

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 2 (№ 36) / Елец, 2025

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 «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

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 Кериш кызы – 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 Russian Biotechnological University.

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 Vasilyevich – 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

Бочкарева З.А., Федорова М.П. Пищевая ценность детского сдобного печенья с использованием нетрадиционного сыря.....	9
Быстров Д.И., Кусова И.У., Васюкова А.Т. Актуальность вакуумной обработки мясных полуфабрикатов в общественном питании.....	18
Васюкова А.Т., Остюк Ю.А., Вадовский И.К., Тихонов Д.А., Ларионов А.Н., Джабоева А.С. Разработка обогащенных диетических блюд для ОВД диеты.....	28
Калужских А.Г., Трубников В.Н., Чуваев И.В. Исследование влияния смеси гречневой и ячменной муки на органолептические свойства и срок хранения крекера.....	36
Матвеев Д.А. Техничко-экономическая оценка линии производства функциональных макаронных изделий.....	45
Моисеева Н.Е., Гиро Т.М., Мокрецов И.В., Сухов М.А., Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е. Обоснование использования плодов шиповника в рецептурах ферментированных сыровяленых колбас.....	56
Патеев С.С. Гистологические исследования мяса черного африканского страуса.....	67
Сарсенова О.Д., Анопко А.А., Абсаттарова А.О., Григорян Л.Ф. Функционально-технологический потенциал использования белковых препаратов на основе нута и облепихи в производстве кисломолочных паст.....	77
Школьников М.Н., Рожнов Е.Д., Кузьмина А.М. Исследование влияния бета-глюкана овса на свойства кондитерского наполнителя из плодов <i>Rubus idaeus</i>	86

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Дулов М.И. Содержание и прогнозирование растворимых сухих веществ при выращивании ягод земляники садовой в Среднем Поволжье.....	96
Скрылёв А.А. Эффективность новых инсектицидов в борьбе с вредителями яблони.....	105
Федотова Л.С., Тимошина Н.А., Князева Е.В., Арсентьев И.А., Визирская М.М. Новые формы минеральных удобрений при возделывании картофеля.....	112

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Добрин С.А., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С., Чудинов Е.С. Разработка зерносушильного аппарата с конвективно-кондуктивным теплообменом.....	121
---	-----

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Захаров В.Л., Пугачев Г.Н., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С., Добрин С.А., Барышникова А.В. Морфологические свойства почв в интенсивных яблоневых садах в Липецкой и Тамбовской областях.....	130
Леонова Ю.В., Спасская Т.А., Тютюнькова М.В. Агроэкологическая оценка влияния нетрадиционных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя.....	142
Сотников И.Л., Петренко А.П. Древесные породы как биоиндикаторы загрязнённости чернозёма оподзоленного Липецкой области свинцом.....	151

CONTENTS

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Bochkareva Z.A., Fedorova M.P. Nutritional value of children's butter cookies using non-traditional raw materials.....	9
Bystrov D.I., Kusova I.U., Vasyukova A.T. Relevance of vacuum processing of meat semi-finished products in public catering.....	18
Vasyukova A.T., Ostyuk Yu.A., Vadovsky I.K., Tikhonov D. A., Larionov A.N., Dzhaboeva A.S. Development of enriched dietary dishes for MDO diets.....	28
Kaluzhskikh A.G., Trubnikov V.N., Chuvaev I.V. Investigation of the effect of a mixture of buckwheat and barley flour on the organoleptic properties and shelf life of the cracker.....	36
Matveev D.A. Technical and economic assessment of the functional pasta production line.....	45
Moiseeva N.E., Giro T.M., Mokretsov I.V., Sukhov M.A., Pyanikova E.A., Kovaleva A.E. Justification of the use of rosehip fruits in the formulations of fermented cured sausages.....	56
Pateev S.S. Histological studies of black African ostrich meat.....	67
Sarsenova O.D., Anopko A.A., Absattarova A.O., Grigoryan L.F. Functional and technological potential use of protein preparations based on chickpea and sea-buckthorn in the production of sour cream pastes.....	77
Shkolnikova M.M., Rozhnov E.D., Kuzmina A.M. Study of the effect of oat beta-glucan on the properties of confectionery filling from <i>Rubus idaeus</i> fruits.....	86

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Dulov M.I. The content and prediction of soluble solids in the cultivation of strawberries in the Middle Volga region.....	96
Skryljov A.A. Effectiveness of new insecticides in control of apple pests.....	105
Fedotova L.S., Timoshina N.A., Knyazeva E.V., Arsentiev I.A., Vizirskaya M.M. New forms of mineral fertilizers in potato cultivation.....	112

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Dobrin S.A., Shubin S.Yu., Buneev S.S., Chudinov E.S. Development of a grain dryer with conductive-convective heat exchange.....	121
---	-----

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Zakharov V.L., Pugachev G.N., Shubkin S.Yu., Buneev S.S., Dobrin S.A., Baryshnikova A.V. Morphological properties of soils in intensive apple orchards in Lipetsk and Tambov regions.....	130
Leonova Yu.V., Spasskaya T.A., Tyutyunkova M.V. Agroecological assessment of the influence of non-traditional fertilizers on the yield and quality of oat grain.....	142
Sotnikov I.L., Petrenko A.P. Tree species as bioindicators of lead contamination of lead-depleted black earth in the Lipetsk region.....	151

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 664.68

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-9-17

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ДЕТСКОГО СДОБНОГО ПЕЧЕНЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

Бочкарева Зенфира Альбертовна^{1✉}, Федорова Мария Петровна²

^{1,2}Пензенский государственный технологический университет, Пензенская область, Пенза, Россия

¹bochkariievaz@mail.ru✉

²mariya_fedorova_0303@mail.ru

Аннотация. Вопросы разработки и внедрения продуктов функционального назначения для питания детей изучены и описаны недостаточно, поэтому являются актуальными. Цель работы - исследование пищевой и биологической ценности детского сдобного печенья при разработке рецептов и технологического процесса с частичной заменой пшеничной муки на другие виды муки. Объектами исследования явились образцы печенья для детского питания с мукой гречневой, кукурузной, овсяными отрубями с добавлением сухофруктов, свекольного порошка. Молоко в прототипе было заменено на молочную сыворотку. Выбор ингредиентов обусловлен сочетаемостью ингредиентов и их функциональностью. Разработаны рецептуры и технологии 3 образцов детского печенья с нетрадиционными ингредиентами. В качестве прототипа была взята рецептура на печенье «Звездочка» из сборника унифицированных рецептур на печенье. Методы исследования приняты стандартные, биологическая ценность определялась расчетными методами. Минеральные вещества в разрабатываемых образцах детского печенья содержатся в большем количестве, чем в прототипе. При этом можно выделить образцы № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком и № 3 с овсяными отрубями и черносливом, которые по многим минеральным веществам можно отнести к функциональным продуктам. При добавлении функциональных добавок возрастает содержание витаминов группы В по сравнению с прототипом. Но при этом лучшие органолептические показатели у образца № 1 с кукурузной мукой и черносливом. Разработка и исследование детского сдобного печенья с частичной заменой в традиционных рецептурах муки пшеничной на другие виды муки зерновых могут представлять интерес для пищевой промышленности с целью расширения ассортимента продуктов, восполняющих дефицит питательных веществ.

Ключевые слова: печенье сдобное, детское, сырье нетрадиционное

Для цитирования: Бочкарева З.А., Федорова М.П. Пищевая ценность детского сдобного печенья с использованием нетрадиционного сырья // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 9-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-9-17>.

Original article

NUTRITIONAL VALUE OF CHILDREN'S BUTTER COOKIES USING NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS

Zenfira A. Bochkareva^{1✉}, Maria P. Fedorova²

^{1,2}Penza State Technological University, Penza region, Penza, Russia

¹bochkariievaz@mail.ru✉

²mariya_fedorova_0303@mail.ru

Abstract. The issues of development and implementation of functional products for children's nutrition have not been sufficiently studied and described, therefore they are relevant. The purpose of the work is to study the nutritional and biological value of butter children's cookies when developing recipes and a tech-

nological process with a partial replacement of wheat flour with other types of flour. The objects of the study were samples of cookies for children's food with buckwheat flour, corn flour, oat bran with the addition of dried fruits, beetroot powder. Milk in the prototype was replaced with whey. The choice of ingredients is due to the compatibility of ingredients and their functionality. Recipes and technologies for 3 samples of children's cookies with functional ingredients have been developed. The recipe for the Zvezdochka biscuit from the collection of standardized biscuit recipes was taken as a prototype. Standard research methods were adopted, the biological value was determined by calculation methods. The developed samples of children's biscuits contain more mineral substances than the prototype. At the same time, samples No. 2 with buckwheat flour and beetroot powder and No. 3 with oat bran and prunes can be distinguished, which can be classified as functional products for many mineral substances. When adding functional additives, the content of B vitamins increases compared to the prototype. However, sample No. 1 with corn flour and prunes has the best organoleptic properties. The development and study of children's butter biscuits with a partial replacement of wheat flour in traditional recipes with other types of cereal flour may be of interest to the food industry in order to expand the range of products that replenish the deficiency of nutrients.

Keywords: sweet biscuits, children's, non-traditional raw materials

For citation: Bochkareva Z.A., Fedorova M.P. Nutritional value of children's butter cookies using non-traditional raw materials. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 9-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-9-17>.

Введение

Результаты исследования детского питания по макронутриентному составу показывают несбалансированность питания по потреблению жиров, сахара и соли. Кроме этого, ниже норм физиологического питания потребление витаминов и минеральных веществ, особенно витаминов С, В₁ и В₂. Недостаточно потребление таких минеральных веществ, как железо, кальций и магний [1].

Продуктов питания, сосредоточивших в себе все компоненты, необходимые для полного обеспечения растущего детского организма макро- и микронутриентами, не существует, поэтому применение обогащенных продуктов является наиболее эффективным способом улучшить и обеспечить детское население биологически полноценными продуктами питания. Тема важности сбалансированного детского питания широко раскрыта во множестве работ отечественных и иностранных ученых, однако выбор существующих обогащенных продуктов с натуральными компонентами невелик и весьма ограничен [7]. За рубежом обогащение микронутриентами детского питания закреплено в законе, в России оно используется по инициативе производителей [7].

Основными источниками пищевых веществ, составляющих основы рационального питания, являются зерновые, овощи, фрукты. Трудно назвать эти источники важных пищевых веществ продуктами, которые дети употребляют с удовольствием. Невозможность отказаться от мучных кондитерских изделий в питании детей – неоспоримый факт, поэтому разработка продуктов функционального назначения, а именно печенья для детского питания, является актуальной темой и перспективным направлением.

Повышение пищевой ценности различных видов печенья возможно путем частичной замены пшеничной муки другими видами муки из зерновых и добавлением нетрадиционного сырья [5].

Гречневая мука – ценный диетический белковый продукт с оптимально сбалансированным содержанием аминокислот. Высокую питательность гречневой муке обеспечивает белок гречихи, который легко усваивается организмом человека, и минеральный состав данной культуры [6, 11].

Мука кукурузная используется в составе смесей для диетического и детского питания, при этом рекомендуется и для улучшения функционально-технологических свойств мучных кондитерских изделий, т.к. повышается рассыпчатость и воздушность изделий [2,9].

Отруби зерновых являются съедобной продукцией с высоким содержанием пищевых волокон, способствующих улучшению микрофлоры кишечника, снижению сахара в крови [3].

Молочная сыворотка является идеальным ингредиентом при производстве детского питания, так как с ее помощью появляется возможность составлять рецептуры детского питания, приближающегося по составу к материнскому молоку. Использование молочной сыворотки делает технологический процесс экономически выгодным [9].

Свекла является одним из источников физиологически значимых соединений для обмена веществ, а свекольный порошок богат наличием в своём составе минеральных солей, таких как фосфор, калий, кальций, натрий, а также микроэлементов: йода, магния, железа, марганца [10].

В производстве пищевых продуктов использование сухофруктов в качестве функциональных добавок в хлебобулочные и мучные кондитерские изделия значительно, что делает изделия более привлекательными для потребителя, учитывая, что дети часто не любят сухофрукты в натуральном виде. При этом курага и чернослив не только придают вкус изделиям, но и в первую очередь содержат большое количество витаминов и минеральных веществ [8].

Цель исследования – оценка пищевой и биологической ценности при разработке рецептур и технологического процесса производства детского сдобного печенья с частичной заменой пшеничной муки на другие виды нетрадиционного сырья.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2024-2025 гг. в лабораториях кафедры пищевых производств Пензенского государственного технологического университета. Мука кукурузная; мука гречневая; овсяные отруби; порошок свекольный; сыворотка молочная; чернослив; курага были рассмотрены в качестве функциональных объектов исследования в составе разрабатываемых образцов сдобного печенья. При разработке образцов была учтена сочетаемость ингредиентов по вкусу и цвету.

