. Куприянова // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. № 5-2. С. 967-969.
21. Шрамм Н.И., Бабиян Л.К., Петриченко В. М. Экспериментальное обоснование технологии спиртовых извлечений из растений семейства норичниковые // Вестник РУДН. Серия: Медицина. 2011. № 1. С. 70-72.
22. Савченко Л.Н. и др. Разработка технологии и анализа экстракта жидкого из листьев и цветков каштана конского обыкновенного в качестве противовоспалительного и венотонирующего средства / Л.Н. Савченко, Т.Ф. Маринина, В.А. Карпенко, А.С. Саушкина // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. № 5-2. С. 612-617.
23. Ключкова И.С. Исследование процессов получения сапонинов из корней *Saponaria officinalis L* // Научные труды Дальрыбвтуза. 2011. С. 141-145.

24. Kumar M. et al. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review / M. Kumar, A. Dahuja, S. Tiwari, S. Punia, Y. Tak, R. Amarowicz, C. Kaur // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 353. P. 129431.
25. Xu W. et al. Genus *Picrasma*: A comprehensive review on its ethnopharmacology, phytochemistry and bioactivities / W. Xu, Z. Liang, X. Su, R. He, Q. Liang // *Journal of Ethnopharmacology*. 2021. Vol. 280. P. 114441.
26. Кедик С. А., Ковалёва Т. Ю., Седишев И. П. Химия и технология фитопрепаратов: учебно-методическое пособие. Москва: РТУ МИРЭА, 2023. 131 с.
27. Дегтярева Е.А. и др. Изучение влияния технологических факторов на выход липофильных веществ из растительного сырья тыквы / Е.А. Дегтярева, Л.И. Вишневская, С.В. Гарная, Е.А. Калько // *Химия растительного сырья*. 2019. № 3. С. 299-305.
28. Юсупов М. М. Способ-2 получения магнофлорин йодида // *Экономика и социум*. 2020. №8 (75). С. 367-369.
29. Сафина А. В. и др. Энерго- и ресурсосберегающая технология экстрагирования бетулина из отходов бересты березы / А. В. Сафина, Д. Р. Абдуллина, Р. Г. Сафин, Г. Р. Арсланова, К. В. Валеев // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*. 2021. № 4. С. 99-106.
30. Мараимова У. Р. и др. Липиды семян *Roemeria hybrida* / У. Р. Мараимова, С. Ф. Арипова, И. Ж. Жалолов, О. М. Назаров // *Химия растительного сырья*. 2024. № 3. С. 266-272.
31. Султанова М. Ж. и др. Экстракция околоплодника грецкого ореха и характеристика их фенольных соединений / М. Ж. Султанова, Х. А. Абдрахманов, Н. Акжанов, А. С. Садуакас, А. Б. Нурыш // *Известия НВ АУК*. 2022. № 3 (67). С. 233-242.
32. Асякина Л. К. и др. Разработка технологии извлечения комплекса биологически активных веществ из корневых культур *in vitro* лекарственных растений / Л. К. Асякина, Н. В. Фотина, А. А. Степанова, А. В. Позднякова, А. Ю. Просеков // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. № 3. С. 95-104.
33. Рабданова Н. П. и др. Разработка способа получения сапожниковии растопыренной корней настойки – источника хромонов, ее стандартизация и определение антирадикальной активности / Н. П. Рабданова, Б. М. Урбагарова, В. В. Тараскин, Ж. А. Тыхеев // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2022. № 12. С. 37-43.

References

1. Innovative methods of extraction of biologically active substances from plant raw materials. Yu. S. Sidorova, N. A. Petrov, S. N. Zorin, V. K. Maso. *Nutrition issues*, 2023, no. 6 (550), pp. 28-37.
2. Dyakova N.A., Slivkin A.I. *Pharmaceutical technology of extraction preparations: a textbook for universities*. 2nd ed., revised. Saint Petersburg: Lan Publ., 2025. 248 p.
3. Vanshin V.V. *Technology of obtaining vegetable oils by extraction: textbook*. 2nd ed., revised. Orenburg: OSU Publ., 2024. 117 p.
4. Chuchalin V.S., Kelus N.V. *Technology of extraction phytopreparations: a textbook*. Tomsk: Publishing House of SibSMU, 2019. 198 p.
5. Fomicheva N.V., Gorlo I.N. *Fundamentals of obtaining extraction preparations from medicinal plant raw materials: an educational and methodical manual*. Tver: TvSU Publ., 2024. 104 p.
6. Ozhimkova E. V., Ushapovsky I. V. *Modern methods of processing plant biomass: monograph*. Tver: TvSTU Publ., 2023. 164 p.
7. Dubashinskaya N. V., Khishova O. M., Shimko O. M. Characteristics of methods for obtaining extracts and their standardization (Part II). *Bulletin of Pharmacy*, 2007, no. 2 (36), pp. 70-79.
8. *Medicinal and food plants of the Far East: a textbook for independent study of the discipline for students of training areas 35.03.01 Forestry FSBEI HE Primorsky State Agricultural Academy* / FSBEI HE Primorsky State Agricultural Academy. Ed. 2nd, add. and reprint; comp. V.Yu. Minkhaidarov. Ussuriysk, 2019. 366 p.

9. Andreev A.A. et al. Optimization of the method of obtaining and methods of analysis of the drug «Krategus». A.A. Andreev, V.A. Kurkin, O.E. Pravdivtseva, V.V. Stenyaeva, T.M. Zhavkina. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy, 2025, no. 1, pp. 151-156.
10. Heydarov E.E. Investigation of the effect of cold maceration on anthocyanins and other indicators of the composition of juices and wines. Bulletin of Science, 2025, no. 5 (86), pp.1165-1179.
11. Alieva G. R. Research of aromatic compounds in nutmeg juices and wines depending on the applied technology. Bulletin of Science, 2025, no. 4 (85), pp. 1161-1174.
12. Syngееva E.V., Lamazhapova G.P. Bioactive compounds in extracts from sea buckthorn and currant leaves: from chemical composition to practical application. Bulletin of the Moscow State Technical University, 2025, no. 2, pp. 175-185.
13. Bakin I. A. et al. Research of technological processes for obtaining extracts of black currant berries. I. A. Bakin, A. S. Mustafina, L. A. Aleksenko, P. N. Lunin. Bulletin of KrasSAU, 2014, no. 12, pp. 227-230.
14. Ushakova A. A., Bazarnova Yu. G. Technological aspects of bioflavonoid extraction from wild-growing spicy-aromatic raw materials. Science and modernity, 2014, no. 31, pp. 133-137.
15. Adekenov S.M., Khabarov I.A., Isakov A. Optimization of the technology of extraction of Redapim harmala L roots. Chemistry of plant raw materials, 2020, no. 3, pp. 279-284.
16. Lukashov R.I., Gurina N.S., Povydysh. N.M. Technology of obtaining tincture and extract of goldenrod of the Canadian herb (*Solidago canadensis*). Bulletin of the Scientific Center for Expertise of medical devices, 2025, no. 5, pp. 541-549.
17. Khishova O. M. Technology of obtaining tincture of blueberry leaves. Bulletin of Pharmacy, 2020, no. 4 (90), pp. 55-59.
18. Musifulina V. M., Omarov M. M. Comparative characteristics of extraction methods of plant raw materials. Bulletin of the Innovative Eurasian University, 2021, no. 4, pp. 107-112.
19. Nedilko O.V., Yanitskaya A.V., Grishanin G.V. Detailing the flavonoid composition of the aboveground part of *Glycyrrhiza glabra* L. using chromatography-mass spectrometry. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy, 2025, no. 1, pp. 201-208.
20. Aznagulova A.V. et al. Optimization of the tincture production process within the framework of complex processing of dandelion medicinal phytomass (*Taraxacum officinale* Wigg.). A.V. Aznagulova, V.A. Kurkin, A.G. Andreeva, E.A. Kupriyanova. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2014, no. 5-2, pp. 967-969.
21. Shramm N.I., Babiyan L.K., Petrichenko V. M. Experimental substantiation of the technology of alcohol extracts from plants of the Norichnikaceae family. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Family: Medicine, 2011, no. 1, pp. 70-72.
22. Savchenko L.N. et al. Development of technology and analysis of liquid extract from leaves and flowers of horse chestnut as an anti-inflammatory and venotonizing agent. L.N. Savchenko, T.F. Marinina, V.A. Karpenko, A.S. Saushkina. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015, no. 5-2, pp. 612-617.
23. Klochkova I.S. Investigation of the processes of obtaining saponins from the roots of *Saponaria officinalis* L. Scientific works of Far Eastern State Technical Fisheries Higher Technical Educational Institution, 2011, pp. 141-145.
24. Kumar M. et al. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review. M. Kumar, A. Dahuja, S. Tiwari, S. Punia, Y. Tak, R. Amarowicz, C. Kaur. Food Chemistry, 2021, vol. 353, p. 129431.
25. Xu W. et al. Genus Picrasma: A comprehensive review on its ethnopharmacology, phytochemistry and bioactivities. W. Xu, Z. Liang, X. Su, R. He, Q. Liang. Journal of Ethnopharmacology, 2021, vol. 280, p. 114441.
26. Kedik S. A., Kovaleva T. Yu., Sedishev I. P. Chemistry and technology of phytopreparations: an educational and methodical manual. Moscow: Russian University of Technology – Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation Publ., 2023. 131 p.

27. Degtyareva E.A. et al. Studying the influence of technological factors on the yield of lipophilic substances from pumpkin vegetable raw materials. E.A. Degtyareva, L.I. Vishnevskaya, S.V. Garnaya, E.A. Kalko. Chemistry of vegetable raw materials, 2019, no. 3, pp. 299-305.
28. Yusupov M. M. Method-2 of obtaining magnoflorine iodide. Economics and Society, 2020, no. 8 (75), pp. 367-369.
29. Safina A.V. et al. Energy- and resource-saving technology for extracting bitumen from birch bark waste. A.V. Safina, D. R. Abdullina, R. G. Safin, G. R. Arslanova, K. V. Valeev. Bulletin of Moscow State University of Forests – Forest Bulletin, 2021, no. 4, pp. 99-106.
30. Maraimova U. R. et al. Lipids of Roemeria hybrida seeds. U. R. Maraimova, S. F. Arpova, I. J. Zhalolov, O. M. Nazarov. Chemistry of plant raw materials, 2024, no. 3, pp. 266-272.
31. Sultanova M. J. et al. Extraction of walnut pericarp and characterization of their phenolic compounds. M. J. Sultanova, H. A. Abdrakhmanov, N. Akzhanov, A. S. Sadua-kas, A. B. Nurysh. Bulletin of Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education, 2022, no 3 (67), pp. 233-242.
32. Asyakina L. K. et al. Development of technology for extracting a complex of biologically active substances from root cultures of medicinal plants in vitro. L. K. Asyakina, N. V. Fotina, A. A. Stepanova, A.V. Pozdnyakova, A. Yu. Prosekov. Storage and processing of agricultural raw materials, 2021, no. 3, pp. 95-104.
33. Rabdanova N. P. et al. Development of a method for obtaining sapozhnikovii root-spread tincture, a source of chromones, its standardization and determination of antiradical activity. N. P. Rabdanova, B. M. Urbagarova, V. V. Taraskin, Zh. A. Tyheev. Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry, 2022, no. 12, pp. 37-43.

Информация об авторах

А.Е. Агафошкина – аспирант, тел. +7 (953) 462-56-55, e-mail: agafoshkina.nastya@mail.ru, ORCID 0009-0003-2172-7137; eLIBRARY SPIN 8370-6543;

А. И. Ключников – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца, тел. +7 (950) 755-83-62, e-mail: a.klyuchnikov@mgutm.ru, ORCID 0000-0002-8161-0040; eLIBRARY SPIN 4715-2289.

Information about the authors

A.E. Agafoshkina – Postgraduate student, phone: +7 (953) 462-56-55, e-mail: agafoshkina.nastya@mail.ru, ORCID 0009-0003-2172-7137; eLIBRARY SPIN 8370-6543;

A.I. Klyuchnikov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Winemaking Technology, Fermentation and Chemistry named after. G. G. Agabalyants, phone: +7 (950) 755-83-62, e-mail: a.klyuchnikov@mgutm.ru, ORCID 0000-0002-8161-0040; eLIBRARY SPIN 4715-2289.

Поступила в редакцию: 24.12.2025; принята после рецензирования: 12.02.2026; принята к публикации: 26.02.2026.

Received: 24.12.2025; revised: 12.02.2026; accepted: 26.02.2026.

Научная статья

УДК 631.37

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-130-142

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ КУЗОВА НИЗКОРАМНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ

**Белоусов Николай Иванович^{1✉}, Бабков Андрей Петрович¹, Варавин Владимир Иванович¹,
Гуреев Юрий Анатольевич¹, Блинков Борис Сергеевич¹, Гороховцев Алексей Олегович²**

¹Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 305021, Россия,
Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70

²Брянский государственный инженерно-технологический университет, 241037, Россия,
Брянская область, г. Брянск, пр-т Станке Димитрова, д. 3
belnikiva@mail.ru✉

Аннотация. В результате исследований установили, что такие операции, как погрузка, доставка на поле и внесение химических мелиорантов, осуществляются в установленной очередности. Транспортно-технологические агрегаты, используемые на этих операциях, требуют значительных затрат денежных средств, ресурсов и времени. Определение и расчёт транспортно-технологических агрегатов на внесении химических мелиорантов формирует условия для применения агрегата с наиболее рациональными параметрами. Погрузка, доставка на поле, внесение химических мелиорантов выполняются разными агрегатами и техническими средствами. Совмещённое применение 2 операций одним и тем же техническим средством возможно только при выгрузке химических мелиорантов из кузова автомобиля, транспортировавшего их, в кузов разбрасывателя для внесения химических мелиорантов. В современных условиях данная операция применяется при равном объёме кузовов автомобиля-самосвала и машины для внесения химических мелиорантов, или же, если разбрасыватель используется по прямоточной технологии внесения на небольшом расстоянии от склада до поля. Мы предлагаем использовать автомобили-самосвалы на доставке химических мелиорантов разной марки и их вместимости кузова, которая не привязана к вместимости кузова машины для внесения химических мелиорантов, т.е. вместимости имеют разный объём. Форма кузова машины для внесения химических мелиорантов оказывает существенное влияние: на затраты денежных средств, на изготовление кузова и на сам технологический процесс внесения химических мелиорантов. Поэтому важной составляющей данного исследования является определение наиболее рациональных показателей и формы кузова машины для внесения химических мелиорантов.

Ключевые слова: кузов, машина, форма, прямоугольный параллелепипед, трапецевидная призма

Для цитирования: Обоснование формы кузова низкорамной машины для внесения химических мелиорантов / Н.И. Белоусов, А.П. Бабков, В.И. Варавин, Ю.А. Гуреев, Б.С. Блинков, О.А. Гороховцев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 130-142. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-130-142>.

Права: © Н.И. Белоусов, А.П. Бабков, В.И. Варавин, Ю.А. Гуреев, Б.С. Блинков, О.А. Гороховцев (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

JUSTIFICATION OF THE BODY SHAPE OF A LOW-FRAME MACHINE FOR APPLYING CHEMICAL AMELIORANTS

**Nikolay I. Belousov^{1✉}, Andrey P. Babkov¹, Vladimir I. Varavin¹, Yuri A. Gureev¹,
Boris S. Blinkov¹, Alex O. Gorokhovtsev²**

¹Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 70 Karl Marx Str., Kursk,
Kursk region, 305021, Russia

²Bryansk State Technological University of Engineering, 3 Stanke Dimitrova Ave., Bryansk,
Bryansk Region, 241037, Russia
belnikiva@mail.ru✉

Abstract. As a result of the research, it was established that operations such as loading, delivery to the field and the application of chemical ameliorants are carried out in the prescribed order. The transport and technological units used in these operations require significant expenditure of money, resources and time. The definition and calculation of transport and technological units for the application of chemical ameliorants creates the conditions for the use of the unit with the most rational parameters. Loading, delivery to the field, and application of chemical ameliorants are carried out by various units and technical means. The combined use of two operations by the same technical means is possible only when unloading chemical ameliorants from the body of the car that transported them into the body of the spreader for applying chemical ameliorants. In modern conditions, this operation is used with an equal volume of dump truck bodies and machines for applying chemical ameliorants, or if the spreader is used using direct-flow technology at a short distance from the warehouse to the field. We suggest using dump trucks for the delivery of chemical ameliorants of different brands and their body capacity, which is not tied to the capacity of the car body for applying chemical ameliorants, i.e. the capacities have different volumes. The shape of the body of a machine for applying chemical ameliorants has a significant impact: on the cost of money, on the manufacture of the body and on the technological process of applying chemical ameliorants itself. Therefore, an important component of this study is to determine the most rational parameters and the shape of the car body for applying chemical ameliorants.