Объектами исследования являются:

- печенье сдобное на молочной сыворотке с заменой 40% пшеничной муки высшего сорта на кукурузную и с добавлением 8% кураги - образец № 1;
- печенье сдобное на молочной сыворотке с заменой 40% пшеничной муки на гречневую и с добавлением 7% свекольного порошка - образец № 2;
- печенье сдобное на молочной сыворотке с заменой 40% пшеничной муки на овсяные отруби и с добавлением 8% чернослива - образец № 3.

В качестве прототипа была взята рецептура № 155б печенье «Звездочка» из сборника унифицированных рецептур на печенье (Рецептуры на печенье, галеты и вафли. М. Пищевая промышленность, 1969).

Приготовление теста осуществляли традиционным способом по технологии производства сдобного печенья с частичной заменой пшеничной муки на смесь сухого растительного сырья. Выпечку изделий проводили в пекарной печи при температуре 170 °С. Продолжительность выпечки составляла 15-18 мин. Выпеченные изделия охлаждали при температуре 20-22 °С. Изделия оценивали по органолептическим показателям, рекомендованным ГОСТ 24901-2023 «Печенье. Общие технические условия».

Результаты исследований и их обсуждение

Нетрадиционные виды муки содержат более ценный и разнообразный набор макро- и микроэлементов, витаминов, пищевые волокна, что позволяет повысить пищевую ценность такого популярного мучного изделия как печенье. В большинстве работ печенье с добавлением кукурузной, гречневой муки и отрубей рассматривается с точки зрения функционально-технологических и органолептических свойств. Поэтому важно рассмотреть, как замена части муки пшеничной высшего сорта на другие виды муки и отруби может повлиять на изменение содержания минеральных веществ и витаминов и на биологическую ценность печенья. Показатели пищевой и энергетической ценности в табл. 1.

Таблица 1. Показатели пищевой и энергетической ценности сдобного печенья

Наименование показателя	Прототип	Образец № 1 (с кукурузной мукой и курагой)	Образец № 2 (с гречневой мукой и свекольным порошком)	Образец № 3 (с овсяными отрубями и черносливом)
Белки, г	7,09	6,62	7,534	8,268
Жиры, г	14,725	14,585	14,522	15,74
Углеводы, г	65,36	64,225	60,927	59,643
Пищевые волокна, г	2,64	3,73	3,09	4,88
Энергетическая ценность, ккал	422,3	414,65	404,54	413,3

Содержание белков в прототипе меньше, чем в образцах № 2, № 3 на 6,2% и 16,6% соответственно. Кукурузная мука, содержащаяся в образце № 1, содержит белков на 33 % меньше чем пшеничная, соответственно содержание белков в этом образце уменьшается. Содержание жира в образцах № 1 и № 2 меньше, чем в прототипе на 1% и 1,4% соответственно. Содержание углеводов с внесением в рецептуру разных добавок уменьшилось на 1,7%, 6,8% и 8,8% по сравнению с прототипом. При этом в изделиях увеличивается содержание сложных углеводов и уменьшается количество простых углеводов. В соответствии с данными научной литературы [2, 3, 6, 9, 10], что растительное сырье является источником пищевых волокон, анализ образцов показывает, что во всех разрабатываемых образцах содержание последних увеличивается. Так по сравнению с прототипом в образце № 1 содержание пищевых волокон выше на 40 %, в образце № 2 – на 17%, в образце № 3 – на 84%. Образец № 3 богат пищевыми волокнами за счет включения в состав печенья овсяных отрубей. Все разрабатываемые образцы содержат пищевых волокон более 3 г на 100 г печенья, что позволяет отнести их к функциональным по содержанию пищевых волокон. Энергетическая ценность образцов № 1, № 2, № 3 меньше, чем в прототипе на 1,8%, 4,2%, 2,1% соответственно, что связано с заменой цельного молока на молочную сыворотку.

В рационе детей недостаточно таких минеральных веществ, как кальций, железо и магний. Содержание минеральных веществ в детском сдобном печенье в сравнении с нормами физиологических потребностей для детей старше 3 лет (в сутки) представлено в табл. 2.

Таблица 2. Содержание минеральных веществ в сдобном детском печенье

Показатели	Прототип	Образец № 1 (с кукурузной мукой и курагой)	Образец № 2 (с гречневой мукой и свекольным порошком)	Образец № 3 (с овсяными отрубями и черносливом)	Нормы физиологических потребностей для детей старше 3 лет (в сутки), мг
Ca, мг	33,9	39,0	32,64	38,95	900-1200
Fe, мг	0,923	1,196	1,992	1,421	10-18
Mg, мг	14,1	27,95	52,9	42,3	200-400
P, мг	88,61	93,85	124,97	135,1	700-900
K, мг	171,2	264,4	141,22	217,8	1500- 3200
Zn, мг	5,36	4,83	7,67	8,82	8-12
Cu, мг	0,09	0,07	0,15	0,16	0,6-1
Mn, мг	0,296	0,234	0,447	1,11	1,0-3,0
Se, мг	0,0029	0,0019	0,0016	0,00168	0,02-0,05
F, мг	0,373	0,159	0,148	0,264	0,9-3,2

При анализе содержания основных дефицитных минералов определено, что в образцах № 1 и № 3 количество кальция увеличилось примерно одинаково на 14%, но в образце № 2

содержание Са меньше, чем в прототипе на 4 %. Замена молока на молочную сыворотку незначительно сказывается на содержании минеральных веществ, так как оба продукта богаты важными микроэлементами. Во всех разрабатываемых образцах значительно увеличивается содержание железа: в образце № 1 – на 30%, в образце № 2 – в 2 раза, а в образце № 3 – на 53%. Также во всех образцах увеличилось содержание магния в 2; 3,5 и 3 раза по сравнению с прототипом. Однако в образцах печенья уменьшается количество селена по сравнению с прототипом, так как пшеничная мука содержит больше селена, чем мука кукурузная, гречневая и овсяные отруби. В сравнении с минимальной рекомендуемой суточной дозой для детей с 3 лет и старше можно сделать вывод, что среди разрабатываемых образцов сдобного печенья более 15% от суточной нормы содержат: железа – образец № 2; магния – образцы № 2 и № 3, фосфора – образцы № 2 и № 3; калия – образец № 1; образцы № 2 и № 3 также богаты цинком и марганцем. Образцы № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком и № 3 с овсяными отрубями и черносливом по многим минеральным веществам можно отнести к функциональным продуктам. Содержание витаминов показано в табл. 3.

Таблица 3. Содержание витаминов в сдобном детском печенье

Показатели	Прототип	Образец № 1 (с кукурузной мукой и курагой)	Образец № 2 (с гречневой мукой и свекольным порош- ком)	Образец № 3 (с овсяными от- рубями и черно- сливом)
А, мг	0,11	0,11	0,11	0,11
Д, мг	0,47	0,47	0,47	0,47
Е, мг	4,14	5,13	5,4	0,6
В ₁ , мг	0,1	0,09	0,14	0,2
В ₂ , мг	0,11	0,13	0,13	0,13
РР, мг	0,65	0,87	1,14	0,73
В ₆ , мг	0,048	0,09	0,1	0,1
В ₁₂ , мг	0,11	0,1	0,1	0,1
В ₉ , мг	0,14	0,14	0,14	0,14
В ₅ , мг	0,35	0,46	0,3	0,5
Н, мг	4,04	7,13	3,4	7,11

Содержание жирорастворимых витаминов в сдобном печенье связано с использованием в составе рецептуры сливочного масла и яиц, что повлияло на одинаковое содержание витаминов А и Д во всех образцах. Возросло содержание витаминов группы В, кроме витамина В₁₂, при этом содержание витаминов В₁ и В₆ увеличивается почти в 2 раза, при этом образцы № 2 и № 3 удовлетворяют суточную потребность более 15% в витамине В₁.

Качественный состав белков печенья прототипа и образцов приведен на рис. 1.

Прототип, образцы № 1 с кукурузной мукой и курагой, № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком, № 3 с овсяными отрубями и черносливом обладают неполноценным аминокислотным составом. Использование сыворотки молочной не повлияло на изменение аминокислотного состава, что связано с тем, что в технологическом процессе изготовления прототипа используется молоко. Повышение же аминокислотного состава лизина в образцах № 1 с кукурузной мукой и в образце № 2 с гречневой мукой связано с тем, что в кукурузной муке аминокислотный состав лизина выше аминокислотного состава муки пшеничной на 48%, в гречневой муке на 68%, аминокислотный состав овсяных отрубей лизина такой же, как у муки пшеничной высшего сорта.

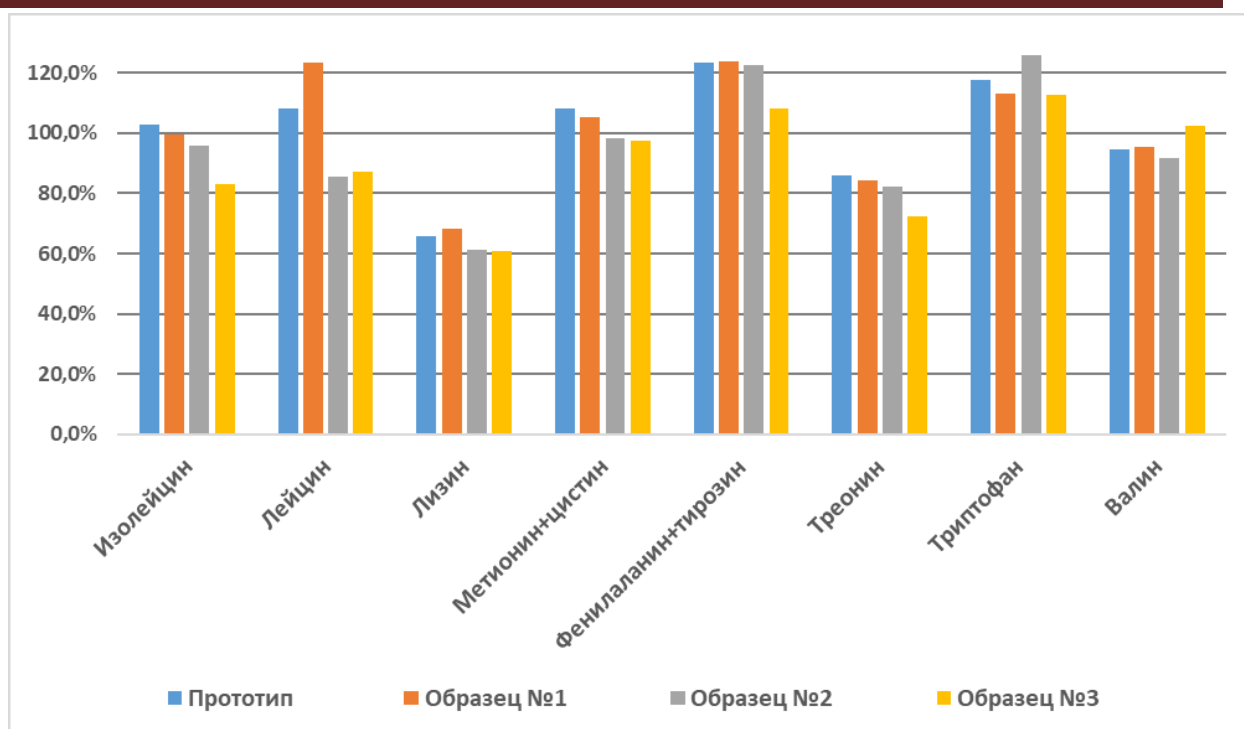


Рисунок 1. Биологическая ценность образцов печени

Балловая оценка органолептических показателей представлена на рис. 2.

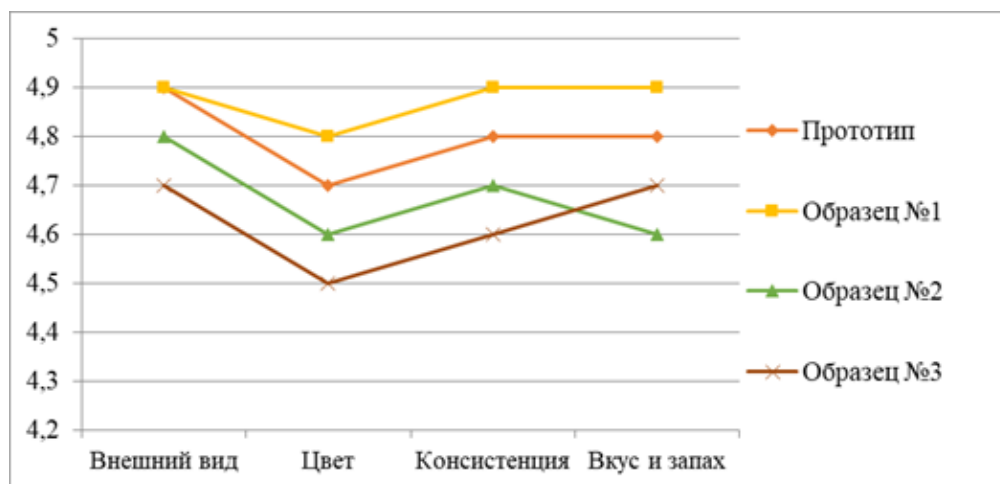


Рисунок 2. Балловая оценка органолептических показателей

Оценка органолептических показателей изделий показала, что наилучшими органолептическими показателями характеризуется образец № 1 с кукурузной мукой и курагой. Печенье имеет сладковатый вкус с легким кукурузным привкусом, оно хрустящее снаружи и мягкое внутри, золотисто-желтого цвета с оранжевыми вкраплениями кураги. Образец печенья № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком имеет выраженный аромат гречневой муки и сладость свекольного порошка, по структуре более плотное, чем с кукурузной мукой, но достаточно нежное. Цвет серо-коричневый с бордовым оттенком. Образец печенья № 3 с овсяными отрубями и черносливом имеет нейтральный вкус с примесью орехового, при выпечке появляется теплый хлебный аромат, текстура плотная с зернистостью, цвет коричневый с темными вкраплениями чернослива.

Выводы

1. Разработка продуктов, восполняющих дефицит питательных веществ для детского питания, является достаточно сложной задачей, так как такие продукты должны быть приемлемы не только с точки зрения повышенной пищевой ценности, но и вызывать симпатию у потребителей.

2. Минеральные вещества разрабатываемых образцов детского сдобного печенья содержатся в большем количестве, чем в прототипе. Так во всех разрабатываемых образцах значительно увеличивается содержание железа по сравнению с прототипом: в образце № 1 с кукурузной мукой и курагой – на 30%, в образце № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком – в 2 раза, а в образце № 3 с овсяными отрубями и черносливом – на 53%. Также во всех образцах увеличилось содержание магния в 2; 3,5 и 3 раза по сравнению с прототипом. При этом можно выделить образцы № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком и № 3 с овсяными отрубями и черносливом, которые по многим минеральным веществам можно отнести к функциональным продуктам, так как образец №2 содержит железа, магния и фосфора более 15% от суточной нормы, образец №3 – магния, фосфора. При этом образец № 1, содержащий кукурузную муку и курагу богат только калием. Содержание такого дефицитного элемента, как кальций обеспечивает суточную потребность во всех образцах лишь на 3-4%.

3. Замена молока на молочную сыворотку мало влияет на пищевую ценность разрабатываемых образцов, но вероятно снизит себестоимость изделий.

4. Содержание витаминов при добавлении функциональных добавок изменяется значительно только для витаминов В₁ и В₆ по сравнению с прототипом. Содержание витамина В₁ увеличилось на 40% в образце №2 с гречневой мукой и свекольным порошком и в 2 раза в образце №3 с овсяными отрубями и черносливом, эти образцы удовлетворяют суточную потребность в витамине В₁ более 15%, в 2 раза увеличивается содержание витамина В₆ во всех 3-х образцах.

5. При анализе биологической ценности белка разрабатываемого печенья определено, что лимитирующей аминокислотой во всех образцах и в прототипе является лизин, что еще раз показывает, что снижение биологической ценности растительных продуктов связано с данной аминокислотой.

6. По органолептическим показателям среди образцов № 1, № 2, № 3 лучшие характеристики имел образец № 1 с кукурузной мукой и курагой, при этом он уступал по пищевой ценности образцам № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком, № 3 с овсяными отрубями и черносливом.

7. Необходимо продолжение исследования с разработкой изделий на основе образца № 1 с кукурузной мукой и курагой с целью повышения пищевой ценности, образцов № 2 с гречневой мукой и свекольным порошком и № 3 овсяными отрубями и черносливом для увеличения привлекательности вкусовых характеристик.

Список источников

1. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет / А.Н Мартинчик, А.К. Батулин, Э.Э. Кешабянц, Л.Н. Фатьянова, Я.А. Семенова, Л.Б. Базарова, Ю.В. Устинова // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 4. С. 50-60.

2. Валежанина А.Ю., Рензеева Т.В. Кукурузная мука в технологии сдобного печенья / Пищевые инновации в биотехнологии: Сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 16 мая 2018 года // Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 1. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. С. 14-17.

3. Васенева Н.Н. Применение разных видов отрубей в технологии сахарного печенья // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции, Йошкар-Ола, 23-24 марта 2023 года. Том Выпуск XXV. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2023. С. 122-125.

4. Витушкина М.А. Использование молочной сыворотки в пищевой промышленности // Вестник науки. 2021. №4. С. 127-130.
5. Гутова М.И., Новикова А.В. Перспективы развития рынка детского обогащенного печенья / Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции, Кемерово, 25 апреля 2017 года // ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2017. С. 483-484.
6. Исследование влияния ячменной, пшеничной и гречневой муки на основные показатели качества сдобного печенья / И.А. Авилова, А.Г. Петрова, Е.В. Рышкова, М.Ю. Евдокимова / Современные технологии продуктов питания: сборник научных статей материалы 2-й Международной научно-практической конференции, Курск, 03-04 декабря 2015 года // Ответственный редактор Горохов А.А. Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2015. С. 7-10.
7. Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности / Л.А. Маюрникова, А.А. Кокшаров, Т.В. Крапива, С.В. Новоселов // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 1. С. 124-139.
8. Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами / Скорбина Е.А., Сычева О.В., Трубина И.А., Ежова Е.О. // Пищевая индустрия. 2021. № 1 (45). С. 30-32.
9. Пчелинцева О.Н., Бочкарева З.А., Лукьянова Е.А. Потребительские свойства песочного печенья с добавлением кукурузной муки и свекольного порошка // Ползуновский вестник. 2020. № 1. С. 85-89.
10. Яценко Н.В., Яценко А.В. Влияние добавки из свекольного и морковного порошков на качество пшеничного хлеба // Поколение будущего: взгляд молодых ученых: сборник научных статей 4-й международной молодежной научной конференции: в 3 томах, Курск, 10-11 ноября 2016 года. Том 2. Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2016. С. 380-382.
11. Yildiz E, Şumnu SG, Şahin S. Effects of buckwheat flour, gums and proteins on rheological properties of gluten-free batters and structure of cakes // Quality Assurance and Safety of Crops and Foods. 2018. Vol. 10(3). Pp. 245-254.

References

1. Analysis of the actual nutrition of Russian children and adolescents aged 3 to 19 years. A.N. Martinchik, A.K. Baturin, E.E. Keshabyants, L.N. Fatyanova, Ya.A. Semenova, L.B. Bazarova, Yu.V. Ustinova. Nutrition issues, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 50-60.
2. Valegzhanina A.Yu., Renzyaeva T.V. Corn flour in the technology of pastry biscuits. Food innovations in biotechnology: Collection of abstracts of the VI International Scientific Conference of Students, postgraduates and young scientists, Kemerovo, May 16, 2018. Under the general editorship of A.Y. Prosekov. Volume 1. Kemerovo: Kemerovo State University, 2018, pp. 14-17.
3. Vaseneva N.N. The use of different types of bran in the technology of sugar biscuits. Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: Proceedings of the International scientific and practical conference, Yoshkar-Ola, March 23-24, 2023. Volume Issue XXV. Yoshkar-Ola: Mari State University, 2023, pp. 122-125.
4. Vitushkina M.A. The use of whey in the food industry. Bulletin of Science, 2021, no. 4, pp. 127-130.
5. Gutova M.I., Novikova A.V. Prospects for the development of the children's fortified biscuits market. Food innovations and biotechnologies: proceedings of the V International Scientific Conference, Kemerovo, April 25, 2017. Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University). Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University), 2017, pp. 483-484.
6. Study of the influence of barley, wheat and buckwheat flour on the main indicators of the quality of sweet biscuits. I.A. Avilova, A.G. Petrova, E.V. Ryshkova, M.Yu. Evdokova. Modern food technologies: collection of scientific articles proceedings of the 2nd International Scientific

and Practical Conference, Kursk, December 03-04, 2015 Editor-in-chief Gorokhov A.A. Kursk: Closed Joint-Stock Company «University Book», 2015, pp. 7-10.

7. Fortification of food products as a factor in the prevention of micronutrient deficiency. L.A. Mayurnikova, A.A. Koksharov, T.V. Krapiva, S.V. Novoselov. Machinery and technology of food production, 2020, vol. 50, no. 1, pp. 124-139.

8. Fortification of bakery products with dietary fibers. Skorbina E.A., Sycheva O.V., Trubina I.A., Yezhova E.O. Food industry, 2021, no. 1 (45), pp. 30-32.

9. Pchelintseva O.N., Bochkareva Z.A., Lukyanova E.A. Consumer properties of shortbread biscuits with the addition of corn flour and beet powder. Polzunovsky Bulletin, 2020, no. 1, pp. 85-89.

10. Yatsenko N.V., Yatsenko A.V. The influence of additives from beetroot and carrot powders on the quality of wheat bread. Generation of the future: the view of young scientists: collection of scientific articles of the 4th International Youth Scientific Conference: in 3 volumes, Kursk, November 10-11, 2016. Volume 2. Kursk: Closed Joint-stock Company «University Book», 2016, pp. 380-382.

11. Yildiz E, Şumnu SG, Şahin S. Effects of buckwheat flour, gums and proteins on rheological properties of gluten-free batters and structure of cakes. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 2018, vol. 10(3), pp. 245-254.

Информация об авторах

З.А. Бочкарева – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств;

М.П. Федорова – обучающийся.

Information about the authors

Z.A. Bochkareva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Food Production;

M.P. Fedorova – Student.

Научная статья

УДК 664.8.033

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-18-27

АКТУАЛЬНОСТЬ ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ОБЩЕСТВЕННОМ ПИТАНИИ

Быстров Дмитрий Игоревич¹, Кусова Ирина Урузмаговна², Васюкова Анна Тимофеевна³

^{1,2}Российский биотехнологический университет, Московская область, Москва, Россия

³Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского, Московская область, Балашиха, Россия

¹bystrov_d@list.ru

²kusovaiu@mgupp.ru

³vasyukova-at@yandex.ru✉

Аннотация. Разработка новых способов кулинарной обработки пищевых продуктов в предприятиях общественного питания постоянно востребована. Особенно это имеет большое значение при изготовлении продуктов питания из дорогостоящего сырья. Наиболее эффективным и стимулирующим фактором в инновационном контексте может выступать способ вакуумирования полуфабриката, его пастеризации и последующая шоковая заморозка. Непродолжительное температурное воздействие и замкнутое пространство позволяют максимально сохранить качество и натурные свойства исходного продукта, в том числе и натуральную вкусо-ароматическую гамму, что является особенно ценным в настоящее время. Сочность и нежность структуры мяса птицы достигается значительно быстрее, чем говядины I категории упитанности, но известно также, что мышечная ткань кур быстрее обезвоживается, и продукт в результате становится сухим, что также плохо для качественных характеристик готовых блюд и отзывов потребителей. Поэтому выявление режимов обработки, позволяющих получить сочный и ароматный продукт с минимальными потерями массы, питательных веществ, сохранения структуры ткани – одна из главных задач, которая успешно решена в применяемой технологии обработки говядины и мяса кур *Sous Vide*. Технологический процесс заключается в пастеризации упакованных под вакуумом мясопродуктов при температуре 65°C, интенсивном охлаждении до 3°C, хранению при данной температуре в течение 14 сут с последующей тепловой обработкой в течение 5 мин до кулинарной готовности при 85°C.

Ключевые слова: вакуумная продукция, полуфабрикаты, замораживание, общественное питание, мясные рубленые изделия

Для цитирования: Быстров Д.И., Кусова И.У., Васюкова А.Т. Актуальность вакуумной обработки мясных полуфабрикатов в общественном питании // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 18-27. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-18-27>.