Keywords: body, car, shape, rectangular parallelepiped, trapezoidal prism

For citation: Justification of the body shape of a low-frame machine for applying chemical ameliorants. N.I. Belousov, A.P. Babkov, V.I. Varavin, Yu.A. Gureev, B.S. Blinkov, A.O. Gorokhovtsev. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 130-142. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-130-142>.

Copyright: © N.I. Belousov, A.P. Babkov, V.I. Varavin, Yu.A. Gureev, B.S. Blinkov, A.O. Gorokhovtsev. (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Российский агропромышленный комплекс является одним из основных направлений, который обеспечивает продовольственную безопасность страны. По доходам в бюджет агропромышленный комплекс от экспорта своей продукции занимает второе место после нефтегазовой отрасли. Укрепление и усиление агропромышленного комплекса страны является верным направлением государственной политики. Одним из приоритетных факторов стратегии развития агропромышленного комплекса является внедрение и развитие новых современных методов ведения сельскохозяйственной отрасли. Основным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур, является внесение удобрений [1-4]. В Курской области площадь пахотных почв составляет 1,86 млн. га, из них с кислой реакции среды приходится до 60%. Плановый показатель известкования кислых почв Курской области в год - 25 тыс. га, а фактический - 7,6 тыс. га, что требует более прогрессивной работы в этом направлении. Внесение химических мелиорантов на основе кальцийсодержащих соединений - это основа для восстановления плодородия почвы, снижения кислотности и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [5] и улучшения полезной микрофлоры почв [6]. Существующие средства механизации для внесения химических мелиорантов представлены различными типами и марками [7-10], они могут использоваться в основном по прямой технологии внесения, когда расстояние от поля до склада не большое, так же и по перегрузочной технологии, но с дополнительными специализированными средствами. Мы предлагаем использовать новую транспортно-технологическую схему внесения химических мелиорантов, в которой на транспортировании используются обычные автотранспортные средства и перегрузка происходит непосредственно в низкорамный кузов машины для их внесения, без дополнительных перегрузчиков. Поэтому важное значение имеет обоснование формы кузова низкорамной машины для внесения химических мелиорантов. Для этого рассмотрели две формы кузова, которые наиболее применимы в транспортно-технологических средствах, это прямоугольный параллелепипед и трапециевидная призма.

При использовании кузова в форме прямоугольного параллелепипеда необходимо изготавливать разбрасывающий рабочий орган по всей ширине кузова, чтобы обеспечить пода-

чу химических мелиорантов к разбрасывающему рабочему органу без образования сводов и слёживания их, что вызывает трудности в проектировании и разработке, это приводит к большим затратам денежных средств и громоздкой конструкции машины. Увеличение ширины подающего транспортёра машины для внесения химических мелиорантов приводит к увеличению дополнительных затрат на изготовление. Если использовать разбрасывающие рабочие органы, которые наиболее применимы для разбрасывателей минеральных удобрений и химических мелиорантов, тогда необходимо уменьшение и сужение подающего потока непосредственно перед разбрасывающими органами. Иначе химические мелиоранты, будут слёживаться, оставаться в углах и не подаваться на выгрузку для внесения, поэтому необходимо перед этими рабочими органами ставить дополнительные устройства и механизмы, это могут быть вибраторы, пневмоотбойники или же производить очистку вручную. Это приводит к дополнительным затратам по времени, часть вносимого материала остаётся в кузове разбрасывателя, приходится производить очистку, увеличивается время простоя.

Форма трапециевидной призмы кузова машины для внесения химических мелиорантов позволяет рационально распределить мелиоранты в кузове, способствует полной выгрузке их. Данная форма предотвращает явление слёживания и уплотнения мелиорантов, происходит постоянный самотёк сыпучего материала, под действием силы тяжести мелиоранты перемещаются ближе к центру подающего транспортёра, тем самым, исключая возникновение зон, где они задерживаются и остаются в кузове. Форма даёт возможность производить полную подачу мелиорантов к рабочим органам. Отсутствие дополнительных устройств, направленных на борьбу со слёживанием мелиорантов, даёт меньшее потребление мощности на привод через вал отбора мощности или гидравлической системы трактора. Это позволяет снизить расход топлива, сократить затраты времени на технологическое обслуживание агрегата.

Цель исследования – повышение эффективности работы низкорамной машины для внесения химических мелиорантов за счёт обоснования формы её кузова.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в период 2024-2025 гг. в лаборатории кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

Объект исследования – низкорамная машина для внесения химических мелиорантов.

Предмет исследования – форма кузова низкорамной машины для внесения химических мелиорантов.

При проведении экспериментальных исследований использовались макеты кузовов автомобилей-самосвалов и разбрасывателя химических мелиорантов в масштабе 1:15. Исследовались марки автомобилей-самосвалов, наиболее применяемых на транспортировке в аграрном производстве. Угол наклона бортов кузова разбрасывателя устанавливали 60°, 75° и 90°. Соответственно при установке бортов кузова 60° и 75°, исследовали форму кузова трапециевидной призмы, при установке бортов 90° исследовали форму кузова прямоугольного параллелепипеда. Ширину нижнего основания принимали 0,8 м, 1,2 м, 1,6 м, 1,8 м, и 2,2 м. Высоту нижнего основания изменяли от 0,3 м до 0,7 м, через 0,1 м. Выгрузку химических мелиорантов производили из моделей кузовов автомобилей-самосвалов в кузов разбрасывателя [6, 7].

Главная операция в технологическом процессе на погрузке, транспортировании и внесении химических мелиорантов, выявляется по наивысшим затратам денежных средств на производимую работу. Исходя из хронометражных наблюдений и расчётов, наименее затратной операцией является погрузка химических мелиорантов, более затратными являются транспортировка и внесение. Мы предлагаем выгрузку химических мелиорантов производить непосредственно из кузова автомобиля-самосвала в кузов машины для внесения без дополнительной перегрузки и погрузочных средств. При этом полное заполнение кузова машины для внесения происходит при её перемещении.

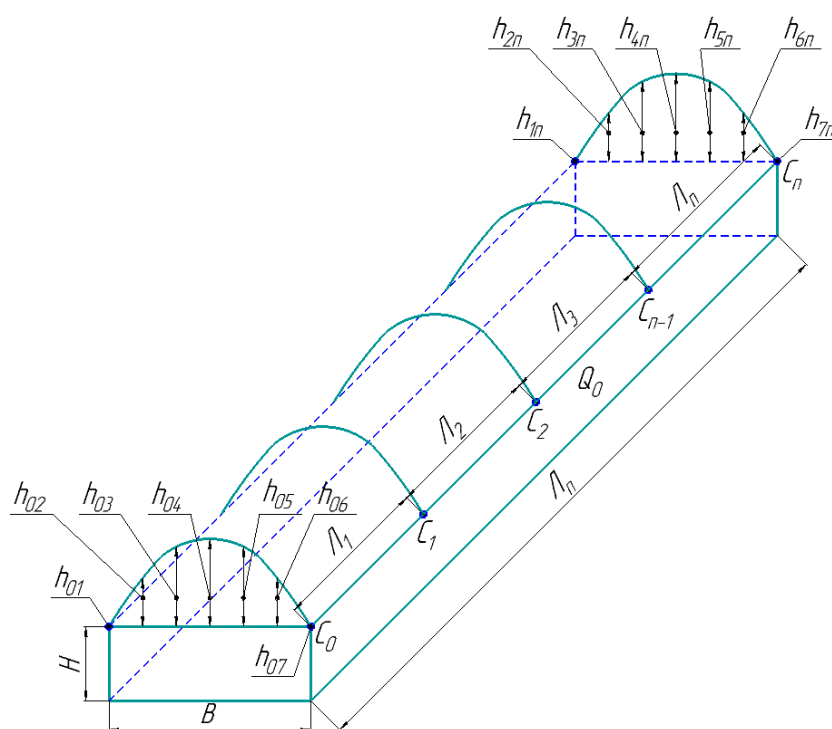
Результаты исследований и их обсуждение

При выгрузке химических мелиорантов из кузова автомобиля-самосвала в кузов низкорамной машины для внесения, образуется сложная форма насыпного материала (см. рис. 1).

Проведены исследования кузова в форме прямоугольного параллелепипеда, где все грани и основания прямоугольники. Очертание и форма выгруженных химических мелиорантов определяется параметрами и размерами кузова разбрасывателя и свойствами материала. Объем выгруженных химических мелиорантов выразим через площади поперечных сечений насыпной части, расположенной выше объема прямоугольного параллелепипеда, по следующей зависимости:

$$Q_{\Pi} = L_1 \int_{c_0}^{c_1} f_1(L) dL + L_2 \int_{c_1}^{c_2} f_2(L) dL + \dots + L_n \int_{c_{n-1}}^{c_n} f_n(L) dL + Q_0, \quad (1)$$

где Q_{Π} – общий объем, занимаемый химическими мелиорантами в кузове машины в форме прямоугольного параллелепипеда для их внесения, м^3 ; L_1 ; L_2 ; ... L_n – длина 1; 2; ... n -ой части общей длины L_{Π} кузова разбрасывателя образованной при выгрузке химических мелиорантов; c_0 ; c_1 ; c_2 ; ... c_{n-1} ; c_n – соответственно нижние и верхние пределы интегрирования; f_1 ; f_2 ... f_n – величина функции 1; 2; ... n -ой части общей длины L_{Π} кузова разбрасывателя; Q_0 – объем химических мелиорантов правильной формы, образованный габаритами и пропорциями прямоугольного параллелепипеда, м^3 ; L_{Π} ; B ; H – соответственно длина, ширина и высота химических мелиорантов в кузове машины для их внесения прямоугольного параллелепипеда, м .



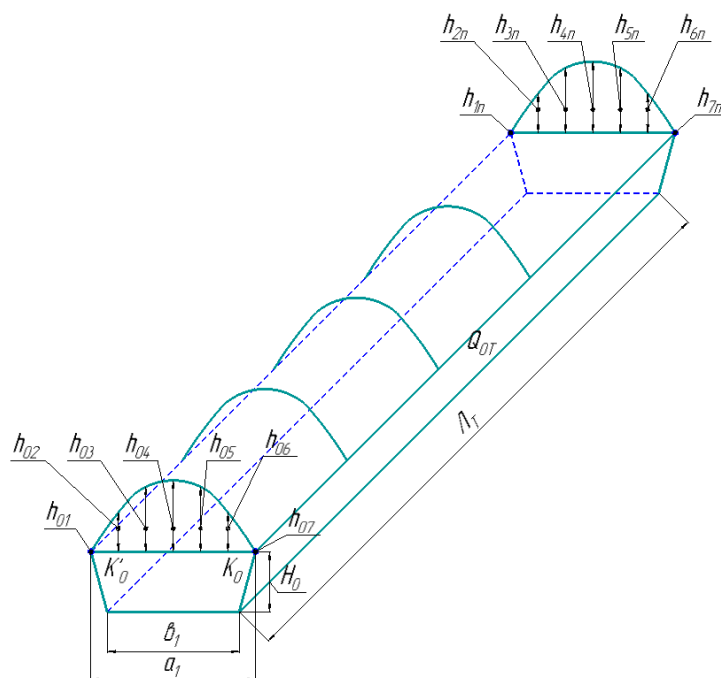


Рисунок 2. Схема распределения химических мелиорантов в кузове разбрасывателя в форме трапецевидной призмы

Используя свойство определённых интегралов, получили более точное значение площадей, а соответственно и объёмов образованных насыпной частью. Отдельные объёмы представим следующими формулами (см. рис. 2):

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= L_1 \int_{c_0}^{c_1} f_1(L) dL = L_1 \frac{(K_0 - K'_0)}{m} \left(\frac{h_{01} + h_{0n}}{2} + h_{02} + \dots + h_{0(n-1)} \right); \\
 Q_2 &= L_2 \int_{c_1}^{c_2} f_2(L) dL = L_2 \frac{(K_1 - K'_1)}{m} \left(\frac{h_{11} + h_{1n}}{2} + h_{12} + \dots + h_{1(n-1)} \right); \\
 &\dots \\
 Q_n &= L_n \int_{c_{n-1}}^{c_n} f_n(L) dL = L_n \frac{(K_n - K'_n)}{m} \left(\frac{h_{n1} + h_{nn}}{2} + h_{n2} + \dots + h_{n(n-1)} \right).
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $K'_0, K'_1 \dots K'_n$; $K_0, K_1 \dots K_n$ – соответственно начальные и конечные точки отчёта по верхней ширине формы кузова трапецевидной призмы машины для внесения химических мелиорантов, в измеряемом n -ом отрезке длины кузова, м; $h_0, h_1, h_2 \dots h_n$ – высоты измеряемые химических мелиорантов образованных насыпной частью в выделенных объемах, м; m – количество, измеряемых отрезков по ширине кузова разбрасывателя, шт; n – количество, замеряемых высот по ширине кузова разбрасывателя, шт.

Полный объём кузова машины трапецевидной формы, занимаемый химическими мелиорантами с насыпной частью, расположенной выше бортов кузова, определяем по формуле:

$$Q_{\text{ИТ}} = L_T \cdot \frac{(K_0 - K'_0)}{m} \left(\frac{h_{01} + h_{07}}{2} + h_{02} + h_{03} + h_{04} + h_{05} + h_{06} \right) + Q_{0T}, \tag{3}$$

где $Q_{\text{ИТ}}$ – полный объём кузова машины в форме трапецевидной призмы занимаемый химическими мелиорантами с насыпной частью расположенной выше бортов кузова, м^3 ; L_T – длина кузова машины в форме трапецевидной призмы, м; расчёт проводим по объёму кузова 4 м^3 на основании [6, 8], тогда $L_T = 5,4 \text{ м}$; в нашем варианте $K_0 = 1,494 \text{ м}$, $K'_0 = 0 \text{ м}$; m – количество, измеряемых отрезков по ширине кузова, шт; $m = 6$ шт; $h_{01}, h_{02}, h_{03}, h_{04}, h_{05}, h_{06}, h_{07}$ – высоты измеряемые насыпной части, химических мелиорантов в кузове машины с формой трапецевидной призмы, м; $h_{01} = 0 \text{ м}$; $h_{02} = 0,358 \text{ м}$; $h_{03} = 0,591 \text{ м}$; $h_{04} = 1,65 \text{ м}$; $h_{05} = 0,591 \text{ м}$;

$h_{06} = 0,358$ м; $h_{07} = 0$ м; Q_{0T} – объём кузова машины с формой трапецевидной призмы, без насыпной части химических мелиорантов, м^3 ; $Q_{0T} = 4,0 \text{ м}^3$.

$$Q_{HT} = 5,4 \cdot \frac{(1,494 + 0)}{6} \cdot \left(\frac{0 + 0}{2} + 0,358 + 0,591 + 0,65 + 0,591 + 0,358 \right) + 4,0 = 7,4 \text{ м}^3.$$

Тогда объём, образованный насыпной частью химических мелиорантов, определим как разницу объёмов полного и объёма образованного бортами кузова, без насыпной части химических мелиорантов:

$$Q_{HT} = Q_{HT} - Q_{0T}, \quad (4)$$

где Q_{HT} – объём образованный насыпной частью химических мелиорантов, м^3 .

$$Q_{HT} = 7,4 - 4,0 = 3,4 \text{ м}^3.$$

Для сравнения количества материала, затрачиваемого на изготовления форм кузова в форме прямоугольного параллелепипеда и трапецевидной призмы, рассчитаем площади их четырёх сторон и площади нижних оснований. Через верхнее основание у разбрасывателей и машин для внесения химических мелиорантов происходит загрузка, поэтому верхнее основание оставляем открытым и расчёт его не проводим.

Для определения площади боковых сторон и нижнего основания, формы кузова трапецевидной призмы, рассмотрим рис. 3, на котором представлена задняя стенка кузова машины для внесения химических мелиорантов в форме трапеции.