Original article

RELEVANCE OF VACUUM PROCESSING OF MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS IN PUBLIC CATERING

Dmitry I. Bystrov¹, Irina U. Kusova², Anna T. Vasyukova³

^{1,2}Russian Biotechnology University, Moscow region, Moscow, Russia

³Vernadsky Russian State University of National Economy, Moscow region, Balashikha, Russia

¹bystrov_d@list.ru

²kusovaiu@mgupp.ru

³vasyukova-at@yandex.ru✉

Abstract. The development of new methods of culinary processing of food products in public catering establishments is constantly in demand. This is especially important when making food products from expensive raw materials. The most effective and stimulating factor in the innovative context may be the method of vacuuming the semi-finished product, its pasteurization and subsequent shock freezing. Short-term tempera-

ture exposure and a closed space allow to maximally preserve the quality and native properties of the original product, including the natural flavor and aroma range, which is especially valuable at present. The juiciness and tenderness of the structure of poultry meat is achieved much faster than beef of the first fatness category, but it is also known that the muscle tissue of chickens dehydrates faster and the product as a result becomes dry, which is also bad for the quality characteristics of finished dishes and consumer reviews. Therefore, identifying processing modes that allow obtaining a juicy and flavorful product with minimal loss of mass, nutrients, and preservation of tissue structure is one of the main tasks that has been successfully solved in the applied technology of processing beef and chicken meat *Sous Vide*. The technological process consists of pasteurization of vacuum-packed meat products at a temperature of 65 °C, intensive cooling to 3 °C, storage at this temperature for 14 days, followed by heat treatment for 5 minutes until culinary readiness at 85 °C.

Keywords: vacuum products, semi-finished products, freezing, catering, minced meat products

For citation: Bystrov D.I., Kusova I.U., Vasyukova A.T. Relevance of vacuum processing of meat semi-finished products in public catering. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 18-27. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-18-27>.

Введение

Интенсивность технологических процессов во всех отраслях народного хозяйства и одновременное вовлечение в них большого количества человеческих ресурсов приводит к стимулированию выпуска продукции высокого качества и пролонгированных сроков годности. Вместе с тем блюда и кулинарные изделия должны содержать оптимальное для организма человека количество питательных веществ, быть безвредными, безопасными и экономически выгодными.

Исключение из рациона одних нутриентов и замена их другими приводит к дисбалансу и физиологическому отклонению гомеостаза. Для роста и развития организма необходимы белки, особенно животного происхождения, которые содержат все незаменимые аминокислоты. Однако не рекомендуется употреблять наваристые бульоны людям, страдающим подагрой из-за большого количества пуринов [23].

Длительный период времени шли постоянные дискуссии о вреде жиров и пользе углеводов. Так, с 1960 г. в развитых странах интенсивно пропагандировалась идея исключения жиров из рациона, утверждали, что избыток холестерина вредит здоровью [10]. Но тогда же показатели ожирения и диабета резко возросли во всех социально-экономических группах [19]. По опубликованным данным в 2017 г., в США с увеличением потребления жиров на 300% возросло заболевание граждан ожирением и на 700% увеличилось число диабетиков [22]. В 1976 г. были введены ограничения и по употреблению насыщенных жиров [24, 28].

Исследованиями установлено, что не только жиры воздействуют на увеличение массы тела [12]. Углеводы запускают процесс накопления жира в организме. После того, как усваивается сахар из пищеварительной системы, он поступает в кровь в виде глюкозы. Высокий уровень сахара в крови стимулирует поджелудочную железу вырабатывать инсулин, который приводит к поглощению избытка глюкозы жировыми клетками и преобразованию ее в большее количество жира [13].

В 1958 году диабетом болели чуть более 1,5 миллиона американцев. К 2014 году это число резко возросло до более чем 22 миллионов [22]. Это означает, что всего за 50 лет процент американцев, больных диабетом, вырос в 7 раз (с менее 1% до более 7%) [22]. Эта же тенденция намечается и по сердечно-сосудистым заболеваниям [24].

Каждая клетка организма нуждается в определенном количестве жира. Он используется для построения клеточных мембран и деятельности нервной системы. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) необходимы для энергии, свертывания крови и движения мышц [13]. ПНЖК содержат мощные антиоксиданты, которые помогают удалять свободные радикалы и восстанавливать окислительные повреждения [15]. Они снимают воспаление, способствуют здоровому уровню холестерина и помогают поддерживать сердечную деятельность [25]. ПНЖК также играют важную роль в здоровье мозга – около 60% мозга состоит из жира [20]. Более высокое содержание жира в пище делает жирорастворимые питательные веществ-

ва биодоступными. Без жира в рационе организм не может должным образом усваивать эти жизненно важные питательные вещества, что приводит к дефициту витаминов [12].

Таким образом, для нормального существования организма пища должна быть сбалансирована по основным пищевым веществам и энергии. Поэтому среди факторов внешней среды, которые оказывают основополагающее влияние на организм, выделяется питание. Кроме того, пища должна употребляться регулярно по рекомендованному режиму [1].

Одним из наиболее важных и востребованных продуктов питания является мясо [18].

Как уже отмечалось, мясо является ценным в пищевом и биологическом отношении источником питательных веществ для жизнедеятельности человека. Czerwonka M., Sterk A. and Waszkiewicz-Robak B. полагают [27], что этот продукт обязательно следует включать в рацион как взрослых, так и малышей. Но влияние мясных блюд на организм зависит от количества продукта и способа его приготовления.

Термическая обработка мяса методом кипячения в воде позволяет получить богатый белком диетический продукт. Однако следует учитывать, что при таком способе приготовления увеличиваются потери водорастворимых витаминов. Такая пища может лишь насытить организм белками [16].

Приготовление мяса запеканием или жаркой позволяет максимально сохранить жирорастворимые витамины [21]. Под воздействием высокой температуры изменяется структура белка, что отрицательно влияет на его усвояемость [17]. Мясо с хрустящей корочкой утрачивает полезные свойства, хуже усваивается и даже может быть вредным для здоровья. Подгоревшая корочка свидетельствует об образовании в продукте опасного канцерогена акриламида [11].

Мясо, приготовленное на открытом огне или гриле, не содержит излишков жира, который вытапливается и стекает в процессе доведения его до готовности. Процесс приготовления кратковременный, короче, чем при запекании, что обеспечивает сохранность большей части витаминов и микроэлементов [26]. Жир, попадающий на горячие угли, образует канцерогенные пары [14]. Поэтому для приготовления блюд, в том числе и мяса, целесообразнее использовать современные электрогрили [30]. Мясные полуфабрикаты не должны содержать много жира и иметь толщину не более 2 см, чтобы сократить время теплового воздействия на продукт [24].

В процессе тушения мяса больше, чем при варке сохраняется количество питательных веществ. Для получения наиболее полезного продукта рекомендуется тушить мясо при низкой температуре (до 100 °C), без использования дополнительных веществ (жиров, растительного масла, уксуса, пищевых добавок) [6].

Су-вид или приготовление блюд в вакууме – относительно молодая технология приготовления, предложенная французским поваром в 70-е годы прошлого века [9]. При методе *Sous Vide* продукты, в данном случае мясо, помещаются в пластиковый пакет, из которого откачивается воздух (создается вакуум), а затем обрабатывается на водяной бане при температуре 55-70°C. При таком способе приготовления мясо получается однородным, сохраняется большая часть своей влаги. Получаемый эффект – сочность и нежность мяса – создается за счет медленного растворения коллагена. В нем максимально сохраняются все витамины, микроэлементы и аминокислоты, которые разрушаются под действием высокой температуры при использовании описанных ранее способов обработки мяса. Приготовленное блюдо абсолютно безопасно – температура термообработки достаточна для уничтожения патогенной и условно патогенной микрофлоры [4, 18].

Вопросы осмотической дегидратации или обезвоживания рассмотрены многими исследователями. Так, Грибова Н.А. и Елисеева Л.Г. для ускорения удаления влаги из продукта в процессе замораживания использовали различные растворы (осмотический агент) [3].

Таким образом, ориентируясь на рассмотренные способы приготовления блюд из мяса, диетологи распределили их следующим образом, начиная от наиболее полезного для здоровья [26]. На первое место предложен *Sous Vide*, затем тушение, гриль, отваривание. Последнее место занял способ жарки за счет высокого риска канцерогенности [4, 18, 26]. Исследо-

вания по обоснованию оптимальных способов обработки пищевых продуктов продолжают, так как совершенствуется оборудование, моделируются новые технологические линии, которые позволяют получить более качественные продукты питания с минимальными потерями массы и питательных веществ.

Цель исследования – выявить эффективность использования Sous Vide для обработки мясных полуфабрикатов в общественном питании.

Материалы и методы исследований

Исследования эффективности воздействия Sous Vide на полуфабрикаты из говядины I категории упитанности и птицы в течение 2024-2025 года. Кулинарную продукцию готовили в условиях лаборатории специальной технологии Российского биотехнологического университета. Разработка рецептов осуществлялась на основании ГОСТ 32691-2014 Услуги общественного питания. Порядок разработки фирменных и новых блюд и изделий на предприятиях общественного питания. Образцы готовили по Сборнику рецептов (2021) [7]. Полученная продукция соответствовала ГОСТ 30390-2013. Услуги общественного питания. Продукция общественного питания, реализуемая населению. Общие технические условия. Промышленные образцы блюд готовили в условиях производственного цеха группы компаний ООО «Добрая трапеза».

Объектами исследований являлись: говядина (ГОСТ 34120-2017 Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах. Технические условия); мясо кур (ГОСТ 31962-2013 Мясо кур (тушки кур, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия); говядина и мясо кур Sous Vide. Использован газ «Биогон» – ТУ 2114-002-59656664-09, вакуумные пакеты из полипропиленовой многослойной пленки – ТУ 2245-001-55279928-2001.

Полуфабрикат, помещенный в пленку, доводили до кулинарной готовности с помощью пароконвектомата (Convect-Air Professional Kuppertsbusch) при различных температурных режимах. Приготовленную продукцию подвергали шоковому охлаждению с помощью шокового охладителя (RDM 121 S) и хранили до момента использования в холодильном шкафу при температуре +2...+4 °С. Перед потреблением температуру продукции доводили до 80 °С в этой же упаковке и затем распечатывали. В соответствии с методикой проведения исследований готовую кулинарную продукцию, блюда помещали в лотки из полимерного материала, которые запаивали пленкой при одновременном заполнении газовой смесью «Биогон». После чего продукцию отправляли на реализацию или хранили при температуре +2...+4 °С.

Определение выхода блюд, содержания пищевых веществ и их сохранность при обработке Sous Vide проводили современными и общеизвестными методами: ГОСТ 9793-2016 Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги; ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка; ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

Сенсорная оценка образцов говядины и мяса кур определена на основании пятибалльной гедонической шкалы (Землякова Е.С., 2022) [5]. Средний балл получен при оценке образцов дегустаторами, включен в анализ проведенной работы.

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе приготовления мясопродуктов в вакууме решались основные ключевые вопросы:

- определить продолжительность температурного воздействия;
- установить интервал температур, позволяющий доведение говядины и птицы до кулинарной готовности с учетом использования мяса различной степени упитанности, вида полуфабриката, составных компонентов рецептуры и других факторов, оказывающих влияние на качество продукта.

Технологический процесс приготовления говядины и мяса кур *Sous Vide* заключался в пастеризации упакованных под вакуумом мясопродуктов при температуре 65°C, интенсивному охлаждению до 3°C, хранению при данной температуре в течение 14 суток. Затем образцы 5 мин доводили до готовности при 85°C.

Для обеспечения микробиологической безопасности продуктов, выработанных по методу *sous-vide*, огромное значение имеет адекватная термическая обработка в течение строго определённого периода времени в соответствии с типом вырабатываемого продукта и видом микроорганизмов. Одним из наиболее важных параметров кулинарной обработки мясопродуктов является уровень температуры внутри полуфабриката. По одним данным, он должен достигать 85°C, а по другим – достаточно ограничиться 65 °C. Более низкая предельная температура нагрева внутренних слоев обеспечивает более высокие вкусовые свойства изделий и, прежде всего, способствует сохранению необходимой консистенции. Понизить температуру нагрева мясного полуфабриката и при этом обеспечить достижение его готовности позволяет использование вакуумированной среды, в которой осуществляется прогрев мясного полуфабриката. Поэтому проводимая нами тепловая обработка была двухступенчатой с резким снижением температуры от 85°C до 3°C, хранение при данной температуре в течение 14 суток, а затем повторное доведение до готовности при 85°C, что позволило получить мясные изделия значительно сочнее, чем контрольные образцы из говядины и птицы.

Показатели качества образцов, приготовленных способом *Sous Vide*, представлены в табл. 1 и на рис. 1. Потери питательных веществ определяли относительно исходной массы сырья (I) и в пересчете на сухое вещество (II).