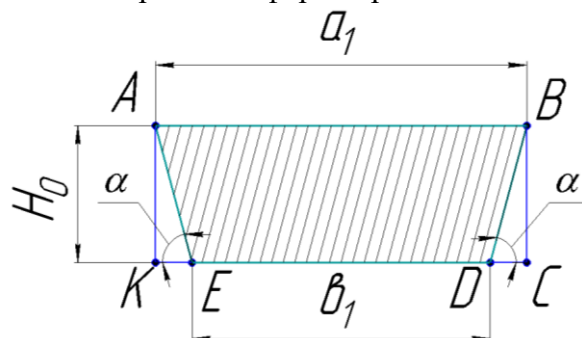


Рисунок 3. Схема задней стенку машины с формой кузова трапецевидной призмы

Определена длина боковой стороны кузова. Известными величинами из литературы [6] являются, высота бортов кузова, в треугольнике она представлена катетом $AK = 0,55$ м, противолежащий к углу АЕК, который имеет величину 75° .

$$\operatorname{tg} \angle AЕК = \frac{AK}{KE}, \quad (5)$$

Отсюда

$$KE = \frac{AK}{\operatorname{tg} \angle AЕК}, \quad (6)$$

$$KE = \frac{0,55}{\operatorname{tg} 75^\circ} = \frac{0,55}{3,732} = 0,147 \text{ м}.$$

$$AE^2 = AK^2 + KE^2, \quad (7)$$

$$AE = \sqrt{AK^2 + KE^2},$$

$$AE = \sqrt{0,55^2 + 0,147^2} = 0,569 \text{ м}.$$

Исходя из свойств равнобедренной трапеции ABDE (см. рис. 3), следует:

$$KE = CD = 0,147 \text{ м}.$$

Длина верхнего основания трапеции:

$$a_1 = b_1 + KE + CD, \quad (8)$$

где a_1 – длина верхнего основания равнобедренной трапеции ABDE, м; b_1 – длина нижнего основания равнобедренной трапеции ABDE, м. Данную величину принимаем из рекомендуемых параметров универсальной машины для внесения химических мелиорантов по литературе [6, 7], $b_1 = 1,2$ м.

$$a_1 = 1,2 + 0,147 + 0,147 = 1,494 \text{ м}.$$

Площадь задней стенки кузова, имеющей форму трапециевидной призмы:

$$S_{зст} = \frac{1}{2} \cdot (a_1 + b_1) \cdot AK, \quad (9)$$

где $S_{зст}$ – площадь задней стенкой кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму трапециевидной призмы, м^2 .

$$S_{зст} = \frac{1}{2} \cdot (1,494 + 1,2) \cdot 0,55 = 0,741 \text{ м}^2.$$

Площадь большей стороны основания трапециевидной призмы:

$$S_{бсот} = AE \cdot L_T, \quad (10)$$

где $S_{бсот}$ – площадь большей стороны основания кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму трапециевидной призмы, м^2 ; L_T – длина большей стороны основания трапециевидной призмы, м. Данную величину принимаем на основании источника [6], $L_T = 5,4$ м.

$$S_{бсот} = 0,569 \cdot 5,4 = 3,073 \text{ м}^2.$$

Площадь нижнего основания кузова, имеющей форму трапециевидной призмы:

$$S_{от} = b_1 \cdot L_T, \quad (11)$$

где $S_{от}$ – площадь нижнего основания кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму трапециевидной призмы, м^2 .

$$S_{от} = 1,2 \cdot 5,4 = 6,480 \text{ м}^2.$$

Объём занимаемый кузовом в форме трапециевидной призмы:

$$Q_m = \frac{1}{2} \cdot (a_1 + b_1) \cdot H_0 \cdot L_T, \quad (12)$$

$$Q_m = \frac{1}{2} \cdot (1,2 + 1,494) \cdot 0,55 \cdot 5,4 = 4,0 \text{ м}^3.$$

Остальные расчёты объёмов Q_m , размеров кузова и площадей оснований кузовов машины, имеющей форму трапециевидной призмы, представлены в табл. 1.

Площадь задней стенки кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда:

$$S_{зсп} = B \cdot H, \quad (13)$$

где $S_{зсп}$ – площадь задней стенкой кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда, м^2 ;

Ширина основания кузова B прямоугольного параллелепипеда принята на основании величины большего основания трапеции (см. рис. 3) равной 1,494 м, высота H равной 0,55 м.

$$S_{зсп} = 1,494 \cdot 0,55 = 0,822 \text{ м}^2.$$

Площадь большей стороны основания:

$$S_{бсоп} = H \cdot L_{\Pi}, \quad (14)$$

где $S_{бсоп}$ – площадь большей стороны основания кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда, м^2 ; L_{Π} – длина большей стороны основания прямоугольного параллелепипеда, м.

Длина кузова в форме прямоугольного параллелепипеда определена по выражению:

$$L_{\Pi} = \frac{Q_0}{H \cdot B}, \quad (15)$$

где L – длина большей стороны основания прямоугольного параллелепипеда, м.

$$L_{\Pi} = \frac{4}{0,55 \cdot 1,494} = 4,88 \text{ м}.$$

Площадь большей стороны основания прямоугольного параллелепипеда:

$$S_{бсоп} = H \cdot L_{\Pi}, \quad (16)$$

где $S_{бсоп}$ – площадь большей стороны основания кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда, м^2 .

$$S_{\text{бсop}} = 0,55 \cdot 4,88 = 2,684 \text{ м}^2.$$

Площадь нижнего основания кузова:

$$S_{\text{оп}} = B \cdot L_{\text{п}}, \quad (17)$$

где $S_{\text{оп}}$ – площадь нижнего основания кузова машины для внесения химических мелиорантов, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда, м^2 .

$$S_{\text{оп}} = 1,494 \cdot 4,88 = 7,291 \text{ м}^2.$$

Остальные расчёты объёмов Q_0 , размеров кузова и площадей оснований кузовов машины имеющей форму прямоугольного параллелепипеда, представлены в табл. 1.

На основании опытных данных [6] установили, что с увеличением ширины нижнего основания кузова разбрасывателя на 83,3% (с 1,2 до 2,2 м), длина кузова разбрасывателя уменьшилась в пределах с 7,8% до 18,0%, в зависимости от марки автомобиля-самосвала. При увеличении ширины нижнего основания кузова разбрасывателя, увеличиваются затраты на изготовление разбрасывателя и при этом не происходит полного заполнения кузова. Противоположная сторона борта кузова разбрасывателя не используется в полном объёме, не происходит полного заполнения кузова с противоположной стороны борта. Увеличение ширины основания кузова значительно влияет на габариты и манёвренность разбрасывателя. Поэтому ширину нижнего основания принимаем 1,2 м. Расстояние от поверхности поля до днища кузова, т.е. дорожный просвет, составляет 0,3 м. Тогда высота бортов кузова разбрасывателя составляет 0,55 м. Общая высота кузова разбрасывателя составляет 0,85 м. Сравнительные параметры кузовов машин для внесения химических мелиорантов с формой прямоугольного параллелепипеда и трапециевидной призмы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры кузовов машин для внесения химических мелиорантов с формой прямоугольного параллелепипеда и трапециевидной призмы

№	Объём кузова, $Q, \text{м}^3$	Форма кузова	Обозначение размеров кузова	Размер кузова, м	Площадь боковой стороны кузова, м^2	Площадь передней/задней стороны кузова, м^2	Площадь нижнего основания кузова, м^2
1	1	прямоугольный параллелепипед	$L_{\text{п}} \times B \times H$	$1,22 \times 1,494 \times 0,55$	0,671	0,822	1,824
		трапециевидная призма	$L_{\text{т}} \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$1,35 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	0,768	0,741	1,620
2	2	прямоугольный параллелепипед	$L_{\text{п}} \times B \times H$	$2,44 \times 1,494 \times 0,55$	1,342	0,822	3,648
		трапециевидная призма	$L_{\text{т}} \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$2,70 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	1,536	0,741	3,240
3	3	прямоугольный параллелепипед	$L_{\text{п}} \times B \times H$	$3,66 \times 1,494 \times 0,55$	2,013	0,822	5,461
		трапециевидная призма	$L_{\text{т}} \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$4,05 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	2,305	0,741	4,860
4	4	прямоугольный параллелепипед	$L_{\text{п}} \times B \times H$	$4,88 \times 1,494 \times 0,55$	2,684	0,822	7,291

		лепипед					
		трапеци- евидная призма	$L_T \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$5,40 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	3,073	0,741	6,480
5	5	прямо- угольный параллеле- лепипед	$L_{II} \times V \times H$	$6,10 \times 1,494 \times 0,55$	3,335	0,822	9,120
		трапеци- евидная призма	$L_T \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$6,75 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	3,841	0,741	8,100
6	6	прямо- угольный параллеле- лепипед	$L_{II} \times V \times H$	$7,32 \times 1,494 \times 0,55$	4,026	0,822	10,943
		трапеци- евидная призма	$L_T \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$8,10 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	4,609	0,741	9,720
7	7	прямо- угольный параллеле- лепипед	$L_{II} \times V \times H$	$8,55 \times 1,494 \times 0,55$	4,703	0,822	12,782
		трапеци- евидная призма	$L_T \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$9,45 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	5,377	0,741	11,340
8	8	прямо- угольный параллеле- лепипед	$L_{II} \times V \times H$	$9,77 \times 1,494 \times 0,55$	5,374	0,822	14,606
		трапеци- евидная призма	$L_T \times (a_1 + b_1) \times H_0$	$10,80 \times (1,2 + 1,494) \times 0,55$	6,145	0,741	12,96

Максимальную расчётную величину объёма кузова Q машины для внесения химических мелиорантов устанавливаем из наибольшего объёма кузова автомобиля-самосвала, для автомобилей сельскохозяйственного назначения принимаем 8 м^3 .

Меньшая ширина нижнего основания трапециевидной призмы, по сравнению с формой прямоугольного параллелепипеда позволяет упростить и удешевить подающий транспортёр и уменьшить размер рабочего органа для внесения химических мелиорантов, что приводит к снижению затрат денежных средств на изготовление машины.

Выводы

1. На основании проведенных исследований установили: за счёт уменьшения ширины транспортёра нижнего основания кузова с формой трапециевидной призмы, площадь на 11,2% меньше, чем площадь с формой у прямоугольного параллелепипеда. Площадь задней стенки кузова с формой у прямоугольного параллелепипеда на 9,9% больше, чем с формой кузова трапециевидной призмы. Тогда как площадь больших сторон основания на 12,7% меньше у прямоугольного параллелепипеда, чем с формой кузова трапециевидной призмы.

2. Объём, образованный насыпной частью химических мелиорантов кузова разбрасывателя с формой прямоугольного параллелепипеда и формой трапециевидной призмы, для одинакового верхнего основания, на один метр длины кузова составил $0,63 \text{ м}^3$.

3. С учётом экспериментальных и расчётных данных, установили, что общая площадь затрачиваемых материалов на изготовление кузова с формой прямоугольного параллелепипеда на 1,5% больше чем с формой трапециевидной призмы.

4. С учётом большей ширины нижнего основания у машины с кузовом формы прямоугольного параллелепипеда, затраты на изготовление рабочего органа на внесения химических мелиорантов на 19,7% больше, чем с формой кузова трапецевидной призмы.

Критерий авторства

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Contribution

All authors contributed equally to the preparation of this publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Список источников

1. Трутаева Н. Н., Калянова Н. С. Влияние уровня минерального питания на урожайность озимой пшеницы // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курск, 05 марта 2025 года. Курск: Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова, 2025. С. 64-69.

2. Шподарева Е. Н., Хайдуков К. П., Трутаева Н. Н. Плодородие чернозёмов Курской области при длительном применении удобрений // Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курск, 31 марта 2023 года. Том Часть 1. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. С. 196-201.

3. Галкин А. И., Ишков И. В., Кузнецов А. Е. Оптимизация минерального питания как фактор устойчивых урожаев сельскохозяйственной продукции // Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, Курск, 09 апреля 2025 года. Курск: Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова, 2025. С. 9-13.

4. Трутаева А. В., Трутаева Н. Н. Перспективы использования биоминеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной 73-летию Курского ГАУ, Курск, 15 мая 2024 года. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2024. С. 202-207.

5. Савченко Е. Ю., Трутаева Н. Н., Буланова Ж. А. Влияние дефеката на кислотность чернозема выщелоченного и урожайность возделываемых культур // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 15 ноября 2023 года. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2024. С. 198-202.

6. Никитина О. В., Стифеев А. И., Трутаева Н. Н. Микроорганизмы почв и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 63-69.

7. Белоусов Н. И., Целиков Д. Н., Щенников Д. А. Обоснование размеров кузова разбрасывателя известковых материалов // Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве: Сборник научных трудов международной научно-практической онлайн конференции, посвященной 10-летию образования Бухарского

филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Курск, 25–26 сентября 2020 года. Отв. редактор Т.Х. Жураев. Курск: «Дурдона» («Sadriddin Salim Buxoriy» Durdona nashriyoti), 2020. С. 42–44.

8. Обоснование вместимости кузова разбрасывателя химических мелиорантов / Н. И. Белоусов, Е. В. Поддубный, А. А. Шукруллаев, М. С. Александров // Молодежная наука – гарант инновационного развития АПК: материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 19–21 декабря 2018 года. Том Часть 3. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 202–205.

9. Патент на полезную модель № 234540 U1 Российская Федерация, МПК A01C 15/00. Вертикальный рабочий орган разбрасывателя извести: заявл. 07.02.2025; опубл. 02.06.2025 / Н. И. Белоусов, В. А. Кончин, А. П. Бабков [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова».

10. Воропаев В. Н., Желудев В. Е., Белоусов Н. И. Классификация машин для внесения химических мелиорантов // Проблемы развития современного общества: Сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 23–24 января 2024 года. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. С. 403–405.

References

1. Trutaeva N. N., Kalyanova N. S. The influence of the level of mineral nutrition on the yield of winter wheat. Modern technologies for the production and processing of agricultural products: Proceedings of the II All-Russian (national) Scientific and Practical Conference with international participation, Kursk, March 05, 2025. Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2025, pp. 64–69.

2. Shpodareva E. N., Khaidukov K. P., Trutaeva N. N. Fertility of chernozems of the Kursk region with prolonged use of fertilizers. Actual issues of modern technologies of production and processing of agricultural products: Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation, Kursk, March 31, 2023. Vol. Part 1. Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2023, pp. 196–201.

3. Galkin A. I., Ishkov I. V., Kuznetsov A. E. Optimization of mineral nutrition as a factor of sustainable yields of agricultural products. Actual issues of modern technologies of production and processing of agricultural products: Materials of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 80th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Kursk, April 09, 2025. Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2025, pp. 9–13.

4. Trutaeva A.V., Trutaeva N. N. Prospects for the use of biomineral fertilizers in the cultivation of spring wheat. The role of agricultural science in the sustainable development of agriculture: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 73rd anniversary of the Kursk State Agrarian University, Kursk, May 15, 2024. Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2024, pp. 202–207.

5. Savchenko E. Yu., Trutaeva N. N., Bulanova Zh. A. The effect of defecate on the acidity of leached black soil and the yield of cultivated crops. Youth science for the development of the agro-industrial complex: proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference of Students, postgraduates and young scientists, Kursk, November 15, 2023. Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2024, pp. 198–202.

6. Nikitina O. V., Stifeev A. I., Trutaeva N. N. Soil microorganisms and their effect on crop yields. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2024, no. 4, pp. 63–69.

7. Belousov N. I., Tselikov D. N., Schennikov D. A. Substantiation of the dimensions of the body of a washer of lime materials. Effectiveness of the use of innovative technologies and techniques in agriculture and water management: Collection of scientific papers of the international scientific and practical online conference dedicated to the 10th anniversary of the formation of the Bu-

khara branch of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Kursk, September 25-26, 2020. Editor-in-chief T.H. Juraev. Kursk: «Durdona» Publ. («Sadridin Salim Buxoriy» Durdona nashriyoti), 2020, pp. 42-44.

8. Justification of the capacity of the body of the spreader of chemical meliorants. N. I. Belousov, E. V. Poddubny, A. A. Shukrullaev, M. S. Alexandrov. Youth science - the guarantor of innovative development of the agro-industrial complex: proceedings of the X All-Russian (national) scientific and practical Conference of students, postgraduates and young scientists, Kursk, December 19-21, 2018. Vol. Part 3. Kursk: Kursk State Agricultural Academy, 2019, pp. 202-205.

9. Utility Model Patent No. 234540 U1 Russian Federation, IPC A01C 15/00. Vertical working body of the lime spreader: application 07.02.2025: published 02.06.2025. N. I. Belousov, V. A. Konchin, A. P. Babkov [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

10. Voropaev V. N., Zheludev V. E., Belousov N. I. Classification of machines for applying chemical meliorants. Problems of development of modern society: Collection of scientific articles of the 9th All-Russian National Scientific and Practical Conference. In 3 vol., Kursk, January 23-24, 2024. Kursk: CJSC «University Book» Publ., 2024, pp. 403-405.