Таблица 1. Пищевая ценность кулинарной продукции *Sous Vide*

Нутриенты	Полуфабрикат		Кулинарное изделие		Охлажденный продукт, сутки			
	I	II	I	II	7 (I)	7 (II)	14 (I)	14 (II)
	Мясо птицы							
Вода	75,6	-	72,7	-	72,3	-	71,8	-
Белок	22,6	92,6	-	-	-	-	-	-
Жир	2,7	11	2,7	9,9	2,7	9,7	2,7	9,6
	Говядина I категории упитанности							
	I	II	I	II	I	II	I	II
Вода	74,6	-	70,6	-	70,2	-	69,5	-
Белок	19,8	77,9	-	-	-	-	-	-
Жир	3,4	13,4	3,3	11,2	3,3	11,1	3,4	11,1

При окончательной кулинарной обработке куриного мяса, хранившегося в вакуумной упаковке в течение 14 суток, потери белка по отношению к свежему продукту составили 5,8%. Полученные данные позволяют проследить за динамикой изменения содержания липидов при пастеризации вакуумного продукта, его последующем хранении и доведении до кулинарной готовности. В результате пастеризации потери жира в полуфабрикате из мяса кур (в пересчете на сухое вещество) составили 11%, через 7 суток хранения потери составили еще около 1%, а через 14 суток – еще 2%. В целом, потери липидов в готовом продукте по отношению к исходному сырью составили 21,8%.

Анализ изменений содержания основных пищевых веществ (воды, белков и жиров) при вакуумной обработке полуфабрикатов из мяса говядины позволил выявить следующие факторы: содержание влаги в вакуумированных продуктах постепенно снижалось; общие потери влаги в готовых продуктах по отношению к сырью составили 8,4%.

При обработке и хранении вакуумированных полуфабрикатов из мяса говядины наблюдается последовательное снижение содержания липидов, потери которых в пересчете на сухое вещество в готовых изделиях достигли 17,2% по отношению к их содержанию в исходном сырье. Анализируя полученные данные, следует сделать вывод, что содержание бел-

ковых веществ в готовом изделии в пересчете на сухое вещество не только не снижается по отношению к исходному сырью, но даже несколько возрастает, что, возможно, обусловлено процессами, происходящими при вакуумной обработке. Они приводят к перераспределению азотистых веществ между различными тканями сырья и позволяют химическим путем определить большее количество азота, на чем основана методика определения содержания белков. В целом это наблюдение может свидетельствовать о том, что вакуумирование полуфабрикатов из мяса говядины способствует стабилизации белков, и их потери при дальнейшей кулинарной обработке могут быть весьма незначительными. Однако это явление нуждается в дальнейшем более детальном исследовании. При вакуумировании и последующей пастеризации, хранении и доведении до готовности наблюдаются потери жиров: общее количество потерь для куриного мяса составило около 21,8% в пересчете на сухое вещество, а при обработке говядины потери достигают 17,2% в пересчете на сухое вещество. Потерю жира сопровождают также изменения его характеристик, о чем свидетельствует постепенное возрастание перекисного числа.

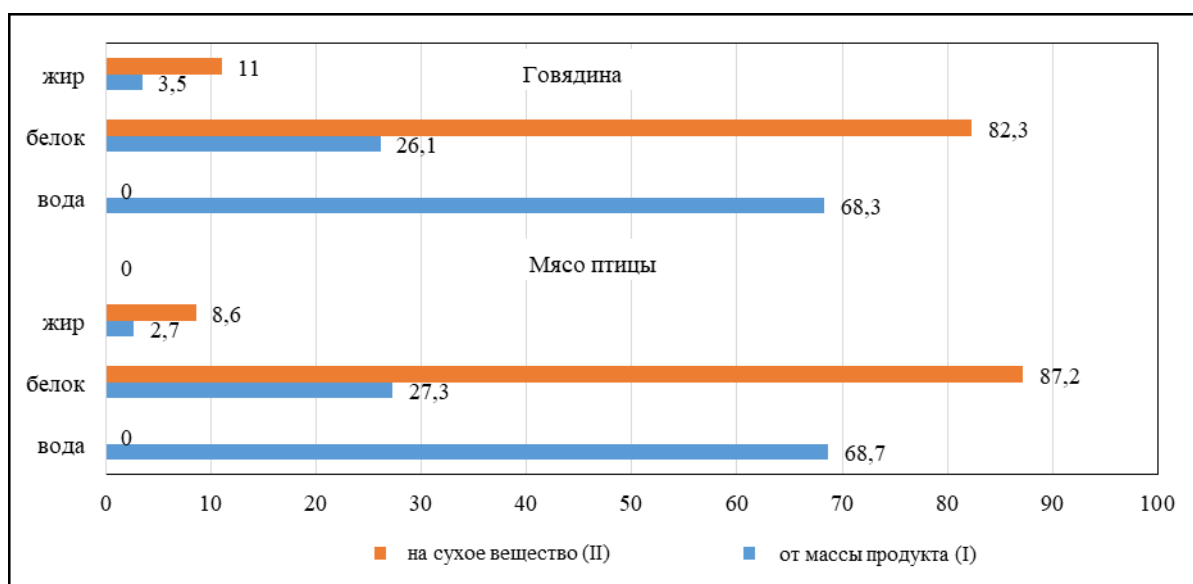


Рисунок 1. Содержание пищевых веществ в вакуумированных продуктах

Таким образом, полученные результаты исследований показывают, что потери белка при обработке Sous Vide происходят медленно и зависят от температурного режима. Продукты теряют массу от 4,37 до 5,02% у охлажденного продукта из мяса птицы во временном интервале от 7 до 14 суток, и от 5,90 до 6,84% у охлажденной говядины I категории упитанности соответственно. Отмечены также потери жира. Масса жира у образцов из птицы уменьшается от 11,8 до 12,73% за период от 7 до 14 суток, и у образцов охлажденной говядины I категории упитанности – 17,16% в течение двух недель хранения.

Потери массы и питательных веществ из пищевого продукта, по-видимому, произошли в окружающую среду (в полипропиленовую многослойную пленку) за счет осмотической дегидратации под действием вакуумирования, что согласуется с данными, представленными в работах [2, 8, 29].

Проведенные дегустации образцов мяса и птицы, обработанных методом Sous Vide на всех стадиях (пастеризации; хранения в течение 7 и 14 суток) отметили их высокое качество. Образцы были сочные, ароматные, хорошо сохраняли форму. Заключение дегустационной комиссии были рекомендации использования Sous Vide для обработки мясопродуктов в предприятиях общественного питания.

Выводы

1. Проведенные исследования показывают высокую сохранность белковых веществ при использовании вакуумирования и последующей тепловой обработки мясopодуKтоB. Потери белковых веществ составляют 5,8%.
2. Можно утверждать, что вакуумирование полуфабриKатоB из мяса говядины и сельскохозяйственной птицы способствует стабилизации белков, и их потери при дальнейшей кулинарной обработке могут быть весьма незначительными. Максимально липиды разрушаются в процессе обработки Sous Vide, что составляет 11% для образцов из мяса птицы. Последующее хранение в течение недели, а также на протяжении всего процесса снижает на 1-2%. В целом потери жира пастеризованных образцов из птицы составили 21,8%, а мяса говядины I категории упитанности – 17,2%.
3. Потери массы происходят за счет осмотической дегидратации из продукта в пленку. Однако эти потери значительно ниже, чем при традиционных способах тепловой обработки как мяса говядины I категории упитанности, так и птицы.
4. Способ обработки Sous Vide может быть рекомендован для приготовления продукции из мяса говядины и птицы в предприятиях общественного питания.

Список источников

1. Быстров Д.И. Совершенствование технологии производства кулинарной продукции из растительного и животного сырья для массового питания: специальность 05.18.15 «Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2012. 127 с.
2. Влияние БАД на потребительские свойства функционального фарша / А.Т. Васюкова, И.У. Кусова, К.В. Кривошонок, Р.А. Эдвардс, М. Талби // Товаровед продовольственных товаров. 2022. № 3. С. 174-179.
3. Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Осмотическая дегидратация плодово-ягодного сырья в пищевой промышленности // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 2. С. 134-142.
4. Дриль А.А., Сапожников А.Н. Производство вакуумированных полуфабриKатоB высокой степени готовности для питания организованных контингентов населения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 11. С. 158-162.
5. 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.
6. Намсараева З.М., Хамаганова И.В., Дамдинова Т.Ц. Влияние способов тепловой обработки на цветовые характеристики мяса // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 2(88). С. 164-168.
7. Сборник технических нормативов. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Часть 1. Москва: Хлебпродинформ, 2021. 602 с.
8. Сухие функциональные смеси с плодово-ягодными порошками / А.В. Мошкин, А.Т. Васюкова, Т.С. Жилина [и др.] // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: Материалы IV Международной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. Тверь, 15-20 марта 2016 года. Лапина Г.П. (ответственный редактор). Тверь: Тверской государственный университет, 2016. С. 107-109.
9. Технология sous-vide – история, преимущества, современные тенденции / В.В. Насонова, Е.К. Туниева, А.А. Мотовилина, Е.В. Милеенкова // Все о мясе. 2019. №6. С. 35-40.
10. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk: The Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS) / Mach F., Baigent C., Catapano A.L., et al. // European Heart Journal. 2019. Vol. 41. Issue 1. Pp. 111-188.
11. Acrylamide in human diet, its metabolism, toxicity, inactivation and the associated European Union legal regulations in food industry / A. Koszucka, A. Nowak, I. Nowak, I. Motyl // Crit Rev Food Sci Nutr. 2020. Vol. 60(10). Pp. 1677-1692.

12. Albahrani Ali A. and Rhonda F. Greaves. Fat-Soluble Vitamins: Clinical Indications and Current Challenges for Chromatographic Measurement // *Clinical Biochemistry Reviews*. 2016. Vol. 37(1). Pp. 27-47.
13. Chang Chia-Yu, Ke Der-Shin, Chen Jen-Yin. Essential fatty acids and human brain // *Acta Neurol Taiwan*. 2009. Vol. 18(4). Pp. 231-41.
14. Current Issues and Technical Advances in Cultured Meat Production: A Review / T.K. Hong, D.M. Shin, J. Choi, J.T. Do, S.G. Han // *Food Sci Anim Resour*. 2021. Vol. 41(3). Pp. 355-372.
15. Dagert M., Ehrlich S.D. Prolonged incubation in calcium chloride improves the competence of *Escherichia coli* cells // *Gene*. 1979. Vol. 6(1). Pp. 23-8.
16. Dynamic alterations in protein, sensory, chemical, and oxidative properties occurring in meat during thermal and non-thermal processing techniques: A comprehensive review / Khalid W., Maggiolino A., Kour J., Arshad M.S., Aslam N., Afzal M.F., Meghwar P., Zafar K.U., De Palo P., Korma S.A. // *Front Nutr*. 2023. Vol. 9. P. 1057457.
17. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional parameters of roach kutum (*Rutilus frisii kutum*) / H. Hosseini, M. Mahmoodzadeh, M. Rezaei, L. Mahmoodzadeh, R. Khaksar, N.K. Khosroshahi, A. Babakhani // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 148. Pp. 86-91.
18. Eliseeva T., Shelestun A., Tkacheva N. Meat in human nutrition, a review of current issues and scientific answers to them // *Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*. 2023. No. 2. Vol. 24. Pp. 11-23.
19. Farukhi Z., Mora S. The Future of Low-Density Lipoprotein Cholesterol in an Era of Nonfasting Lipid Testing and Potent Low-Density Lipoprotein Lowering // *Circulation*. 2018. Vol. 137(1). Pp. 20-23.
20. Human Cerebrospinal Fluid Fatty Acid Levels Differ between Supernatant Fluid and Brain-Derived Nanoparticle Fractions, and Are Altered in Alzheimer's Disease / A.N. Fonteh, M. Cipolla, J. Chiang, X. Arakaki, M.G. Harrington // *PLoS One*. 2014.
21. Imani Fooladi A.A., Mahmoodzadeh Hosseini H. Biological functions of exosomes in the liver in health and disease // *Hepat Mon*. 2014. Vol. 14(5). E13514.
22. King H., Aubert R.E., Herman W.H. Global burden of diabetes, 1995-2025: prevalence, numerical estimates, and projections // *Diabetes Care*. 1998. Vol. 21(9). Pp. 1414-1431.
23. Purine-rich foods, protein intake, and the prevalence of hyperuricemia: the Shanghai Men's Health Study / R. Villegas, Y.-B. Xiang, T. Elasy, W.H. Xu, H. Cai, Q. Cai, M.F. Linton, S. Fazio, W. Zheng, X.-O. Shu // *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2012. Vol. 22(5). Pp. 409-16.
24. Langsted A., Nordestgaard B.G. Nonfasting versus fasting lipid profile for cardiovascular risk prediction // *Pathology*. 2019. Vol. 51(2). Pp. 131-141.
25. Polyunsaturated fatty acids and their effects on cardiovascular disease / B.P. Ander, C.M. Dupasquier, M.A. Prociuk, G.N. Pierce // *Exp Clin Cardiol*. 2003. Vol. 8(4). Pp. 164-72.
26. Quantifying trace elements in the emitted particulate matter during cooking and health risk assessment / S. Gorjinezhad, A. Kerimray, M. Amouei Torkmahalleh, M. Keleş, F. Ozturk, P.K. Hopke // *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017. Vol. 24(10). Pp. 9515-9529.
27. Sterk M.A., Waszkiewicz-Robak B. Vitamin B12 content in raw and cooked beef // *Meat Science*. 2014. Vol. 96 (3). Pp. 1371-1375.
28. Temple N.J. The Origins of the Obesity Epidemic in the USA-Lessons for Today // *Nutrients*. 2022. Vol. 14(20). P. 4253.
29. The influence of the main traditional and combined methods of processing on the weight loss of poultry in the manufacture of culinary products / A.T. Vasyukova, O.A. Suvorov, R.A. Edvars, M.A. Astashev, K.V. Lyubimova // In the collection: Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. Proceedings of the International Conference. Beijing, 2023. Pp. 241-249.
30. Thermal processing implications on the digestibility of meat, fish and seafood proteins / Z.F. Bhat, J.D. Morton, A.E.A. Bekhit, S. Kumar, H.F. Bhat // *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2021. Vol. 20(5). Pp. 4511-4548.