Информация об авторах

Н.И. Белоусов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка, тел. +7 (910) 210-86-77, e-mail: belnikiva@mail.ru, ORCID 0009-0006-7450-6911; eLIBRARY SPIN 9215-0720;

А.П. Бабков – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка, тел. +7 (951) 324-27-08, e-mail: babkov_ap@mail.ru, ORCID 0000-0002-1777-6097; eLIBRARY SPIN 8031-3142;

В.И. Варавин – кандидат технических наук, доцент, декан инженерного факультета, тел. +7 (903) 876-90-40, e-mail: varawin.vladimir@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4159-3469; eLIBRARY SPIN 3538-7716;

Ю.А. Гуреев – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка, тел. +7 (908) 121-21-20, e-mail: yuriy.gureev@mail.ru, ORCID 0009-0003-8020-3800; eLIBRARY SPIN 1811-8434;

Б.С. Блинков – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка, тел. +7 (904) 523-42-09, e-mail: blinkovboris@yandex.ru, ORCID 0009-0000-2307-7578; eLIBRARY SPIN 5155-9178;

А.О. Гороховцев – аспирант, тел. +7 (919) 239-28-54, e-mail: alexeygorokhovcev@mail.ru, ORCID 0009-0008-5429-1997; eLIBRARY SPIN 5491-7690.

Information about the authors

N.I. Belousov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, phone: +7 (910) 210-86-77, e-mail: belnikiva@mail.ru, ORCID 0009-0006-7450-6911; eLIBRARY SPIN 9215-0720;

A.P. Babkov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, phone: +7 (951) 324-27-08, e-mail: babkov_ap@mail.ru, ORCID 0000-0002-1777-6097; eLIBRARY SPIN 8031-3142;

V.I. Varavin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering, phone: +7 (903) 876-90-40, e-mail: varawin.vladimir@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4159-3469; eLIBRARY SPIN 3538-7716;

Yu.A. Gureev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, phone: +7 (908) 121-21-20, e-mail: yuriy.gureev@mail.ru, ORCID 0009-0003-8020-3800; eLIBRARY SPIN 1811-8434;

B.S. Blinkov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, phone: +7 (904) 523-42-09, e-mail: blinkovboris@yandex.ru, ORCID 0009-0000-2307-7578; eLIBRARY SPIN 5155-9178;

A.O. Gorokhovtsev – Postgraduate student, phone: +7 (919) 239-28-54, e-mail: alexeygorokhovcev@mail.ru, ORCID 0009-0008-5429-1997; eLIBRARY SPIN 5491-7690.

*Поступила в редакцию: 23.12.2025; принята после рецензирования: 24.02.2026;
принята к публикации: 04.03.2026.*

Received: 23.12.2025; revised: 24.02.2026; accepted: 04.03.2026.

Научная статья

УДК 634.11:547.979.7:664.8

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-143-151

ИНДУКЦИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА И ТРАНСПИРАЦИЯ ЯБЛОК В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ

Родиков Сергей Афанасьевич^{1✉}, Болдырев Денис Олегович²

^{1,2}Мичуринский государственный аграрный университет,
393760, Россия, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101

¹Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, 393774, Россия, Тамбовская область,
г. Мичуринск, ул. Мичурина, д. 30
rsa_rih@mail.ru[✉]

Аннотация. Исследовали флуоресценцию хлорофилла кожицы яблок сорта «Антоновка обыкновенная» при возбуждении светом длиной волны в максимуме $\lambda_{\text{в}} = 470$ нм и излучении флуоресценции в области спектра с длиной волны в максимуме $\lambda_{\text{и}} = 685$ нм в течение 120 с на спектрофотометре JY3CS (Жобин Ивон, Франция) и транспирацию яблок по убыли массы. Разработана приставка к спектрофлуориметру JY3CS для измерения флуоресценции поверхности яблок. Наиболее предпочтительными показателями зрелости яблок являются индексы: $(F_m - F_o)/F_m$ и F_m , связанные с фотосинтетической активностью хлорофилла и его содержанием в кожице яблок. Изменения данных индексов подвержено периодическим процессам. В зависимости от срока съема в саду наблюдаются значительные колебания в интенсивности транспирации, например 24 августа наблюдалась интенсивность более 0,3 г% в сутки, тогда как 4 и 5 сентября около 0,05 г%. По мере созревания яблок индексы зрелости яблок снижаются, а периодичность изменения индексов фотосинтетической активности хлорофилла кожицы яблок и их транспирации в процессе созревания позволяет прогнозировать наступление оптимального срока съема яблок с дерева. Показана связь между содержанием хлорофилла в кожице яблок по значению F_m и развитием загара яблок во время хранения. Доля влияния хлорофилла на загар составляет 37%.

Ключевые слова: яблоки, хлорофилл, флуоресценция, транспирация, загар

Для цитирования: Родиков С.А., Болдырев Д.О. Индукция флуоресценции хлорофилла и транспирация яблок в процессе созревания // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 143-151. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-143-151>.

Право: © С.А. Родиков, Д.О. Болдырев (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY 4.0](#).

Original article

USE OF SLOW INDUCTION OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE AND TRANSPIRATION DURING APPLE RIPENING

Sergey A. Rodikov^{1✉}, Denis O. Boldyrev²

^{1,2}Michurinsk State Agrarian University, 101 International Str., Michurinsk, Tambov region,
393760, Russia

¹Michurin Federal Scientific Center, 30 Michurin, Michurinsk, Tambov region, 393774, Russia
rsa_rih@mail.ru[✉]

Abstract. Chlorophyll fluorescence of the «Antonovka ordinary» apple skin was studied under excitation with light at a maximum wavelength of $\lambda_{\text{в}} = 470$ nm and fluorescence emission in the spectral region with a maximum wavelength of $\lambda_{\text{и}} = 685$ nm for 120 s using a JY3CS spectrophotometer (Jobin Yvon, France). The apple transpiration was also analyzed based on weight loss. An attachment to the JY3CS spectrofluorimeter was developed for measuring apple surface fluorescence. The most preferred indicators of apple ripeness are the $(F_m - F_o)/F_m$ and F_m indices, associated with the photosynthetic activity of chlorophyll and its content in apple skin. Changes in these indices are subject to periodic processes. Depending on the harvesting time, significant fluctuations in transpiration rates are observed in the orchard. For example,

on August 24, a rate of over 0.3 g% per day was observed, while on September 4 and 5, it was approximately 0.05 g%. As apples ripen, their maturity indices decrease, and the periodic changes in the indices of photosynthetic activity of apple skin chlorophyll and their transpiration during ripening allow us to predict the optimal time for apple harvesting. A relationship has been demonstrated between the chlorophyll content in apple skin, measured by the Fm value, and the development of apple scald during storage. The influence of chlorophyll on scald is 37%.

Keywords: apples, chlorophyll, fluorescence, transpiration, scald

For citation: Rodikov S.A., Boldyrev D.O. Use of slow induction of chlorophyll fluorescence and transpiration during apple ripening. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2026, no. 1(39), pp. 143-151. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-143-151>.

Copyright: © S.A. Rodikov, D.O. Boldyrev (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

Для оценки зрелости яблок в процессе роста и созревания используют оптические методы, в том числе измерение интенсивности флуоресценции. Преимуществом данного метода является то, что он неразрушающий ткань яблока и измерение флуоресценции можно использовать на плодах неоднократно, что предполагает проследить динамику созревания одних и тех же плодов. Учитывая, что зрелость плодов изменяется практически ежедневно в результате изменения факторов внешней среды, например, таких, как температура и влажность воздуха, то флуоресценция хлорофилла позволяет оценить протекание фотохимических процессов в ткани и коже яблока в реальном масштабе времени.

Для обеспечения яблок с высоким качеством, проводят сбор их в саду в оптимальные сроки. Для определения оптимальных сроков съема предполагается использование показателей флуоресценции хлорофилла, а именно: его медленная индукция (МИФ), заключающаяся в изменении интенсивности флуоресценции хлорофилла *a* от максимального уровня Fm до стационарного значения Fs [1].

Нестеренко Т.В. и др. подробно описана кривая медленной стадии индукции флуоресценции хлорофилла листа. В качестве интегрального показателя состояния фотосинтетического аппарата на уровне листа был использован индекс переменной флуоресценции $Ffd = (Fm - Fs) / Fs$, известный также как индекс жизнеспособности [2].

На кафедре биофизики Биологического факультета МГУ разработан портативный флуориметр, имеющего мощный светодиод (445 нм, 5000 мкмоль·м⁻²·с⁻¹), формирователь импульсов тока для питания светодиода, фотодиод с граничным светофильтром ($\lambda > 670$ нм), усилитель сигнала, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и микроконтроллер. По минимальному Fo и максимальному Fm значению флуоресценции программа находит безразмерную величину относительной переменной флуоресценции $Fv/Fm = (Fm - Fo) / Fm$, которая близка к 0 в мертвых клетках и достигает 0,84 в активно делящихся клетках [3].

Измерение флуоресценции применялось для оценки степени обработки препаратами яблок сортов Гала и Фуджи, а также для определения ингибирования флуоресценции при различных нормах применения [4].

Для оценки содержания воды в ткани яблок измерялась их транспирация сразу после съема в саду. Известно, что квантовая эффективность фотосистемы II, и скорость переноса электронов связаны с содержанием воды в кукурузе в период репродуктивного роста [5].

Цель исследования – установление связи фотосинтетической активности кожицы яблок, содержанием хлорофилла в их коже при созревании и транспирации яблок во время съема и качеством во время хранения.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – процесс созревания яблок в саду.

Предмет исследования – закономерности изменения содержания хлорофилла в коже яблок сорта «Антоновка обыкновенная».

Для измерения флуоресценции была разработана приставка к спектрофлуориметру JY3CS (Жобин Ивон, Франция), включающая в себя пластину с отверстием диаметром 20 мм, к которому прижимается яблоко соответствующей стороной: солнечной или теневой [6]. С помощью монохроматора на поверхность яблока под углом 45 градусов направляют излучение в синей области спектра с длиной волны в максимуме $\lambda_{\text{в}} = 470$ нм. Индуцированное излучение в виде флуоресценции в красной области спектра с длиной волны в максимуме $\lambda_{\text{и}} = 685$ нм направляется под углом 45 градусов от поверхности яблока через монохроматор на фотоумножитель в течение $t = 120$ с (рис. 1). Стрелками показано направление возбуждающего света (1) и излучения (2) флуоресценции.

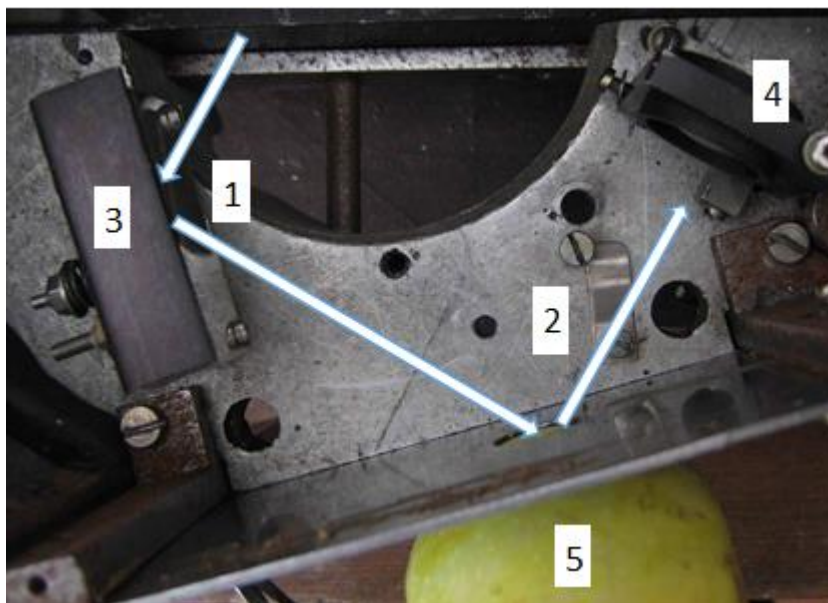


Рисунок 1. Приставка к спектрофлуориметру JY3CS для измерения флуоресценции поверхности яблок: 1 – направление возбуждающего света; 2 – излучение флуоресценции; 3 – сферическое зеркало, 4 – фокусирующая линза, 5 – яблоко

Исследовали яблоки в количестве 10 штук. Яблоки снимали утром с 8 до 9 ч в саду «ФНЦ им. И.В. Мичурина» в августе-сентябре 2023 г. и доставляли в течение 30 мин в лабораторию для проведения измерений. Период созревания яблок охватывает предполагаемый оптимальный срок съема для закладки на хранение. Для исключения влияния засветки яблок, их перед началом измерений выдерживают примерно 30 мин в темноте. Измерения проводятся также при температуре 10-22°C, относительной влажности воздуха 60-65%. После измерений яблоки закладываются на хранение в камеру с температурой $T = 3-4^{\circ}\text{C}$ и относительной влажностью $\text{HR} = 90-95\%$.

По результатам измерений рассчитывают индекс фотосинтетической активности хлорофилла (ФАХ) кожицы яблок:

$$F_1(t) = \frac{(F_m - F_o)}{F_m}, \quad (1)$$

и индекс содержания хлорофилла в кожице яблок по максимальной флуоресценции хлорофилла:

$$F_2(t_m) = F_m, \quad (2)$$

где: F_m – максимальное значение флуоресценции, В;

F_o – стационарное значение флуоресценции через время t , В;

t – время измерения индукции флуоресценции, с;

t_m – время, через которое интенсивность флуоресценции достигает максимального значения.

Максимальное значение интенсивности флуоресценции определяется настройками спектрофлуориметра и находится в пределах 5 В.

Степень транспирации измеряли по убыли массы плодов в течение определенного периода времени по формуле:

$$Y_m = \frac{1}{n} \cdot \frac{(W_1 - W_n)}{W_1} \cdot 100, \quad (3)$$

где Y_m – убыль массы плода в сутки, г%;

W_1 – вес плода после отрыва его от дерева, г;

W_n – вес плода через n суток (часов) выдержки, г;

n – количество суток (часов) выдержки плодов.

Количество суток n измеряется не только в сутках, но и часах. Поэтому время измерения фиксируется в часах с точностью до минуты.

Во время хранения в январе 2024 г. проводился анализ яблок на поражение их кожицы загаром по методике [7].

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе проведения исследований измерена медленная индукция флуоресценции. В начальный момент освещения поверхности яблока, примерно через 5–7 с, интенсивность флуоресценции достигает максимального значения. Измерение проводят 120 с, в течение которого интенсивность флуоресценции достигает некоторого стационарного уровня (см. рис. 2). Из рисунка видно, что интенсивность флуоресценции поверхности значительно отличается у каждого яблока, что показывает их разнородность по содержанию хлорофилла в их кожице. Учитывая, что зеленые яблоки загорают исключительно на теневой своей стороне, измерения флуоресценции проводят на теневой стороне яблока [6].

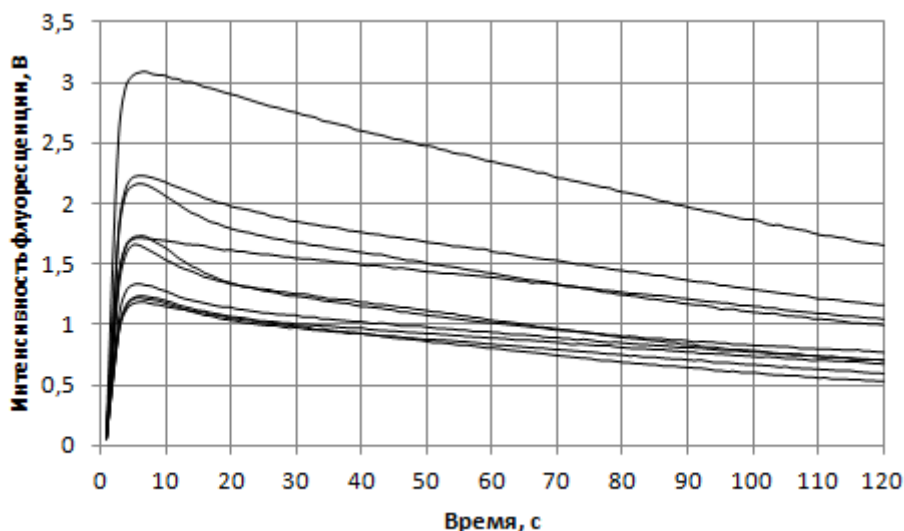


Рисунок 2. Изменение интенсивности флуоресценции хлорофилла в кожице яблок от времени (медленная индукция флуоресценции)

На рис. 3 показано изменение индекса фотосинтетической активности хлорофилла и индекса содержания хлорофилла по максимальной флуоресценции кожицы яблок сорта «Антоновка обыкновенная» во время созревания.