References

1. Bystrov D.I. Improving the technology of production of culinary products from plant and animal raw materials for mass nutrition: specialty 05.18.15 «Technology and commodity science of

- food products and functional and specialized purposes and catering»: dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow, 2012. 127 p.
2. The influence of dietary supplements on the consumer properties of functional minced meat. A.T. Vasyukova, I.U. Kusova, K.V. Krivosheonok, R.A. Edwards, M. Talbi. *Commodity specialist of food products*, 2022, no. 3, pp. 174-179.
 3. Gribova N.A., Eliseeva L.G. Osmotic dehydration of fruit and berry raw materials in the food industry. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2017, vol. 79, no. 2, pp. 134-142.
 4. Dril A.A., Sapozhnikov A.N. Production of evacuated semi-finished products of a high degree of readiness for feeding organized populations. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2017, no. 11, pp. 158-162.
 5. Zemlyakova E.S. Sensory methods for assessing the quality of food biotechnological products. textbook. - methodical. a manual on laboratory work for students studying for a master's degree in the field of preparation. *Biotechnology (profile Food biotechnology)*. Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2022. 56 p.
 6. Namsaraeva Z.M., Khamaganova I.V., Damdinova T.C. The influence of heat treatment methods on the color characteristics of meat. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2021, vol. 83, no. 2(88), pp. 164-168.
 7. Collection of technical standards. Collection of recipes of dishes and culinary products for catering establishments. Part 1. Moscow: Breadproductinform, 2021. 602 p.
 8. Dry functional mixtures with fruit and berry powders. A.V. Moshkin, A.T. Vasyukova, T.S. Zhilina [et al.]. *Quality and environmental safety of food products and industries: Proceedings of the IV International Scientific Conference with elements of a scientific school for youth*. Tver, March 15-20, 2016. Lapina G.P. (executive editor). Tver: Tver State University, 2016, pp. 107-109.
 9. Sous-vide technology – history, advantages, modern trends. V.V. Nasonova, E.K. Tuniyeva, A.A. Motovilina, E.V. Mileenkova. *All about meat*, 2019, no. 6, pp. 35-40.
 10. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk: The Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS) / Mach F., Baigent C., Catapano A.L., et al. *European Heart Journal*, 2019, vol. 41, issue 1, pp. 111-188.
 11. Acrylamide in human diet, its metabolism, toxicity, inactivation and the associated European Union legal regulations in food industry. A. Koszucka, A. Nowak, I. Nowak, I. Motyl. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2020, vol. 60(10), pp. 1677-1692.
 12. Albahrani Ali A. and Rhonda F. Greaves. *Fat-Soluble Vitamins: Clinical Indications and Current Challenges for Chromatographic Measurement*. *Clinical Biochemistry Reviews*, 2016, vol. 37(1), pp. 27-47.
 13. Chang Chia-Yu, Ke Der-Shin, Chen Jen-Yin. Essential fatty acids and human brain. *Acta Neurol Taiwan*, 2009, vol. 18(4), pp. 231-41.
 14. Current Issues and Technical Advances in Cultured Meat Production: A Review. T.K. Hong, D.M. Shin, J. Choi, J.T. Do, S.G. Han. *Food Sci Anim Resour*, 2021, vol. 41(3), pp. 355-372.
 15. Dagert M., Ehrlich S.D. Prolonged incubation in calcium chloride improves the competence of *Escherichia coli* cells. *Gene*, 1979, vol. 6(1), pp. 23-8.
 16. Dynamic alterations in protein, sensory, chemical, and oxidative properties occurring in meat during thermal and non-thermal processing techniques: A comprehensive review. Khalid W., Maggiolino A., Kour J., Arshad M.S., Aslam N., Afzal M.F., Meghwar P., Zafar K.U., De Palo P., Korma S.A. *Front Nutr*, 2023, vol. 9, p. 1057457.
 17. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional parameters of roach kutum (*Rutilus frisii kutum*). H. Hosseini, M. Mahmoodzadeh, M. Rezaei, L. Mahmoodzadeh, R. Khaksar, N.K. Khosroshahi, A. Babakhani. *Food Chemistry*, 2014, vol. 148, pp. 86-91.
 18. Eliseeva T., Shelestun A., Tkacheva N. Meat in human nutrition, a review of current issues and scientific answers to them. *Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*, 2023, no. 2, vol. 24, pp. 11-23.
 19. Farukhi Z., Mora S. The Future of Low-Density Lipoprotein Cholesterol in an Era of Nonfasting Lipid Testing and Potent Low-Density Lipoprotein Lowering. *Circulation*, 2018, vol. 137(1), pp. 20-23.

20. Human Cerebrospinal Fluid Fatty Acid Levels Differ between Supernatant Fluid and Brain-Derived Nanoparticle Fractions, and Are Altered in Alzheimer's Disease. A.N. Fonteh, M. Cipolla, J. Chiang, X. Arakaki, M.G. Harrington. PLoS One, 2014.
21. Imani Fooladi A.A., Mahmoodzadeh Hosseini H. Biological functions of exosomes in the liver in health and disease. Hepat Mon, 2014, vol. 14(5), e13514.
22. King H., Aubert R.E., Herman W.H. Global burden of diabetes, 1995-2025: prevalence, numerical estimates, and projections. Diabetes Care, 1998, vol. 21(9), pp. 1414-1431.
23. Purine-rich foods, protein intake, and the prevalence of hyperuricemia: the Shanghai Men's Health Study. R. Villegas, Y.-B. Xiang, T. Elasy, W.H. Xu, H. Cai, Q. Cai, M.F. Linton, S. Fazio, W. Zheng, X.-O. Shu. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2012, vol. 22(5), pp. 409-16.
24. Langsted A., Nordestgaard B.G. Nonfasting versus fasting lipid profile for cardiovascular risk prediction. Pathology, 2019, vol. 51(2), pp. 131-141.
25. Polyunsaturated fatty acids and their effects on cardiovascular disease. B.P. Ander, C.M. Dupasquier, M.A. Prociuk, G.N. Pierce. Exp Clin Cardiol, 2003, vol. 8(4), pp. 164-72.
26. Quantifying trace elements in the emitted particulate matter during cooking and health risk assessment. S. Gorjinezhad, A. Kerimray, M. Amouei Torkmahalleh, M. Keleş, F. Ozturk, P.K. Hopke. Environ Sci Pollut Res Int, 2017, vol. 24(10), pp. 9515-9529.
27. Sterk M.A., Waszkiewicz-Robak B. Vitamin B12 content in raw and cooked beef. Meat Science, 2014, vol. 96 (3), pp. 1371-1375.
28. Temple N.J. The Origins of the Obesity Epidemic in the USA-Lessons for Today. Nutrients, 2022, vol. 14(20), p. 4253.
29. The influence of the main traditional and combined methods of processing on the weight loss of poultry in the manufacture of culinary products. A.T. Vasyukova, O.A. Suvorov, R.A. Edvars, M.A. Astashev, K.V. Lyubimova. In the collection: Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. Proceedings of the International Conference. Beijing, 2023, pp. 241-249.
30. Thermal processing implications on the digestibility of meat, fish and seafood proteins. Z.F. Bhat, J.D. Morton, A.E.A. Bekhit, S. Kumar, H.F. Bhat. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2021, vol. 20(5), pp. 4511-4548.

Информация об авторах

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор, кафедра биотехнологий и продовольственной безопасности;

И.У. Кусова – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса;

Д.И. Быстров – кандидат технических наук, доцент, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса.

Information about the authors

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Biotechnology and Food Security;

I.U. Kusova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service;

D.I. Bystrov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Food Industry, Hotel Business and Service.

Научная статья

УДК 664.7

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-28-35

РАЗРАБОТКА ОБОГАЩЕННЫХ ДИЕТИЧЕСКИХ БЛЮД ДЛЯ ОВД ДИЕТЫ

**Васюкова Анна Тимофеевна¹, Остюк Юрий Андреевич²,
Вадовский Илья Константинович^{3✉}, Тихонов Дмитрий Анатольевич⁴,
Ларионов Андрей Николаевич⁵, Джабоева Амина Сергеевна⁶**

^{1,2}Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского, Московская область, Балашиха, Россия

³Российский биотехнологический университет, Московская область, Москва, Россия

^{4,5}Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия

⁶Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, Россия

¹vasyukova-at@yandex.ru

²ostukuriy@mail.ru

³i.vadovskiy@mail.ru✉

⁴tpexpert@mgutn.ru

⁵larionov1328@yandex.ru

⁶tpop_kbr@mail.ru

Аннотация. Рост неинфекционных заболеваний в стране и за рубежом стимулирует разработки современных терапевтических методов лечения, позволяющих в период ремиссии восстанавливать функции организма. Наиболее эффективным и стимулирующим фактором может использоваться основной вариант диеты, обогащенной премиксом и спирулиной. Выполнен анализ содержания витаминов и минеральных веществ в премиксе GS 3093 для выявления эффективности введения в рецептуры диетических блюд для основного варианта диеты, предназначенной для питания пациентов с неинфекционными заболеваниями. Использование премикса и спирулины позволило обогатить рационы питания пациентов на 20,00-37,06% от суточной потребности минеральными веществами (Se, Fe, Zn, I) и витаминами группы B (B1, B2, B5, B6, B12, PP), C и E. Разработка рецептур супов, обогащенных микронутриентами, состояла из нескольких этапов: сенсорного анализа вкусоароматических добавок, разработки базовых рецептур, выбора и расчета витаминного премикса. Обогащение проводили в таких пропорциях, чтобы содержание каждого витамина находилось на уровне, обеспечивающем 30-50% рекомендуемого среднего суточного потребления данного нутриента человеком. Дозировка премикса составила 0,1%, что позволило не повлечь за собой проявление дополнительно отрицательного вкусового фактора. Введение спирулины позволило не только обогатить питательными веществами диету ОВД, но и повлиять на цветовую гамму мясных рубленых изделий из филе птицы.

Ключевые слова: диетические блюда, пищевые и биологически активные добавки, спирулина, витаминно-минеральный комплекс

Для цитирования: Разработка обогащенных диетических блюд для ОВД диеты / А.Т. Васюкова, Ю.А. Остюк, И.К. Вадовский, Д.А. Тихонов, А.Н. Ларионов, А.С. Джабоева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 28-35. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-28-35>.