Из рисунка видно, что индексы изменяются синхронно, уменьшаясь по мере созревания яблок. Общее снижение определяется как снижение в большом значении. Снижение, определяемое периодическими процессами, определяется как снижение в малом. Наблюдаются периодические процессы в изменении индексов. Видно, что содержание хлорофилла в кожице то уменьшается, то увеличивается. С увеличением содержания хлорофилла увеличивается его

фотосинтетическая активность. Предполагается, что с достижением минимальных значений индексов, как в большом, так и в малом, наступает оптимальный срок съема яблок в саду.

Измерения индексов производят ежедневно, так как созревание яблок меняется в процессе изменения световых и температурно-влажностных циклов, при которых происходит произрастание яблок.

Учитывая периодичность в изменении индексов, можно прогнозировать наступление следующего экстремального значения, которое будет определять оптимальные сроки съема яблок в саду.

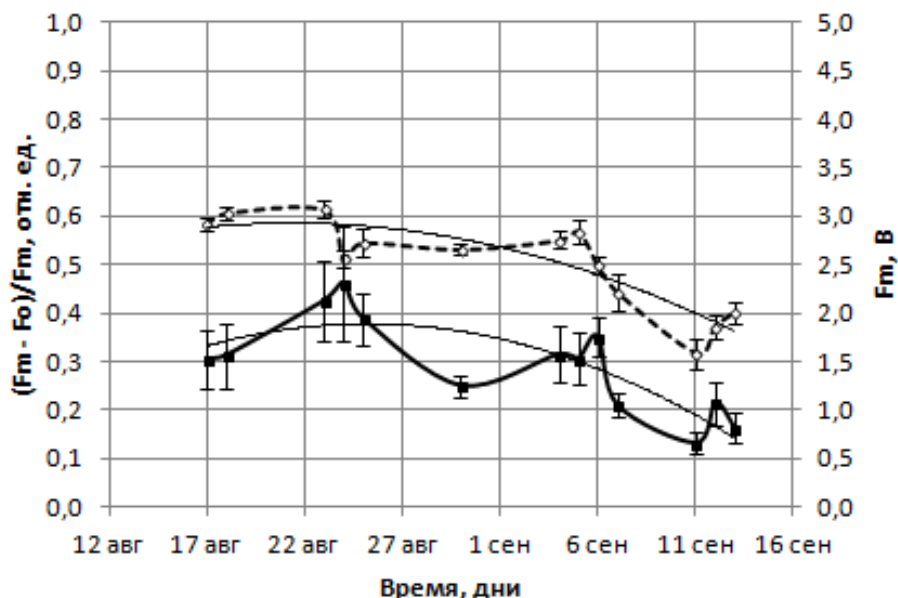


Рисунок 3. Изменение индекса фотосинтетической активности хлорофилла (штриховая линия) и индекса содержания хлорофилла по максимальной флуоресценции (сплошная линия) кожицы яблок сорта «Антоновка обыкновенная» во время созревания. Показана погрешность среднего

На рис. 4 показано изменение транспирации яблок сорта «Антоновка обыкновенная» во время созревания. Видно, что транспирация яблок различна в разные периоды при температуре 20°C.

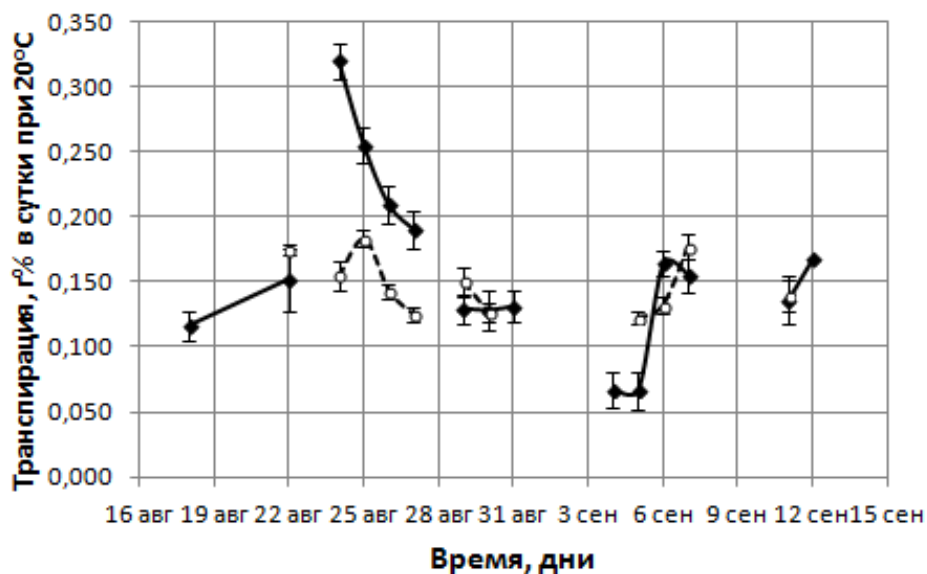


Рисунок 4. Изменение транспирации яблок сорта «Антоновка обыкновенная» во время созревания. Сплошная линия: транспирация за период с 9:00 до 13:00, штриховая линия – за период с 13:00 до 16:00. Показана погрешность среднего

В зависимости от срока съема в саду наблюдаются значительные колебания в интенсивности транспирации, например 24 августа наблюдалась интенсивность более 0,3 г%, тогда как 4 и 5 сентября около 0,05 г%. Также транспирация в период 9:00 – 13:00 при сроке съема яблок 24 августа превышала транспирацию в период 13:00 – 16:00, а при сроке съема 4 и 5 сентября наоборот была меньше. Предполагается, что оптимальным сроком съема яблок может быть 9–11 сентября, определяемый в данном случае минимальностью транспирации яблок.

Ранее было установлено, что обработка яблок вазелином уменьшает транспирацию и снижает развитие загара, в то же время обработка дифениламином увеличивает транспирацию яблок, на которых в процессе хранения не развивается загар. Обработка лазерным излучением увеличивает транспирацию, но практически не влияет на предохранение яблок от загара [8].

На рис. 5 показана зависимость загара яблок во время хранения (январь) от интенсивности флуоресценции кожицы яблок во время съема в саду (август–сентябрь). Видно, что с увеличением содержания хлорофилла (флуоресценции) в кожице яблок увеличивается степень поражения яблок загаром – побурением кожицы. Доля влияния хлорофилла на загар составляет 37%.

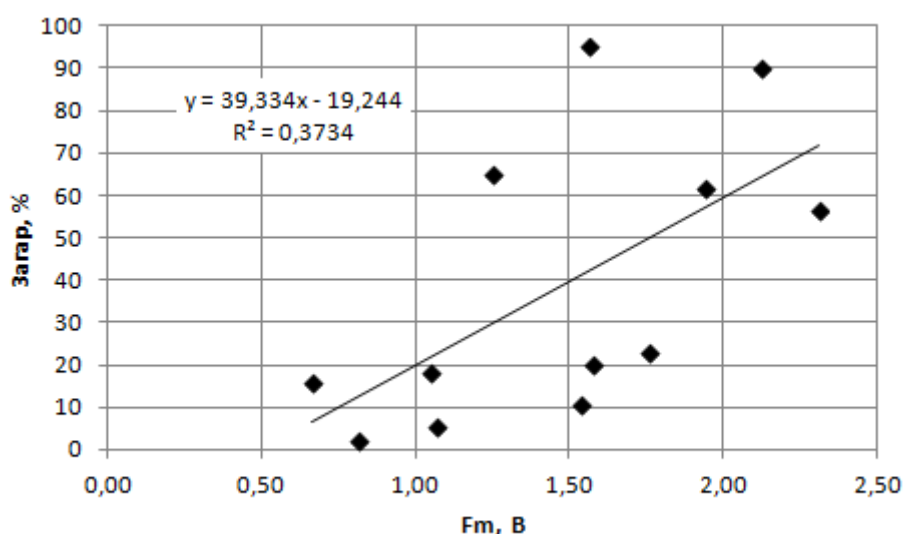


Рисунок 5. Зависимость загара яблок во время хранения (январь) от интенсивности флуоресценции кожицы яблок во время съема в саду (август–сентябрь)

Известно, что загар яблок во время холодного хранения является следствием физиологического расстройства, развивающегося в ткани, прилегающей к кожице, и хотя австралийские ученые Anet E.F.L.J., Huelin F.E., Murray K.E. и Coggiola I.M. в середине 60-х годов, в начале 70-х годов прошлого столетия выдвинули гипотезу, что причиной загара яблок является окисление α -фарнезена в кутикуле кожицы во время хранения, но до сих пор никто в мире не доказал эту гипотезу [9]. Мы считаем, исходя из своих экспериментов [10], что окисление α -фарнезена, это не причина, а следствие, и что знания о последующих процессах, которые модулируют явление загара, неясны. [11]. Так что следует искать другие причины, в основе которых лежат физиологические процессы, оказывающие влияние на развитие загара в начальный период после отрыва яблока от материнского растения, особенно при раннем съеме яблок в саду, на которых и развивается загар, что говорит о незавершенности физиологических процессов в яблоках или, по крайней мере, они не минимизированы, как при позднем съеме, когда загар на яблоках не развивается.

Выводы

1. Показано, что происходит изменение интенсивности флуоресценции хлорофилла кожицы яблок от времени их освещения. Интенсивность флуоресценции за время 120 с снижается примерно вдвое.

2. Установлено, что наиболее предпочтительными показателями зрелости яблок являются индексы: $(F_m - F_0)/F_m$ и F_m , связанные с фотосинтетической активностью хлорофилла и его содержанием в кожуре яблок.

3. Показано, что по мере созревания яблок индексы флуоресценции яблок снижаются. Нормированный индекс $(F_m - F_0)/F_m$ изменяется в процессе созревания от 0,6 до 0,3. Высокое значение показывает высокую фотосинтетическую активность хлорофилла, что является следствием незавершенности физиологических процессов в плодах ранних сроков созревания, приводящие к развитию заболеваний плодов во время хранения, например: побурению кожицы (загару).

4. Подтверждена периодичность изменения индексов фотосинтетической активности хлорофилла кожицы яблок и их транспирации в процессе созревания, кратная 7 дням, что позволяет прогнозировать наступление оптимального срока съема яблок с дерева.

5. Показано, что в зависимости от срока съема в саду наблюдаются значительные колебания в интенсивности транспирации, например, в конце августа при ранних сроках съема наблюдалась интенсивность более 0,3 г%, тогда как в начале сентября (оптимальные сроки съема) около 0,05 г%.

6. Установлена связь между содержанием хлорофилла в кожуре яблок по значению F_m и развитием загара яблок во время хранения. Доля влияния хлорофилла на загар составляет 37%.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации.

Contribution

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Список источников

1. Родиков С.А., Бурлаков А.В. Методические аспекты при измерении медленной индукции флуоресценции хлорофилла кожицы яблок // В сборнике: Современное состояние садоводства Российской Федерации, проблемы отрасли и пути их решения. Материалы научно-практической конференции, в рамках 15-ой Всероссийской выставки «День садовода-2020». Тамбов. 2020. С. 109-112.

2. Нестеренко Т.В., Тихомирова А.А., Шихов В.Н. Физиологический (интеграционный) подход при использовании параметров флуоресценции хлорофилла листьев растений // Физиология растений. 2022. Т. 69. № 3. С. 306–316.

3. Флуориметр с импульсной модуляцией интенсивности возбуждающего света для оценки функционального состояния природного фитопланктона по параметрам флуоресценции хлорофилла / И. В. Конюхов, О. В. Воробьева, С. И. Погосян, Е. Н. Воронова // Комплексные исследования Мирового океана: материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых, г. Москва, 10–14 апреля 2017 года. Москва: Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, 2017. С. 345-347.

4. Gonzalez L., Torres E., Carbó J. Effect of different application rates of metamitron as fruit-let chemical thinner on thinning efficacy and fluorescence inhibition in Gala and Fuji apple // Plant Growth Regulation. 2019. Vol. 89. Pp. 259–271.

5. Patrick M. O'Neill, John F. Shanahan and James S. Schepers. Use of Chlorophyll Fluorescence Assessments to Differentiate Corn Hybrid Response To Variable Water Conditions // Published in Crop Sci. 2006. Vol. 46. Pp. 681-687.

6. Родиков С.А. Солнечная и теневая стороны яблока как основа метода контроля их зрелости // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 5. С. 34-35.

7. Родиков С.А. Методы и устройства анализа зрелости яблок. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 216 с.

8. Родиков С. А. Влияние дифениламина, вазелина и лазерного излучения на транспирацию яблок во время хранения // Перспективы развития интенсивного садоводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти ученого-садовода, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки РСФСР В.И. Будаговского, Мичуринск, 21–22 декабря 2016 года. Мичуринск: Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2016. С. 74-78.

9. The impact of scald development on phenylpropanoid metabolism based on phenol content, enzyme activity, and gene expression analysis / A. Cebulj, H. Halbwirth, M. Mikulic-Petkovsek, R. Veberic, A. Slatnar // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2020. Vol. 61. Pp. 849–858.

10. Родиков С. А. Взаимосвязь загара кожицы яблок во время хранения с хлорофиллом в их кожице во время съема // За Мичуринское плодоводство. 2023. № 2(2). С. 56-58.

11. Ethylene -dependent and -independent superficial scald resistance mechanisms in «Granny Smith» apple fruit / E. Karagiannis, M. Michailidis, G. Tanou, M. Samiotaki, K. Karamanoli, E. Avramidou, I. Ganopoulos, P. Madesis, A. Molassiotis // Scientific Reports. 2018. Vol. 8. Article No. 11436.

References

1. Rodikov S.A., Burlakov A.V. Methodological aspects in measuring the slow production of chlorophyll fluorescence of apple peel. In the collection: The current state of horticulture in the Russian Federation, the problems of the industry and ways to solve them. Materials of the scientific and practical conference within the framework of the 15th All-Russian exhibition «Garden Day 2020». Tambov, 2020, pp. 109-112.

2. Nesterenko T.V., Tikhomirova A.A., Shikhov V.N. A physiological (integration) approach when using chlorophyll fluorescence parameters of plant leaves. Plant Physiology, 2022, vol. 69, no. 3, pp. 306-316.

3. A fluorimeter with pulse modulation of the intensity of exciting light for assessing the functional state of natural phytoplankton according to the parameters of chlorophyll fluorescence. I. V. Konyukhov, O. V. Vorobyova, S. I. Pogosyan, E. N. Voronova. Complex studies of the World Ocean: proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists, Moscow, April 10-14, 2017. Moscow: P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, 2017, pp. 345-347.

4. Gonzalez L., Torres E., Carbó J. Effect of different application rates of metamitron as fruit-let chemical thinner on thinning efficacy and fluorescence inhibition in Gala and Fuji apple. Plant Growth Regulation, 2019, vol. 89, pp. 259–271.

5. Patrick M. O'Neill, John F. Shanahan and James S. Schepers. Use of Chlorophyll Fluorescence Assessments to Differentiate Corn Hybrid Response To Variable Water Conditions. Published in Crop Sci, 2006, vol. 46, pp. 681-687.

6. Rodikov S.A. The sunny and shady sides of an apple as the basis of a method for controlling their maturity. Storage and processing of agricultural raw materials, 2013, no. 5, pp. 34-35.

7. Rodikov S.A. Methods and devices of apple maturity analysis. Moscow: Publishing House of Physico-mathematical and technical literature, 2009. 216 p.

8. Rodikov S. A. The effect of diphenylamine, petroleum jelly and laser radiation on apple transport during storage. Prospects for the development of intensive horticulture: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of horticulturist, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, laureate of the State Prize of the Russian Federation, Honored

Scientist of the Russian Soviet Federative Socialist Republic V.I. Budagovsky, Michurinsk, December 21-22, 2016. Michurinsk: BIS LLC Publ., 2016, pp. 74-78.

9. The impact of scald development on phenylpropanoid metabolism based on phenol content, enzyme activity, and gene expression analysis. A. Cebulj, H. Halbwirth, M. Mikulic-Petkovsek, R. Veberic, A. Slatnar. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2020, vol. 61, pp. 849–858.

10. Rodikov S. A. The relationship of tanning the skin of apples during storage with chlorophyll in their skin during harvesting. For Michurinsky fruit growing, 2023, no. 2(2), pp. 56-58.

11. Ethylene -dependent and -independent superficial scald resistance mechanisms in «Granny Smith» apple fruit. E. Karagiannis, M. Michailidis, G. Tanou, M. Samiotaki, K. Karamanoli, E. Avramidou, I. Ganopoulos, P. Madesis, A. Molassiotis. Scientific Reports, 2018, vol. 8, article no. 11436.

Информация об авторах

С.А. Родиков – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник научно-консультационного центра по хранению плодов, ягод и винограда ФНЦ им. И.В. Мичурина, профессор кафедры «Агроинженерия и электроэнергетика» инженерного института ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», тел. +7 (905) 124-03-79, e-mail: rsa_rih@mail.ru, ORCID 0000-0002-0080-2156; eLIBRARY SPIN 2502-1568;

Д.О. Болдырев – аспирант, тел. +7 (999) 725-97-95, e-mail: zarech-tata@mail.ru, ORCID 0009-0002-9813-0673; eLIBRARY SPIN 8023-5702.

Information about the authors

S.A. Rodikov – Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, Scientific and Consulting Center for Storage of Fruits, Berries, and Grapes, Michurin Federal Scientific Center, Professor, Department of Agricultural Engineering and Electric Power Engineering, Engineering Institute, Michurin State Agrarian University, phone: +7 (905) 124-03-79, e-mail: rsa_rih@mail.ru, ORCID 0000-0002-0080-2156; eLIBRARY SPIN 2502-1568;

D.O. Boldyrev – Postgraduate student, phone: +7 (999) 725-97-95, e-mail: zarech-tata@mail.ru, ORCID 0009-0002-9813-0673; eLIBRARY SPIN 8023-5702.

*Поступила в редакцию: 17.12.2025; принята после рецензирования: 11.02.2026;
принята к публикации: 24.02.2026.*

Received: 17.12.2025; revised: 11.02.2026; accepted: 24.02.2026.

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Научная статья

УДК 631.412

DOI 10.24888/2541-7835-2026-39-1-152-161

АГРОХИМИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЁМНОЙ ПОЧВЫ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ БЫСТРАЯ СОСНА В ЕЛЕЦКОМ РАЙОНЕ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Барышникова Анастасия Владимировна¹,
Ленкиевич Анна Владимировна¹, Петренко Анна Петровна¹,
Пашкова Виолетта Витальевна¹

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Россия,
Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28
zaharov7979@mail.ru[✉]

Аннотация. Исследования проводились в Елецком районе Липецкой области в 2023-2025 гг. на базе научно-исследовательской агрохимической лаборатории Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. Объект исследования – целинная лугово-чернозёмная почва второй надпойменной террасы правого берега реки Быстрая Сосна и лугово-чернозёмная почва в аналогичном месте рельефа, но находящаяся в землепользовании (опытный участок института агробиотехнологий и технических систем ЕГУ. Предмет исследования – отличие агрохимических и микробиологических свойств почвы опытного участка от таковых у целинной почвы. Лугово-чернозёмная легкосуглинистая почва на второй надпойменной террасе правобережья реки Быстрая Сосна в Липецкой области, находящаяся в распаханном виде на опытном поле Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина, по сравнению со своим целинным аналогом в слое 0-30 см была более нейтральной и имела в 2,5 раза меньшую гидролитическую кислотность. В почве опытного поля в сравнении с целинной в слое 0-30 см содержалось существенно меньше: гумуса (на 0,6 %), общего азота – в 2 раза, легкогидролизуемого азота – в 1,6 раза, нитратного азота – в 3 раза, подвижного фосфора – в 1,4 раза, обменного кальция – в 1,5 раза. В почве опытного участка по сравнению с почвой целины в слое 0-30 см было ниже: сумма обменных оснований в 1,5 раза, ёмкость катионного обмена – на 6,1 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями – на 17,5 %. Микробиологическая активность лугово-чернозёмной почвы опытного участка была существенно ниже, чем у целинного аналога: интенсивность деструкции клетчатки на среднем уровне (на 17,6 % ниже), бактерий – на 1,8 тыс. КОЕ, дрожжей – в 1,8 раза, плесневых грибов – в 2,5 раза, количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – в 1,8 раза.

Ключевые слова: макроэлементы, кислотность, тип почвы, гумус, микроорганизмы, целина

Для цитирования: Агрохимическая и микробиологическая характеристика лугово-чернозёмной почвы правобережья реки Быстрая Сосна в Елецком районе Липецкой области / В.Л. Захаров, А.В. Барышникова, А.В. Ленкиевич, А.П. Петренко, В.В. Пашкова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2026. № 1(39). С. 152-161. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-152-161>.

Права: © В.Л. Захаров, А.В. Барышникова, А.В. Ленкиевич, А.П. Петренко, В.В. Пашкова (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

AGROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MEADOW BLACK SOIL ON THE RIGHT BANK OF THE FAST PINE RIVER IN THE YELETS DISTRICT OF THE LIPETSK REGION

Vyacheslav L. Zakharov^{1✉}, Anastasiya V. Baryshnikova¹, Anna V. Lenkshevich¹,
Anna P. Petrenko¹, Violetta V. Pashkova¹

¹Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia
zakharov7979@mail.ru✉

Abstract. The research was conducted in the Yelets district of the Lipetsk region in 2023-2025 on the basis of the scientific and research agrochemical laboratory of the I.A. Bunin Yelets State University. The object of the study is the virgin meadow black soil of the second upper-floodplain terrace of the right bank of the Fast Pine River and meadow black soil in a similar place of relief, but in land use (experimental site of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems). The subject of the study is the difference between the agrochemical and microbiological properties of the soil of the experimental site and those of virgin soil. The meadow black soil light loamy soil on the second upper-floodplain terrace of the right bank of the Fast Pine River in the Lipetsk region, which is plowed in the experimental field of Bunin Yelets State University, was more neutral and had 2.5 times lower hydrolytic acidity than its virgin counterpart in the 0-30 cm layer. In the soil of the experimental field, in comparison with virgin soil, the 0-30 cm layer contained significantly less: humus (by 0.6%), total nitrogen – by 2 times, easily hydrolysable nitrogen – by 1.6 times, nitrate nitrogen – by 3 times, mobile phosphorus – by 1.4 times, exchangeable calcium – by 1.5 times. In the soil of the experimental site, compared with the virgin soil in the 0-30 cm layer, the amount of exchangeable bases was 1.5 times lower, the cation exchange capacity was 6.1 mg-eq/100 g, and the degree of saturation with bases was 17.5%. The microbiological activity of the meadow black soil of the experimental site was significantly lower than that of its virgin counterpart: the intensity of fiber destruction was at an average level (17.6% lower), and bacteria – by 1.8 thousand. CFU, yeast – 1.8 times, mold fungi – 2.5 times, the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms – 1.8 times.

Keywords: vegetable cutlets, hemp protein concentrate, recipes for potato cutlets, organoleptic evaluation

For citation: Agrochemical and microbiological characteristics of meadow black soil on the right bank of the Fast Pine river in the Yelets district of the Lipetsk region. V.L. Zakharov, A.V. Baryshnikova, A.V. Lenkshevich, A.P. Petrenko, V.V. Pashkova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2026, no. 1(39), pp. 152-161. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2026-39-1-152-161>.

Copyright: © V.L. Zakharov, A.V. Baryshnikova, A.V. Lenkshevich, A.P. Petrenko, V.V. Pashkova (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under [CC BY License 4.0](#).

Введение

В связи с постоянной нагрузкой на пахотные почвы севооборотов происходит деградация почвы и почвоутомление, поэтому актуальным остаётся вопрос мониторинга земель. Самыми лучшими контрольными участками всегда остаются целинные аналоги того типа почвы, который задействован под пашню. Лугово-чернозёмные почвы изучались с позиции внесения минеральных удобрений [1], изменения азотного режима [2, 3], плотности, агрегатного состава и органического вещества [4], нитратов, подвижного фосфора и обменного калия [5], активности каталазы и ферриредуктазы [6], распределения форм азота [7], содового-сульфатного засоления [8], влияния многолетних трав [9], изменения доли гумуса, водопропрочности агрегатов, pH и суммы обменных оснований [10], влияния способов обработки [11, 12]. В ходе агрохимического обследования почвы пашни и целины в Красноярском крае авторами был произведен сравнительный анализ результатов. Определены основные показатели почвенного плодородия: содержание гумуса, состав почвенно-поглощающего комплекса, минеральные формы элементов питания. Установлена незначительная трансформация почвенно-агрохимических свойств по глубинам отбора образцов почвы и при сопоставлении участков пашни и целины. Отмечается более высокое пространственное варьирование

свойств почвы на пашне. Потенциальное и эффективное плодородие почвы характеризуется в целом стабильностью и достаточно высоким уровнем [13].

В пахотных темно-серых лесных почвах Западной Сибири происходило разрушение органоминеральной матрицы, что привело к уменьшению емкости катионного обмена. Антропогенные изменения за 54 года были обнаружены вплоть до глубины 1,2 м. На целине данный показатель характеризуется положительной тенденцией [14].

В Новосибирской области на темно-серых горно-лесных и чернозёмных почвах выявлено повсеместное снижение запасов подвижного фосфора в почвах, вовлечённых в сельскохозяйственный оборот [15].

Наибольшая интенсивность процесса разложения целлюлозы в почвах изменяется в связи с экологическими условиями среды [16]. Известно, что численность почвенных бактерий сильно варьирует в зависимости от степени её окультуренности [17]. В чернозёмах типичных Воронежской области при длительном пребывании в пару нарушается структура микробного сообщества: возрастает доля олиготрофной группировки, которая способна трансформировать гумусовые вещества. Резко снижается скорость разложения целлюлозы, отмечены фитотоксикоз почвы, развитие процесса снижения уровня гумуса [18]. Установлено, что численность микромицетов в пахотном чернозёме южном превышает аналогичные показатели на целине. Разнообразие микроскопических грибов на пашне снижается по сравнению с целиной [19].

Цель исследований – сопоставить некоторые агрохимические и микробиологические свойства лугово-чернозёмной почвы опытного участка Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина с показателями целинной почвы.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в Елецком районе Липецкой области в 2023-2025 гг. на базе научно-исследовательской агрохимической лаборатории Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина (ЕГУ). Объект исследования – целинная лугово-чернозёмная почва второй надпойменной террасы правого берега реки Быстрая Сосна и лугово-чернозёмная почва в аналогичном месте рельефа, но находящаяся в землепользовании (опытный участок института агробиотехнологий и технических систем ЕГУ. Предмет исследования – отличие агрохимических и микробиологических свойств почвы опытного участка от таковых у целинной почвы.

Лугово-чернозёмная почва сформирована на покровном карбонатном суглинке, который подстилается аллювиальными отложениями. Почва по гранулометрическому составу легкосуглинистая. Агрохимические анализы почвы выполнены в трёхкратной повторности в слое 0-30 см по инструкции ЦИНАО: гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова (трилометрический метод), легкогидролизуемого азота – по методу И.В. Тюрина и М.М. Кононовой, нитратного азота – ионометрическим методом по ГОСТ 26488-85, содержание подвижного фосфора и обменного калия – по методу Ф.В. Чирикова (титриметрический метод), общий азот – по методу Къельдаля, гидролитическую кислотность и сумму обменных оснований – титриметрическим методом по Каппэну; рН солевой и водной вытяжки – ионометрическим методом, общее количество микроорганизмов (КМАФАМ - количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) определяли как сумму дрожжей, бактерий и грибов. Количество дрожжей и бактерий определяли с помощью посева на питательный агар, а грибов – на среду Чапека. Численность микроорганизмов выражали в КОЕ (колониеобразующие единицы, или клетки). Целлюлозолитическую активность определяли аппликационным методом. Срок экспозиции льняных полотен составлял 3 месяца. Статистический анализ включал вычисление среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Сравнение показателей между группами выполняли с помощью t-критерия Стьюдента, принимая различия статистически значимыми при $p < 0.05$. Математическая обработка данных проводилась согласно методике полевого опыта [20] и в среде Statistica 10.0.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате исследований установлено, что лугово-чернозёмная почва опытного поля имеет слабокислую реакцию среды, в то время как её целинный аналог обладает нейтральной реакцией (см. табл. 1).

За время эксплуатации лугово-чернозёмной почвы её актуальная и обменная кислотность увеличились на целую единицу. Гидролитическая кислотность этой почвы в целинном виде имеет среднюю величину, а в распаханном состоянии – высокую. Эта величина у распаханной почвы в 2,5 раза выше, чем у целинной.

Таблица 1. Кислотность лугово-чернозёмной почвы опытного поля в сравнении с целинным участком в слое 0-30 см

Показатель кислотности	Целинный участок	Опытное поле	НСП ₀₅	НСП %
pH _{H2O}	7,4	6,2	0,4	6,1
pH _{KCl}	6,1	5,1	0,3	6,2
Гидролитическая кислотность, мг-экв/ 100 г	3,5	8,7	1,0	6,8

Принимая целинный участок как эталон становится очевидным, что содержание макроэлементов в пахотном слое лугово-чернозёмной почвы существенно меньше, чем в целинном аналоге. Содержание гумуса в пахотном слое лугово-чернозёмной почвы в пахотном состоянии оказалось было на 0,6 % ниже по сравнению с целинным аналогом, что существенно, поскольку превышает НСП₀₅ (см. табл. 2).

Таблица 2. Обеспеченность макроэлементами и гумусом лугово-чернозёмной почвы опытного участка в сравнении с целинным аналогом в слое 0-30 см

Макроэлемент	Целинный участок	Опытное поле	НСП ₀₅	НСП %
Гумус, %	6,0	5,4	0,2	4,5
Общий азот, %	0,6	0,3	0,1	4,0
Легкогидролизуемый азот, мг/100 г	11,0	6,7	1,5	5,2
Нитратный азот, мг/100 г	12,3	4,5	2,0	5,6
Подвижный фосфор, мг/100 г	24,8	17,6	2,3	5,8
Обменный калий, мг/100 г	13,0	11,0	1,6	6,0
Обменный кальций, мг/100 г	32,4	21,6	4,1	6,4
Обменный магний, мг/100 г	3,0	2,5	0,3	5,7

Почва по уровню гумуса является малогумусной. Содержание общего азота в почве очень низкое, подвижного фосфора в опытном поле – высокое, в целинном виде – очень высокое. Содержание нитратного азота в почве целины – среднее. В почве опытного поля – очень низкое. Содержание обменного калия в опытном поле – повышенное, в целинном виде – высокое. Согласно содержанию легкогидролизуемого азота почва обеспечена азотом и ма-

ло нуждается в азотных удобрениях. Различия по содержанию обменного магния и калия в двух вариантах лугово-чернозёмной почвы (пахотная и целинная) оказались несущественными. По всем остальным макроэлементам получены существенные различия – в целинной почве их существенно больше, чем в пахотной почве опытного участка: общего азота – в 2 раза, легкогидролизуемого азота – в 1,6 раза, нитратного азота – в 3 раза, подвижного фосфора – в 1,4 раза, обменного кальция – в 1,5 раза.

Установлено, что целинная лугово-чернозёмная почва по своим химическим свойствам существенно более благоприятна, чем распаханная (см. табл. 3).

Таблица 3. Химические свойства лугово-чернозёмной почвы опытного поля в сравнении с целинным аналогом в слое 0-30 см

Показатель	Целинный участок	Опытное поле	НСП ₀₅	НСП %
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г	35,4	24,1	2,5	7,2
Ёмкость катионного обмена (ЕКО), мг-экв/100 г	38,9	32,8	2,9	7,3
Степень насыщенности основаниями, %	91,0	73,5	5,6	7,5

Сумма обменных оснований в почве высокая, ёмкость катионного обмена – средняя, степень насыщенности основаниями: в распаханном виде – средняя, в целинном виде – высокая. В почве целинного участка сумма обменных оснований в 1,5 раза выше, ёмкость катионного обмена – на 6,1 мг-экв/100 г выше, степень насыщенности основаниями – на 17,5 % выше по сравнению с почвой опытного участка.

Установлены более благоприятные микробиологические показатели лугово-чернозёмной почвы целинного участка по сравнению с опытным полем (см. табл. 4).