Original article

DEVELOPMENT OF ENRICHED DIETARY DISHES FOR MDO DIETS

*Anna T. Vasyukova¹, Yuri A. Ostyuk², Ilya K. Vadovsky³✉, Dmitry A. Tikhonov⁴,
Andrey N. Larionov⁵, Amina S. Dzhaboeva⁶*

^{1,2}Vernadsky Russian State University of National Economy, Moscow region, Balashikha, Russia

³Russian Biotechnology University, Moscow region, Moscow, Russia

^{4,5}K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University), Moscow, Russia

⁶Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov,
Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia

¹vasyukova-at@yandex.ru

²ostukuriy@mail.ru

³i.vadovskiy@mail.ru✉

⁴tppexpert@mgutm.ru

⁵larionov1328@yandex.ru

⁶tpop_kbr@mail.ru

Abstract. The growth of non-communicable diseases in the country and abroad stimulates the development of modern therapeutic methods of treatment, allowing to restore body functions during the period of remission. The most effective and stimulating factor can be used the basic version of the diet enriched with premix and spirulina. The analysis of the content of vitamins and minerals in the GS 3093 premix was performed to identify the effectiveness of introducing into the recipes of dietary dishes for the basic version of the diet intended for nutrition of patients with non-communicable diseases. The use of the premix and spirulina made it possible to enrich the diets of patients by 20.00-37.06% of the daily requirement with minerals (Se, Fe, Zn, I) and B vitamins (B1, B2, B5, B6, B12, PP), C and E. The development of recipes for soups enriched with micronutrients consisted of several stages: sensory analysis of flavor additives, development of basic recipes, selection and calculation of the vitamin premix. The enrichment was carried out in such proportions that the content of each vitamin was at a level that provided 30-50% of the recommended average daily intake of this nutrient by humans. The premix dosage was 0.1%, which made it possible not to entail the manifestation of an additional negative taste factor. The introduction of spirulina allowed not only to enrich the diet of the MDO with nutrients, but also to influence the color range of minced meat products from poultry fillet.

Keywords: dietary dishes, food and biologically active additives, spirulina, vitamin and mineral complex

For citation: Development of enriched dietary dishes for MDO diets. A.T. Vasyukova, Yu.A. Ostyuk, I.K. Vadovsky, D. A. Tikhonov, A.N. Larionov, A.S. Dzhaboeva. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 2(36), pp. 28-35. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-28-35>.

Введение

Анализ статистических данных обнаружил у 30% населения Земного шара диагностирование нарушения структуры питания, недостаток физиологически активных компонентов пищи, повышающих уровень алиментарных заболеваний: диабета II типа, сердечно-сосудистых, онкологических, заболеваний, ожирения. Возникла острая потребность в предоставлении пациентам функциональных и специализированных продуктов с регулируемым составом для рационов питания или отдельных блюд, содержащих основные функциональные ингредиенты. Разработка комплексного процесса обогащения блюд диетического, лечебно-профилактического и массового потребления является перспективным направлением [8].

Разработка обогащенных продуктов – перспективное направление в РФ и за рубежом. Наиболее интенсивное развитие получило комбинирование ингредиентного состава, в основе которого заложены органолептические характеристики и функционально-технологические данные, что в совокупности позволяет получить синергетический эффект, и тем самым рационально использовать сырьевые ресурсы.

Kanaujia Garima и Singh Neetu (2017 г.) с целью получения функционального продукта, наиболее значимого и востребованного в ряде стран (пиццы) использовали порошок пажитника и лотоса. Использование богатых нутриентами и минорными соединениями продукты: *Nelumbo Nucifera* (стебель лотоса) или листья пажитника (*Trigonella foenumgracum*), которые используются как полезные натуральные пищевые компоненты, обогащают основу для пиццы. Полученная продукция преобразуется в здоровую функциональную пищу. Можно доказать, что это полезная пищевая клетчатка, включенная в пиццу, важна сердечникам, диабетикам или лицам с другими заболеваниями, связанными с образом жизни. Основа для пиццы с пищевыми волокнами (лепешка) разработана на основе дрожжевого теста и различного процента порошка из листьев пажитника и стебля лотоса, которые смешиваются и ферментируются вместе с остальными компонентами рецептуры, а затем помещаются на 8-10 мин. в духовку при 200⁰ для выпекания. Разработанный продукт, обогащенный диетическими волокнами, оценивался по различным параметрам: сенсорной оценке, анализу показателей безопасности, которые были выше известных образцов пиццы [9].

Джи-Хён и Пак Хэ-Ён Ким (2006 г.) разработаны четыре продукта, включающие клетчатку для геродиетического питания. Выполнен их физико-химический анализ. Основными обогащенными продуктами были следующие: суп из кимчи, бобовых и батат (1), чамчынамль и виноград (2), грибы и кимчи (3), сушеные листья редиса и зеленый свежий перец (4). Определено содержание калорий, углеводов, белков и жиров, и их потребности для включения в геродиетический рацион. Рассчитана необходимая концентрация основных пищевых веществ и энергии для людей преклонного возраста. Получено: 567 ккал (калорийность), 92,8 г (углеводы), 21,3 г (белок) и 12,6 г (жир) с учетом суточной потребности взрослых. Содержание пищевых волокон в образцах 1, 2, 3, 4 значительно возросло по сравнению с контролем и составило 17,27%, 20,84%, 16,91% и 23,64% соответственно. Образец №1 имел значительно более высокие баллы и общую органолептическую оценку с учетом коэффициента важности – 4,77, 4,58, 4,62 и 4,69 соответственно [10].

Грибова Н.А. и Елисеева Л.Г. (2021) обогащали сухие зерновые завтраки порошкообразной земляникой и черникой. Сухой завтрак с черникой обогащен витамином С (38,5 мг% на 100 г), Са – до 30%, Fe и К до 10% с низкой обводненностью (0,329-0,339), обеспечивающей пролонгированные сроки безопасного сохранения продуктов до 1 года [2].

Однако исследования в этой области продолжаются, и на рынок постоянно поступают диетические и специализированные кулинарные и кондитерские изделия эффективного действия. Тема исследований актуальна.

Цель исследования – разработка технологии и рецептур обогащенных блюд и кулинарных изделий для ОВД диеты.

Материалы и методы исследования

Обогащение диетических образцов супа и котлет из птицы премиксом GS 3093 и спинулиной осуществляли в лабораторных условиях и условиях предприятия (пищблока) в течение 2023-2025 г. Апробация разработанных диетических блюд проводилась на базе данных ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в ЛПУ ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского.

Образцы готовили по Сборнику рецептур (2021 г.) [5]. Определение выхода блюд, содержания минорных веществ проводили современными и общепринятыми методами: ГОСТ 32691-2014 «Услуги общественного питания. Порядок разработки фирменных и новых блюд и изделий на предприятиях общественного питания»; «Методические указания по лабораторному контролю качества продукции общественного питания» (одобрены Минздравом СССР 23.10.1991 N 122-5/72, рекомендованы Минторгом СССР от 11.11.1991 N 1-40/3805); фотометрический анализ (молекулярная абсорбционная спектроскопия); высокоэффективная жидкостная хроматография с диодно-матричным детектированием и амперометрический метод.

Сенсорная оценка обогащения премиксом GS 3093 и спинулиной супа и котлет была проведена группой преподавателей. Органолептические характеристики, а именно, общая

приемлемость витаминно-минеральной добавки и водоросли определены на основании пяти-балльной гедонической шкалы (Землякова Е.С., 2022) [3]. Средний балл, выставленный дегустаторами, использовался для статистического отчета и обоснования полученных результатов.

Результаты исследований и их обсуждение

Для повышения пищевой ценности мучных полуфабрикатов (пирожки, булочки), напитков (морсы, компоты, кисели), каш, овощных пюре, супов-пюре, соусов, полуфабрикатов рубленых мясных, рыбных, из мяса птицы, субпродуктов и на основании разработанной методологии продукция, производимая на пищеблоке ЛПУ ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, обогащается премиксом GS 3093 и спирулиной. Результативность добавок БАД в кулинарные изделия была отмечена не только лабораторно и путем математического моделирования, а также путем проведения апробации на репрезентативных группах людей, что подтвердило полную безопасность разработки, их качество, а также хорошую усвояемость.

Однако особую сложность вызывало дозирование премикса и спирулины при приготовлении опытных и контрольных образцов, а также распределение БАД по всему объему образца равномерно, что было отмечено в ранее проведенных нами исследованиях [1, 4, 6, 7]. В процессе обогащения образцов блюд, входящих в рацион пациентов, употребляющих ОВД диету, строго регулировали дозировку микронутриентов в одной порции продукта. Ежедневно врач, медицинская сестра или специально обученное лицо, прошедшее соответствующий инструктаж, подсчитывали концентрацию вносимых БАД и оценивали их как степень удовлетворения пациентов в каждом микронутриенте, потребность в этих веществах. При превышении концентраций БАД, вводимых для обогащения и поддержания уровней усвояемости микронутриентов (более 50% от суточной потребности) вносили соответствующую корректировку в схему обогащения продуктов премиксом, уменьшив дозу вносимого премикса или количество обогащаемых им продуктов.

В процессе технологии производства готовой обогащенной продукции учитывали следующее:

- премикс следует рассматривать как добавку, а не компонента рецептуры, следовательно, его вводимое количество должно составлять менее 1% от всех рецептурных компонентов;
- дозировка премикса в концентрации менее 0,1% не рекомендуется. Использование менее значительного количества обуславливает трудности дозирования микрокомпонента и затрудняет обеспечение равномерности его нахождения в изделии;
- премикс не изменяет органолептические свойства конечного продукта;
- премикс не оказывает существенного действия на параметры и организацию изготовления блюд, не усложняя процесс.

Используемый премикс GS 3093 имеет достаточно универсальное применение, то есть используется в процессе выпуска различных продуктов, а также в массовом питании граждан с ограниченными возможностями здоровья в соответствии с назначенной диетой (ОВД).

Виды обогащаемых кулинарных изделий приведены в табл. 1.

Таблица 1. Виды обогащаемой кулинарной продукции

№ п/п	Наименование витаминно-минерального комплекса	Виды обогащаемой продукции
1	GS 3093	Мучные изделия (пирожки, булочки)
2	GS 3093	Напитки (морсы, компоты, кисели)
3	GS 3093	Каша, пюре овощные, супы пюре, соусы,
4	GS 3093	Кулинарные изделия рубленые мясные, рыбные, из мяса птицы, субпродуктов и прочее
5	Спирулина	Кулинарные изделия из мяса птицы

С учетом перечисленных факторов был выбран универсальный премикс GS 3093, данные которого приведены в табл. 2.

Таблица 2. Состав премикса GS 3093 для обогащения продуктов питания, г/100г

Наименование показателя	Массовая доля минералов	Наименование показателя	Массовая доля витаминов:
Наполнитель	77,3±0,06		
Se	0,01±0,0019	Е	5,27±0,9
Fe	1,31 ± 0,22	Витамин С	33,35±5,33
Zn	1,058±0,185	В1	0,37±0,067
I	0,029±0,0056	В2	0,44±0,08
СА	51±3,0	В5	1,23±0,215
		В6	0,49±0,089
		В12	0,0009±0,00018
		РР	4,73±0,81

Проведен аналитический обзор рынка производства премиксов, в том числе GS 3093 у нас в стране и за рубежом, которые применяются в диетическом питании для обогащения рационов минорными веществами. Установлено, что премиксы, витамины, минералы пользуются спросом граждан в терапевтических целях для устранения неинфекционных заболеваний и поднятия иммунитета. Ассортимент данной продукции весьма разнообразен. Лидирующее место в выпуске данной группы препаратов занимают иностранные фирмы.

Разработка рецептур супов, обогащенных микронутриентами, включала несколько этапов:

- сенсорный анализ вкусо-ароматических добавок;
- разработка базовых рецептур;
- выбор рецептур;
- расчет витаминного премикса.

Обогащение премиксом пропорций, выбранных из рациона блюд производилось так, чтобы содержание каждого витамина находилось на уровне, обеспечивающем 30-50% рекомендуемого среднего суточного потребления данного нутриента человеком. Наиболее приемлемым оказался универсальный премикс GS 3093, так как при его внесении сохранялись оптимальные органолептические показатели продукта. Этот комплекс включал оптимальную смесь минорных элементов. Расчетные величины содержания БАД и доля обеспечения пациента в одной порции блюда приведены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание витаминно-минерального премикса GS 3093 в одной порции супа

Наименование витаминов и минералов	Общее содержание в 1 порции супа 400 мл	Норма потребления в сутки на взрослого	% от суточной нормы потребления
Se	0,02	0,07	28,57
Fe	2,7	10	27,00
Zn	3	12	25,00
I	30	150	20,00
СА	250	1000	25,00
Е	5,27	15	35,13
Витамин С	33,35	90	37,06
В1	0,4	1,5	26,67
В2	0,6	1,8	33,33
В5	1,23	10	12,30
В6	0,49	2	24,50
В12	0,7	2	35,00
РР	4,73	19	24,89
ВС	3	8,7	34,48

Установлено, что введение премикса GS 3093 в порцию супа в концентрации 0,1% позволит обогатить блюдо на 20,0-37,06% от необходимости в минеральных веществах (Se, Fe, Zn, I) и витаминах группы В (В1, В2, В5, В6, В12, РР), С и Е.