Таблица 4. Микробиологические показатели лугово-чернозёмной почвы опытного поля по сравнению с целинным аналогом в слое 0-30 см

Показатель	Целинный участок	Опытное поле	НСП ₀₅	НСП %
Целлюлозолитическая активность, %	90,1	72,5	5,6	7,6
Бактерии, тыс. КОЕ/г	6,1	4,3	0,4	4,8
Дрожжи, тыс. КОЕ/г	45200,0	25500,0	125,0	4,5
Грибы, тыс. КОЕ/г	189,4	75,5	15,0	5,6
КМАФАМ, тыс. КОЕ/г	45395,5	25579,8	140,4	6,1

Интенсивность разложения льняной ткани в пахотном слое лугово-чернозёмной почвы была на среднем уровне, а в целинном аналоге она характеризовалась как сильная и была выше на 17,6 %. Численность всех изученных групп микроорганизмов в 1 грамме почвы была существенно выше на целинной почве в сравнении с распаханной опытного поля: бактерий – на 1,8 тыс. КОЕ, дрожжей – в 1,8 раза, плесневых грибов – в 2,5 раза, количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – в 1,8 раза.

Выводы

1. Лугово-чернозёмная легкосуглинистая почва на второй надпойменной террасе правобережья реки Быстрая Сосна в Липецкой области, находящаяся в распаханном виде на

опытном поле Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина по сравнению со своим целинным аналогом в слое 0-30 см, была более нейтральной, и имела в 2,5 раза меньшую Гидролитическую кислотность.

2. В почве опытного поля в сравнении с целиной в слое 0-30 см содержалось существенно меньше: гумуса (на 0,6 %), общего азота – в 2 раза, легкогидролизуемого азота – в 1,6 раза, нитратного азота – в 3 раза, подвижного фосфора – в 1,4 раза, обменного кальция – в 1,5 раза.

3. В почве опытного участка по сравнению с почвой целины в слое 0-30 см было ниже: сумма обменных оснований в 1,5 раза, ёмкость катионного обмена – на 6,1 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями – на 17,5 %.

4. Микробиологическая активность лугово-чернозёмной почвы опытного участка была существенно ниже, чем у целинного аналога: интенсивность деструкции клетчатки на среднем уровне (на 17,6 % ниже), бактерий – на 1,8 тыс. КОЕ, дрожжей – в 1,8 раза, плесневых грибов – в 2,5 раза, количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – в 1,8 раза.

Критерий авторства

Все авторы сделали эквивалентный (равный) вклад в подготовку публикации

Contribution

All authors have made an equivalent (equal) contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest

Список источников

1. Влияние биоудобрения на основе органических отходов птицефабрики на элементы плодородия лугово-чернозёмной почвы / Н. Ф. Балабанова, Н. А. Воронкова, А. Ю. Тимохин [и др.] // Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений: материалы Международной научной заочной конференции, посвящённой 55-летию Сибирского научно-исследовательского института птицеводства, Омск, 08 декабря 2022 года / Отв. редактор А.Б. Дымков. Омск: Омский государственный технический университет, 2022. С. 416-420.

2. Кумейко Ю.В. Особенности азотного режима рисовой лугово-чернозёмной почвы Западного Предкавказья и урожайность риса при применении ингибиторов нитрификации: специальность 03.02.13 «Почвоведение»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Краснодар, 2016. 128 с.

3. Захарова И.А., Юмашев Х.С. Изменение азотного режима лугово-чернозёмной почвы // Вопросы климатических изменений и адаптации к ним в условиях регионов: сборник тезисов выступлений международной научно-практической конференции в рамках Межрегиональной агропромышленной конференции «МАК – 2025» Уральского федерального округа, Челябинск, 06 февраля 2025 года. Челябинск: Челябинский государственный университет, 2025. С. 32-33.

4. Юшкевич Л.В., Бутко А.С. Интенсивные агротехнологии и изменение агрофизических свойств чернозёмных почв Западной Сибири // Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 105-летию агрономического (агротехнологического) факультета и 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Рендова

Николая Александровича, Омск, 02 марта 2023 года. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. С. 217-220.

5. Пилипенко Н.Г., Андреева О.Т. Влияние систем удобрений на агрохимические показатели лугово-чернозёмной почвы Восточного Забайкалья // Кормопроизводство. 2016. № 10. С. 30-34.

6. Гуторова О.А., Шеуджен А.Х. Современное состояние плодородия почв рисовых агроландшафтов Кубани // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5(73). С. 80-84.

7. Синявский И.В., Синявская Т.А. Распределение минеральных форм азота в профиле полугидроморфных лугово-чернозёмных почв центральной поймы реки Миасс // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 3(17). С. 27-36.

8. Азаренко Ю.А. Современное состояние залежных почв солонцовых комплексов лесостепи Омского Прииртышья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 5(109). С. 16-23.

9. Парашенко В.Н., Чижиков В.Н. Изменение агрохимических показателей лугово-чернозёмной почвы в рисовом севообороте с многолетними травами // Селекция, семеноводство, технология возделывания и переработка сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 26–27 августа 2021 года. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Российская академия наук федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса». Краснодар: Издательство «ЭДВИ», 2021. С. 327-330.

10. Заметельский М.К., Азаренко Ю.А. Агроэкологическая оценка влияния длительного применения удобрений на плодородие лугово-черноземной почвы в южной лесостепи Омского Прииртышья // Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы: материалы I Всероссийской (национальной) конференции, Омск, 26 мая 2021 года. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2021. С. 260-266.

11. Абрамов Н.В., Семизоров С.А. Структурное состояние лугово-чернозёмной почвы при дифференцированной системе основной обработки // Агропродовольственная политика России. 2016. № 12(60). С. 35-39.

12. Абрамов Н.В., Оксукбаева А.М. Влияние различных систем обработки почвы на гумусное состояние лугово-черноземной почвы // Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России: сборник трудов национальной научно-практической конференции, Тюмень, 01–03 ноября 2022 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 6-18.

13. Зарубина А.Р. Сравнительная характеристика свойств почвы пашни и целины в условиях Шарыповского района // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XVII Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 16–18 марта 2022 года. Том Часть 1. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. С. 83-86.

14. Котченко С.Г., Ерёмина Д.В. Агрогенные изменения химических свойств темно-серых лесных почв Северного Зауралья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10(192). С. 42-50.

15. Захарова И.А., Юмашев Х.С. Резервы фосфора и калия в основных типах зональных почв Челябинской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 3(56). С. 38-45.

16. Корсунова Ц.Д.Ц., Чимитдоржиева Э.О., Цыбенков Ю.Б. Микробные пулы почв Забайкалья: структура микробиоценоза, ферментативная активность, разложение целлюлозы // Научная жизнь. 2025. Т. 20. № 5(143). С. 1220-1228.

17. Семенов М.В. Биомасса и таксономическая структура архей и бактерий в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Москва, 2016. 26 с.

18. Свистова И.Д., Стахурлова Л.Д. Динамика свойств черноземов типичных заповедника «Стрелецкая степь» под влиянием многолетнего агрогенного воздействия // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 4. С. 40-42.

19. Влияние сельскохозяйственного использования чернозема южного на численность и разнообразие микромицетов под озимой пшеницей / В.И. Фаизова, В.С. Цховребов, В.Я. Лысенко, Н.М. Косоротова // Эволюция и деградация почвенного покрова: сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции, Ставрополь, 19–22 сентября 2017 года. Ставрополь: ООО «Секвойя», 2017. С. 360-362.

20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. 6-е изд. 1985. Москва: Альянс, 2011. 351 с.

References

1. The effect of biofertilizers based on organic poultry farm waste on the elements of the meadow black soil. N. F. Balabanova, N. A. Voronkova, A. YU. Timohin [et al.]. Agricultural science in the context of global challenges of the global food crisis: problems, trends, solutions: Proceedings of the International Scientific Correspondence Conference dedicated to the 55th anniversary of the Siberian Scientific Research Institute of Poultry Farming, Omsk, December 08, 2022. Editor-in-chief A.B. Dymkov. Omsk: Omsk State Technical University, 2022, pp. 416-420.

2. Kumejko Yu.V. Features of the nitrogen regime of rice meadow black soil of the Western Ciscaucasia and rice yield when using nitrification inhibitors: specialty 03.02.13 «Soil Science»: dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. Krasnodar, 2016. 128 p.

3. Zakharova I.A., Yumashev H.S. Changes in the nitrogen regime of meadow black soil. Issues of climate change and adaptation to them in the conditions of the regions: A collection of abstracts of the international scientific and practical conference within the framework of the Interregional Agro-industrial Conference «MAC – 2025» of the Ural Federal District, Chelyabinsk, February 06, 2025. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University, 2025, pp. 32-33.

4. Yushkevich L.V., Butko A.S. Intensive agrotechnologies and changes in the agrophysical properties of black soils of Western Siberia. Results and prospects of the development of Siberian agriculture: Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation dedicated to the 105th anniversary of the Faculty of Agronomy (Agrotechnology) and the 75th anniversary of the Doctor of Agricultural Sciences, Professor Nikolai Rendov, Omsk, March 02, 2023. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2023, pp. 217-220.

5. Pilipenko N.G., Andreeva O.T. The influence of fertilizer systems on agrochemical parameters of meadow black soil of the Eastern Transbaikalia. Feed production, 2016, no. 10, pp. 30-34.

6. Gutorova O.A., Sheudzhen A.H. The current state of soil fertility in rice agricultural landscapes of Kuban. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University, 2018, no. 5(73), pp. 80-84.

7. Sinyavskij I.V., Sinyavskaya T.A. Distribution of mineral nitrogen forms in the profile of semihydromorphic meadow-chnozem soils of the central floodplain of the Miass River. Agricultural Journal, 2024, no. 3(17), pp. 27-36.

8. Azarenko Yu.A. The current state of the fallow soils of the saline complexes of the forest-steppe of the Omsk Priirtyshye. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University, 2024, no. 5(109), pp. 16-23.

9. Parashchenko V.N., Chizhikov V.N. Changes in agrochemical parameters of meadow-chnozem soil in rice crop rotation with perennial grasses. Breeding, seed production, technology of cultivation and processing of agricultural crops: Proceedings of the international scientific and practical conference, Krasnodar, August 26-27, 2021. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation Russian Academy of Sciences Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Rice Research Center». Krasnodar: EDVI Publishing House Publ., 2021, pp. 327-330.

10. Zametel'skij M.K., Azarenko Yu.A. Agroecological assessment of the impact of prolonged use of fertilizers on the fertility of meadow black soil in the southern forest-steppe of the Omsk Irtysh region. Rational use of natural resources: theory, practice and regional problems: proceedings of the I All-Russian (National) Conference, Omsk, May 26, 2021. Omsk: Omsk State Agrarian University, 2021, pp. 260-266.
11. Abramov N.V., Semizorov S.A. The structural state of meadow black soil with a differentiated basic processing system. Agro-food policy of Russia, 2016, no. 12(60), pp. 35-39.
12. Abramov N.V., Oksukbaeva A.M. The influence of various tillage systems on the humus state of meadow black soil. Integration of science and education in agricultural universities to ensure Russia's food security: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Tyumen, November 01-03, 2022. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2022, pp. 6-18.
13. Zarubina A.R. Comparative characteristics of the soil properties of arable land and virgin land in the conditions of Sharypovsky district. Student Science – a look into the future: proceedings of the XVII All-Russian Student Scientific Conference, Krasnoyarsk, March 16-18, 2022. Vol. Part 1. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2022, pp. 83-86.
14. Kotchenko S.G., Eryomina D.V. Agrogenic changes in the chemical properties of dark gray forest soils of the Northern Urals. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2020, no. 10(192), pp. 42-50.
15. Zakharova I.A., Yumashev H.S. Phosphorus and potassium reserves in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk region. Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University, 2020, no. 3(56), pp. 38-45.
16. Korsunova C.D.C., Chimitdorzhieva E.O., Cybenov Yu.B. Microbial pools of Transbaikalian soils: the structure of microbiocenosis, enzymatic activity, and cellulose decomposition. Scientific Life, 2025, vol. 20, no. 5(143), pp. 1220-1228.
17. Semenov M.V. Biomass and taxonomic structure of archaea and bacteria in the soils of natural and agricultural ecosystems: abstract of the thesis for the degree of Candidate of Biological Sciences. Moscow, 2016. 26 p.
18. Svistova I.D., Stakhurlova L.D. Dynamics of properties of black soil typical of the reserve «Streletskaya steppe» under the influence of long-term agrogenic effects. Russian agricultural science, 2018, no. 4, pp. 40-42.
19. The influence of agricultural use of southern black soil on the abundance and diversity of micromycetes under winter wheat. V.I. Faizova, V.S. Tskhovrebov, V.Ya. Lysenko, N.M. Koso-rotova. Evolution and degradation of soil cover: Collection of scientific articles based on the materials of the V International Scientific Conference, Stavropol, September 19-22, 2017. Stavropol: Sequoia Publ., 2017, pp. 360-362.
20. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook for students of higher agricultural educational institutions on agronomic specialties. 6th ed., 1985. Moscow: Alliance Publ., 2011. 351 p.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агро-технологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. +7 (904) 291-39-97, e-mail: zacharov7979@mail.ru, ORCID 0000-0003-4891-658X; eLIBRARY SPIN 1388-8430;

А.В. Барышникова – аспирант, тел. +7 (910) 739-84-16, e-mail: nastya181997@icloud.com; ORCID 0009-0006-1197-999X; eLIBRARY SPIN 2211-4372;

А.В. Ленкшевич – аспирант, тел. +7 (927) 015-68-49, e-mail: witchanna@bk.ru; ORCID 0009-0003-9113-2569; eLIBRARY SPIN 9992-9504;

А.П. Петренко – аспирант, старший преподаватель кафедры химико-биологических дисциплин и фармакологии, тел. +7 (904) 688-77-24, e-mail: anna-petrenko98@yandex.ru, ORCID 0009-0004-8340-0540; eLIBRARY SPIN 9932-4415;

В.В. Пашкова – старший преподаватель кафедры химико-биологических дисциплин и фармакологии, тел. +7 (915) 851-82-08, e-mail: vita.pashkova@bk.ru, ORCID 0009-0008-7458-4738; eLIBRARY SPIN 1811-4643;

Information about the authors

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of agricultural Products, phone: +7 (904) 291-39-97, e-mail: zaxarov7979@mail.ru, ORCID 0000-0003-4891-658X; eLIBRARY SPIN 1388-8430;

A.V. Baryshnikova – Postgraduate student, phone: +7 (910) 739-84-16, e-mail: nastya181997@icloud.com; ORCID 0009-0006-1197-999X; eLIBRARY SPIN 2211-4372;

A.V. Lenkshevich – Postgraduate student, phone: +7 (927) 015-68-49, e-mail: witchanna@bk.ru; ORCID 0009-0003-9113-2569; eLIBRARY SPIN 9992-9504;

A.P. Petrenko – Postgraduate student, Senior lecturer at the Department of Chemical and Biological Sciences and Pharmacology, phone: +7 (904) 688-77-24, e-mail: anna-petrenko98@yandex.ru, ORCID 0009-0004-8340-0540; eLIBRARY SPIN 9932-4415;

V.V. Pashkova – Senior lecturer at the Department of Chemical and Biological Sciences and Pharmacology, phone: +7 (915) 851-82-08, e-mail: vita.pashkova@bk.ru, ORCID 0009-0008-7458-4738; eLIBRARY SPIN 1811-4643.

*Поступила в редакцию: 20.12.2025; принята после рецензирования: 15.01.2026;
принята к публикации: 30.01.2026.*

Received: 20.12.2026; revised: 15.01.2026; accepted: 30.01.2026.

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ в научно-практическом журнале «Агропромышленные технологии Центральной России»

Порядок рассмотрения

Журнал «Агропромышленные технологии Центральной России» ориентирован на публикацию научных статей, затрагивающих проблемы сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Представленные для публикации материалы должны соответствовать научному направлению журнала, быть актуальными, содержать новизну, научную и практическую значимость, публиковаться впервые.

Редакция принимает к публикации оригинальные, еще не опубликованные и не находящиеся на рассмотрении в редакции других журналов рукописи. Авторы несут полную ответственность за содержание материалов, точность перевода аннотации, цитирования, библиографической информации, выводов.

Статьи, подготовленные авторами в соответствии с требованиями, представляются в электронном виде на почту журнала agropromelets@mail.ru. Авторы также могут лично передать рукопись в редакцию. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Редакция подтверждает автору получение рукописи в течение 10 дней после ее поступления.

После получения рукописи ответственный за выпуск журнала организует:

1) первичную проверку рукописи на соответствие основным научным направлениям журнала и правилам оформления;

2) проверку рукописи в системе типа Антиплагиат для установления оригинальности (оригинальность рукописи, опубликованной в журнале, должна составлять не менее 80%);

3) рецензирование рукописи (осуществляется на условиях конфиденциальности членами редколлегии журнала и признанными специалистами, имеющими публикации по тематике рукописи).

Редакция оставляет за собой право отклонить рукопись на любом этапе с предоставлением автору аргументированного обоснования.

Рукопись также может быть возвращена автору для доработки по итогам проверок или рецензирования. Статья, направленная автором в редакционную коллегию после устранения замечаний, рассматривается в общем порядке.

Окончательное решение о публикации рукописи принимается главным редактором журнала и, при необходимости, редакционной коллегией.

В случае положительного решения о публикации рукописи между автором и редакцией заключается договор. Автор должен предоставить в редакцию оригинал приходного кассового ордера или сканированную копию чека об оплате редакционно-издательских услуг в безналичной форме.

Передавая статью для публикации, автор соглашается на осуществление редактирования текста, необходимого для его опубликования.

Редакция приветствует публикации, выполненные в сотрудничестве с учеными и исследователями зарубежных государств (коллаборации).

Требования к направленным на публикацию рукописям

В журнале «Агропромышленные технологии Центральной России» публикуются оригинальные научные статьи, обзорные статьи, информационные публикации.

Структура статьи:

– **Тип рукописи** – научная статья, обзорная статья. Указывают отдельной строкой слева.

– **Индекс Универсальной десятичной классификации (УДК)**. Индекс УДК помещают на отдельной строке слева.

– **Название статьи** (на русском и английском языках) приводят перед статьей, по центру, *прописными* буквами. Не более 12 слов, должно быть информативным и отражать основной результат исследований. В названии статьи не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

– **Сведения об авторе (авторах)** (на русском и английском языках) содержат: имя, отчество, фамилию автора (авторов) через запятую на русском языке в формате *Фамилия Имя Отчество* и английском в формате *Имя О. Фамилия*. Наименование организации (учреждения), где работает или учится автор (для образовательных и научных организаций – без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО и т.п.); адрес организации, (индекс, страна, регион, населенный пункт, улица (шоссе, проспект, переулок и т.п.), дом). Если организаций две и более, то необходимо цифровыми надстрочными индексами связать название организации и фамилии авторов, в ней работающих. Автор, ответственный за переписку, и его электронный адрес обозначается условным изображением конверта.

– **Аннотация** (на русском и английском языках). Рекомендуемый объем – 150-200 слов. Аннотацию не следует начинать с повторения названия статьи. Аннотация должна содержать следующую информацию: цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

– **Ключевые слова** (на русском и английском языках) должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную область. Количество ключевых слов должно быть не менее 3 и не более 9.

– **Финансирование** (на русском и английском языках). Авторы должны указать, как финансировалось исследование или публикация статьи. Если исследование выполнено при поддержке гранта, то необходимо ука-

затем, кем финансировалось исследование и номер гранта. Если нет финансовой поддержки проведенного исследования, по которому написана статья, то в статью этот раздел не включается.

– **Текст статьи.** При оформлении текста статьи следует придерживаться следующей структуры: **введение, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, выводы.** Название разделов в тексте статьи приводится по центру.

В разделе «**Введение**» ставится научная проблема, ее актуальность и формулируется цель статьи. Приводится краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой. «**Материалы и методы исследований**»: даются сведения об объекте и последовательности выполнения исследования. Приводится описание экспериментальных работ, теоретических или обзорных исследований. «**Результаты и их обсуждение**»: приводятся конкретные авторские результаты, полученные в ходе проведения исследования. «**Выводы**»: изложение в тезисной форме основных результатов исследования. Выводы должны быть структурированы и пронумерованы.

– **Критерии авторства** (на русском и английском языках). Указывается фактический вклад каждого соавтора в выполненную работу (например: «все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации»).

– **Конфликт интересов** (на русском и английском языках). Следует указать на реальный или потенциальный конфликт интересов. Если конфликта интересов нет, то следует написать, что «автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

– **Благодарности** (на русском и английском языках). По желанию автора (-ов) приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, и т.п. Эти сведения приводят с предшествующим словом «**Благодарности**». Данный раздел является необязательным.

– **Список источников** (на русском и английском языках). Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «**Список источников**», который оформляют по ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок нумеруют и располагают **в том порядке, в котором они цитируются в тексте статьи**. Отсылку на источник в тексте статьи приводят **в квадратных скобках [1]** после цитаты. В список источников включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов), используемые в тексте статьи. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей (ведомственные издания и инструкции, ГОСТы, ТУ, учебники, учебные пособия, тезисы докладов и материалов конференций, авторефераты и диссертации). При необходимости ссылка на данные документы оформляется в качестве сноски в тексте. *Не рекомендуется* использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет. *Самоцитирование*, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике и задачам научной работы. Если у цитируемой статьи или книги есть цифровой идентификатор DOI, то он обязательно указывается после выходных данных. Не менее 80% источников из списка источников должны быть опубликованы в *периодических* печатных изданиях в течение последних 10 лет. Отсутствие цитирования иностранных авторов, а также отсутствие цитирования из источников, опубликованных в базах данных Scopus и Web of Science, снижают шансы рукописи на опубликование.

– **References** приводится полностью отдельным блоком в конце статьи, повторяя список источников к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники.

– **Информация об авторах** (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, ученого звания; контактный телефон, электронная почта, ORCID ID, eLIBRARY SPIN.

Количество публикаций одного автора в одном выпуске не более 2-х статей, выполненных индивидуально, или не более 3-х статей, выполненных в соавторстве.

Особое внимание авторов обращаем на качество перевода названия, ключевых слов, аннотации, списка источников и сведений об авторах. Перевод должен быть обязательно сделан профессиональным переводчиком или носителем языка, имеющим необходимую компетенцию. Перевод с помощью автоматизированного переводчика не допускается. При низком качестве перевода статья может быть отклонена от печати.

ВНИМАНИЕ: Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 80%, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

Технические требования к оформлению рукописи

Файл в формате *.doc и *.pdf. Формат листа – А4 (210 x 297 мм), все поля по 20 мм. Шрифт: размер (кегель) – 12, тип – Times New Roman. Межстрочный интервал – одинарный. Абзацный отступ – 1,0 мм.

Редактор формул – MathTypeEquation (версии 5-7) или MS Word. Шрифт в стиле основного текста – Times New Roman; переменные – курсив, греческие – прямо, матрица-вектор – полужирный; русские – прямо. Размеры в математическом редакторе (в порядке очередности): обычный – 12 pt, крупный – индекс – 8 pt, мелкий индекс – 7 pt, крупный символ – 14 pt, мелкий символ – 10 pt.

Графики, диаграммы и т. п. (желательно цветные), выполненные в графическом редакторе (Microsoft Office, Corel Draw, Компас-3D и т.п.), должны допускать возможность редактирования и направляются в редакцию отдельными файлами в форматах tiff, jpeg, cdr, excel, doc (сгруппированные, толщина линии не менее 0,75 pt). Ширина рисунка – не более 11,5 см. Они размещаются в рамках рабочего поля. Рисунки должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Используемое в тексте сканированное изображение должно иметь разрешение не менее 300 точек на дюйм. Сканированные формулы, графики и таблицы не допускаются. Форматирование номера рисунка и его названия: шрифт – обычный, размер – 12 пт, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия рисунка точка не ставится.

Таблицы в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word (не отсканированные и не в виде рисунка). Таблицы должны располагаться в пределах рабочего поля. Форматирование номера таблицы и ее названия: шрифт – обычный, размер – 12 пт, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия таблицы точка не ставится. Содержимое таблицы – шрифт обычный, размер – 11 пт, интервал – одинарный. В таблицах допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

Таблицы, рисунки, а также уравнения нумеруются в порядке их упоминания в тексте. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу или рисунок.

Все страницы рукописи с вложенными таблицами и рисунками должны быть пронумерованы (в счет страниц рукописи входят таблицы, рисунки, подписи к рисункам, список источников, сведения об авторах).

Минимальное количество страниц в статье – 6.

Максимальное количество страниц – 20.

Редакция оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие требованиям (в том числе к объему текста, оформлению таблиц и иллюстраций).

Авторские права

Авторы имеют возможность лично просмотреть электронный макет статьи перед выпуском журнала и внести последние правки. Отсутствие ответа со стороны авторов снимает ответственность редакции за недочеты в статье. Редакция оставляет за собой право производить необходимую правку и сокращения по согласованию с автором. Рукописи не возвращаются. Авторы не могут претендовать на выплату гонорара. Авторы имеют право использовать материалы журнала в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Агропромышленные технологии Центральной России».

Рубрики

Объем и рубрики каждого номера журнала «Агропромышленные технологии Центральной России» варьируются в зависимости от содержания поступившего материала, тематики, задач. Основные рубрики журнала и соответствие их номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

- Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов (4.3.3. Пищевые системы (технические науки))
- Общее земледелие и растениеводство (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))
- Агроинженерные системы и технологии (4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки); 4.3.3. Пищевые системы (технические науки))
- Агроэкология и рациональное природопользование (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))

Оплата редакционно-издательских услуг

Для публикации статей необходимо внести плату. Плата за публикацию – оплата редакционно-издательских услуг, которые включают литературное редактирование на русском и английском языках, техническую подготовку и обработку рукописи статьи после научного рецензирования, присвоение международного идентификационного номера DOI, размещение журнала на сайте и в системах индексирования и реферирования, а также расходы на издание журнала.

Все рукописи доступны читателям на сайте журнала сразу после публикации без финансовых и технических условий. Весь архив журнала доступен для чтения и загрузки без ограничений.

Автор для переписки несет ответственность за осуществление или организацию оплаты. Публикации могут финансироваться заинтересованными лицами, вузами, научными и другими организациями, в том числе за счет средств грантов. Редакция журнала по электронной почте направляет автору для переписки информацию о принятии статьи к публикации, о сроке оплаты и пакет документов, необходимых для оплаты публикации.

Оплата производится только после получения положительной рецензии и утверждения главным редактором статьи в номер. За подачу рукописи статьи в редакцию журнала, её проверку и рецензирование плата не взимается.

Оплата редакционно-издательских услуг составляет **850 руб. за 1 стр.**

После оплаты автору для переписки необходимо направить на электронный адрес agropromelets@mail.ru в отсканированном виде квитанцию об оплате (платежного поручения).

Авторские экземпляры не предоставляются, гонорары не выплачиваются.

Информация о приобретении печатного варианта экземпляра выпуска журнала сообщается заранее, экземпляр оплачивается по каталожной цене журнала.

Размер оплаты за публикацию может быть изменен. Оплата статей производится по тарифу, действующему на дату поступления статьи в редакцию. Информация об изменении размера платы за публикацию будет опубликована на главной странице журнала за 30 дней.

Реквизиты для оплаты

ИНН: 4821004595

КПП: 482101001

БИК: 012202102

БАНК ПОЛУЧАТЕЛЯ ПЛАТЕЖА: ОКЦ №1 ВВГУ Банка России/УФК по Нижегородской области, г. Нижний Новгород

ПОЛУЧАТЕЛЬ ПЛАТЕЖА: УФК по Нижегородской области (ЕГУ им. И.А. Бунина, л/с 20466X13800)

ЕДИНЫЙ КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 40102810745370000024

КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 03214643000000013211

ОКОНХ 92110

ОКПО 02079537

ОКТМО 42715000

КБК 000000000000000000130 (доходы от оказания платных услуг (работ))

ОГРН: 1024800789628

Оплата редакционно-издательских услуг **850 руб. за 1 стр.**

Назначение платежа: за выполнение редакционно-издательских услуг, «Агропромышленные технологии Центральной России, ФИО плательщика».

После оплаты Заказчику необходимо направить на электронный адрес agropromelets@mail.ru сканированную квитанцию об оплате, а также почтовый адрес для отправки журнала.

Право на публикацию за счет средств Елецкого государственного университета имеют:

- **члены редакционной коллегии журнала «Агропромышленные технологии Центральной России»**

Статьей члена редакционной коллегии считается статья, в которой член редакционной коллегии выступает в качестве единственного автора. Если в статье члена редакционной коллегии есть соавторы, то публикация не является «статьей члена редакционной коллегии» и оплата за нее осуществляется с учетом долевого участия. Количество бесплатных публикаций (одного и того же) члена редакционной коллегии журнала – не более 1 статьи в год.

- **ведущие ученые**, статьи которых имеют высокую научно-практическую значимость (по согласованию с заместителями главного редактора и после утверждения главным редактором).

Ведущими учеными признаются лица, имеющие **индекс Хирша по ядру РИНЦ, значение которого превышает 18**. Если в статье ведущего ученого есть соавторы, то публикация не является «статьей ведущего ученого» и оплата за нее осуществляется с учетом долевого участия. Количество бесплатных публикаций (одного и того же) ведущего ученого – не более 1 статьи в год.

В одном номере журнала принято ограничение на количество бесплатных публикаций – не более 5 статей.

Статьи, подготовленные авторами в соответствии с требованиями, представляются в электронном виде на почту журнала agropromelets@mail.ru. Авторы также могут лично передать рукопись в редакцию. Файл статьи (созданный в программе MSWord) следует назвать по фамилии первого автора – *ИвановИИ.doc*.

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Порядок рецензирования рукописей научных статей, поступивших в редакцию журнала «Агропромышленные технологии Центральной России».

1. Рукописи научных статей, поступившие в редакцию, проходят обязательное рецензирование с целью их экспертной оценки.

2. Председатель редакционного совета определяет соответствие рукописи статьи профилю журнала и требованиям к оформлению.

3. После рассмотрения рукописи статьи на заседании редакционной коллегии рукопись направляется на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемых статей. Если статья не соответствует профилю журнала, то автору сообщается о невозможности ее публикации.

4. Тип рецензирования — двустороннее слепое (анонимное). Присланные рецензентам рукописи являются частной собственностью авторов и содержат сведения, не подлежащие разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей, а также передавать статьи на рецензирование другому лицу.

5. Срок рецензирования составляет не более четырех недель.

6. Рецензент оценивает:

соответствие содержания статьи ее названию; структуру статьи (предмет исследования, постановка задачи, ход проведения исследований, результаты и выводы); наличие в статье научной или технической новизны; достоинства и недостатки статьи.

7. Рецензент дает заключение о целесообразности публикации статьи:

принять статью; принять статью с незначительной доработкой – автору направляется текст рецензии с предложением внести необходимые изменения и дополнения в статью или аргументировано опровергнуть замечания рецензента, затем рукопись статьи рассматривается на заседании редакционной коллегии на предмет выполнения требований рецензента; рассмотреть статью повторно после серьезной переработки – автору направляется текст рецензии с предложением переработки статьи, затем переработанная автором статья направляется на повторное рецензирование; отклонить статью – мотивированный отказ направляется автору, к повторному рассмотрению статья не принимается.

8. Текст рецензии предоставляется автору по его запросу, а также в Высшую аттестационную комиссию РФ по соответствующему запросу без подписи и указания фамилии, должности и места работы рецензента.

9. Рукописи статей, принятых к публикации, автору не возвращаются.

10. Рукописи статей, не принятых к публикации, вместе с текстом мотивированного отказа, возвращаются автору.

11. Рецензии, а также все сопроводительные документы (авторское заявление, экспертное заключение) хранятся в Издательстве и в редакции журнала в течение 5 лет.

Процедура рецензирования и утверждения статей занимает от одного до двух месяцев, далее статьи публикуются в порядке очередности. Редакция может принимать решение о внеочередной публикации статьи.

Подготовка статьи к публикации, проводимая редакцией журнала, состоит в литературном и техническом редактировании. Редакторские правки согласуются с авторами.

Научное издание

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 1 (№ 39)

*Корректор – С.Е. Гридчина
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

Знак информационной продукции 12+

Подписано в печать: 23.03.2026

Дата выхода в свет: 24.03.2026

Бумага формат А-4 (83,5 п.л.)

Гарнитура Times

Печать трафаретная

Тираж 1000 экз. Заказ № 8

Свободная цена

Адрес редакции:

399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Допризывников, 1

Адрес издателя:

399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1

E-mail: agropromelets@mail.ru

Сайт журнала: [www. http://elsu.ru/agrotech](http://elsu.ru/agrotech)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Регистрационный номер средства массовой информации

ПИ № ФС77-67628 от 10 ноября 2016 г.

Подписной индекс журнала № **64988** в объединенном каталоге
«Пресса России»

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1