Спирулину вводили в фарш из птицы. Рецепт диетических тефтелек показан в табл. 4.

Таблица 4. Тефтели из птицы диетические

Наименование сырья	Расход сырья и полуфабрикатов			
	1 порция		100 порций	
	Брутто, г	Нетто, г	Брутто, кг	Нетто, кг
Куриное филе	63	61	6,3	6,1
Хлеб пшеничный	13	13	1,3	1,3
Морковь (свежая)	5	4	0,5	0,4
Кабачок (свежий)	4	3	0,4	0,3
Спирулина	0,01	0,01	0,001	0,001
Молоко 3,2%-жирности	10	10	1,0	1,0
Внутренний жир птицы	2	2	0,2	0,2
Панировка из отрубей	4	4	0,4	0,4
Паприка (колер)	0,02	0,02	0,002	0,002
Соль	0,3	0,3	0,03	0,03
Масло растительное	3	3	0,3	0,3
Соус сметанный	20	20	2,0	2,0
Выход готового блюда	-	100	-	-

Разработанные образцы тефтелек диетических имели высокие органолептические показатели качества. За счет введения в рецептуру спирулины и свежих овощей полуфабрикаты обогащены витаминно-минеральными нутриентами, имеют низкую калорийность: 111 ккал, белка - 14,1 г, жира - 2,1 г, углеводов - 8,9 г на 100 г продукта.

В результате исследований установлено, что стоимость питания за месяц в ЛПУ ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского после использования в рационе пациентов БАД «Витаминно-минеральный комплекс «GS-3093» и спирулины увеличивается на 0,7%. При этом важно отметить, что значительно возрастает уровень питания пациентов, обеспечивающий 30-50% рекомендуемого нутриента для человека. Соответственно, проведенные расчеты наглядно подтверждают технико-экономическую эффективность представленной методологии обогащения БАД (премиксом «GS-3093» и спирулиной).

Выводы

1. В представленной работе проводилось комплексное исследование возможностей совершенствования технологии специализированных продуктов с витаминно-минеральным комплексом. Основные научные результаты, полученные при выполнении работы, позволят вводить витаминно-минеральный комплекс «GS-3093» и спирулину в блюда пациентов, которым назначена ОВД диета. Концентрация «GS-3093» составляет 0,1%, а спирулины – 0,01%.

2. Проведено исследование меню рационов по ОВД диете, предназначенное для пациентов ЛПУ с учетом их физиологических особенностей и потребностей. Выявлены факторы, оказывающие воздействие ОВД на эффективность диетического питания при неинфекционных заболеваниях: влияние на секреторную функцию желудка; артериальная гипертензия, ожирение, нарушения липидного, углеводного и пуринового обменов, снижение минеральной плотности костной ткани. Установлено: ВМК «GS-3093» обеспечивает покрытие потребности организма на 50-100% от рекомендованной суточной нормы потребления витаминов (В1, В2, В3, В6, С) и минеральных веществ (I; Zn; Se) по диете ОВД.

3. Выполнен аналитический анализ препаратов с минорными веществами в стране. Отмечено, витамины и микроэлементы пользуются спросом пациентов: «GS-3093»; «GS 3159».

Ассортимент товарных групп, представленных на рынке, весьма разнообразен. Среди лидеров фирм-производителей зарубежные компании, которые выпускают эти препараты.

Список источников

1. Богоносова И.А., Васюкова А.Т. Разработка овощной продукции профилактического назначения с белковыми обогатителями // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 2(80). С. 223-229.
2. Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Разработка научно-обоснованной рецептуры и технологии обогащенных экструдированных продуктов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 3(89). С. 135-140.
3. 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.
4. Мошкин А.В., Васюкова А.Т. Применение ячменного солода в хлебопечении / Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: Материалы III Международной научной конференции с элементами научной школы для молодежи, Тверь, 25-29 марта 2015 года // Ответственные за выпуск: Г. П. Лапина, П.С. Лихуша. Тверь: Тверской государственный университет, 2015. С. 185-189.
5. Сборник технических нормативов. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Часть 1. Москва, Хлебпродинформ, 2021. 602 с.
6. Сухие функциональные смеси с плодово-ягодными порошками / А.В. Мошкин, А.Т. Васюкова, Т.С. Жилина [и др.] // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: Материалы IV Международной научной конференции с элементами научной школы для молодежи, Тверь, 15-20 марта 2016 года / Лапина Г.П. (ответственный редактор). Тверь: Тверской государственный университет, 2016. С. 107-109.
7. Технология и товароведная оценка многокомпонентных смесей для хлебопекарного производства / А.Т. Васюкова, А.В. Сусликов, А.В. Мошкин, В.Ф. Пучкова. Москва: Негосударственное образовательное учреждение высшего образования Московский технологический институт, 2015. 137 с.
8. Gribova N.A. Development of fortified bakery products with bioactive substances from quinoa to provide healthy nutrition // International Journal of Control and Automation. 2020. Vol. 13(1). Pp. 180-194.
9. Kanaujiya Garima, Singh Neetu. To develop enrich dietary fibre pizza base and their standardization // International Journal of Home Science. 2017. Vol. 3(3). Pp. 297-299.
10. Park Ji-Hyun, Kim Hae-Young. Development of dietary fiber enriched menu for the aged and analysis of sensory and physicochemical characteristics // Journal of the Korean Society of Food Culture. 2006. Vol. 21(5).

References

1. Bogonosova I.A., Vasyukova A.T. Development of vegetable products for preventive purposes with protein fortifiers. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2019, vol. 81, no. 2(80), pp. 223-229.
2. Gribova N.A., Eliseeva L.G. Development of a scientifically based formulation and technology of enriched extruded products. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2021, vol. 83, no. 3(89), pp. 135-140.
3. Zemlyakova E.S. Sensory methods for assessing the quality of food biotechnology products: textbook. - methodical. a manual on laboratory work for students studying for a master's degree in the field of preparation. Biotechnology (profile Food Biotechnology). Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2022. 56 p.
4. Moshkin A.V., Vasyukova A.T. The use of barley malt in baking. Quality and environmental safety of food products and industries: Proceedings of the III International Scientific conference with elements of a scientific school for youth, Tver, March 25-29, 2015. Responsible for the issue: G.P. Lapina, P.S. Likhusha. Tver: Tver State University, 2015, pp. 185-189.

5. Collection of technical standards. Collection of recipes of dishes and culinary products for catering establishments. Part 1. Moscow, Bread prod inform. 2021. 602 p.
6. Dry functional mixtures with fruit and berry powders. A.V. Moshkin, A.T. Vasyukova, T.S. Zhilina [et al.]. Quality and environmental safety of food products and industries: Proceedings of the IV International Scientific Conference with elements of a scientific school for youth, Tver, March 15-20, 2016. Lapina G.P. (executive editor). Tver: Tver State University, 2016, pp. 107-109.
7. Technology and commodity evaluation of multicomponent mixtures for bakery production. A.T. Vasyukova, A.V. Suslikov, A.V. Moshkin, V.F. Puchkova. Moscow: Non-governmental Educational Institution of Higher Education, Moscow Institute of Technology, 2015. 137 p.
8. Gribova N.A. Development of fortified bakery products with bioactive substances from quinoa to provide healthy nutrition. International Journal of Control and Automation, 2020, vol. 13(1), pp. 180-194.
9. Kanaujiya Garima, Singh Neetu. To develop enrich dietary fibre pizza base and their standardization. International Journal of Home Science, 2017, vol. 3(3), pp. 297-299.
10. Park Ji-Hyun, Kim Hae-Young. Development of dietary fiber enriched menu for the aged and analysis of sensory and physicochemical characteristics. Journal of the Korean Society of Food Culture, 2006, vol. 21(5).

Информация об авторах

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор, кафедра биотехнологий и продовольственной безопасности;

Ю.А. Остюк – аспирант;

И.К. Вадовский – аспирант;

А.Н. Ларионов – аспирант;

Д.А. Тихонов – кандидат технических наук, младший научный сотрудник, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса;

А.С. Джабоева – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов общественного питания и химии.

Information about the authors

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Biotechnology and Food Security;

Yu.A. Ostyuk – Postgraduate student;

I.K. Vadovsky – Postgraduate student;

A.N. Larionov – Postgraduate student;

D.A. Tikhonov – Candidate of Technical Sciences, Junior Research Assistant, Department of Digital Nutrition, Hotel and Restaurant Service;

A.S. Dzhaboeva – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology and Chemistry.

Научная статья

УДК 664.681.1

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-36-44

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМЕСИ ГРЕЧНЕВОЙ И ЯЧМЕННОЙ МУКИ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СРОК ХРАНЕНИЯ КРЕКЕРА

Калужских Александр Геннадьевич^{1✉}, Трубников Владимир Николаевич²,
Чуваев Иван Владимирович³

^{1,3}Юго-Западный государственный университет, Курская область, Курск, Россия

²Курский государственный аграрный университет, Курская область, Курск, Россия

¹alex.kaluzhskih@yandex.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³impost46 impost@gmail.com

Аннотация. Разработка продуктов питания ежедневного потребления, полезных для здоровья, является приоритетным направлением развития пищевой промышленности. Для создания таких продуктов, актуально использовать добавки из местного растительного и нетрадиционных видов сырья, содержащих в своем составе ряд веществ, таких как макро- и микроэлементы, витамины, пищевые волокна. Крекер, или сухое печенье, обладает слоистой и хрупкой структурой. Его вырабатывают преимущественно на дрожжах и химических разрыхлителях или только на дрожжах. В зависимости от способа приготовления и рецептурного состава крекер подразделяют на три группы: с жиром или с жиром и жировой прослойкой; с жиром или с жиром и жировой прослойкой с вкусовыми добавками (тмин, анис, большое количество соли и т. п.); без жира. Крекер с добавлением элементов, полезных для здоровья, можно считать функциональной пищей, способствующей предотвращению заболеваний и улучшающей питание населения, проживающего в условиях экологической напряженности. Проведенные исследования крекера с использованием смеси гречневой и ячменной муки показали, что лучший результат по органолептическим характеристикам отмечается у образца с внесением смеси: 5% гречневой и 10% ячменной муки, от общей массы муки.

Ключевые слова: крекер, ячменная мука, гречневая мука, хлебобулочные изделия, органолептические свойства

Для цитирования: Калужских А.Г., Трубников В.Н., Чуваев И.В. Исследование влияния смеси гречневой и ячменной муки на органолептические свойства и срок хранения крекера // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 36-44. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-36-44>.

Original article

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF A MIXTURE OF BUCKWHEAT AND BARLEY FLOUR ON THE ORGANOLEPTIC PROPERTIES AND SHELF LIFE OF THE CRACKER

Alexander G. Kaluzhskikh^{1✉}, Vladimir N. Trubnikov², Ivan V. Chuvaev³

^{1,3}Southwestern State University, Kursk region, Kursk, Russia

²Kursk State Agrarian University, Kursk region, Kursk, Russia

¹alex.kaluzhskih@yandex.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³impost46 impost@gmail.com

Abstract. The development of daily food products that are beneficial for health is a priority area for the development of the food industry. To create such products, it is important to use additives from local plant and non-traditional raw materials containing a number of substances such as macro- and microelements, vitamins, and dietary fiber. A cracker, or a dry cookie, has a layered and brittle structure. It is produced mainly on yeast and chemical leavening agents, or only on yeast. Depending on the method of preparation and the formulation, the cracker is divided into three groups: with fat or with fat and a fatty layer;

with fat or with fat and a fatty layer with flavoring additives (cumin, anise, a large amount of salt, etc.); without fat. A cracker with the addition of elements beneficial to health can be considered a functional food that helps prevent diseases and improves nutrition of the population living in conditions of environmental stress. In the course of cracker research using a mixture of buckwheat and barley flour, it was found that the most acceptable organoleptic method is to add a mixture of buckwheat and barley flour in the amount of 5% buckwheat and 10% barley flour, from the total mass of flour.

Keywords: cracker, barley flour, buckwheat flour, bakery products, organoleptic properties

For citation: Kaluzhskikh I. A.G., Trubnikov V.N., Chuvaev I.V. Investigation of the effect of a mixture of buckwheat and barley flour on the organoleptic properties and shelf life of the cracker. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 36-44. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-36-44>.

Введение

Приоритетным направлением государственной политики Российской Федерации в обеспечении национальной продовольственной продукцией может стать формирование отечественного производства определенных, наиболее востребованных видов пищевых материалов и увеличение производства продуктов питания массового потребления (особенно распространенных сортов хлебобулочных изделий), обогащенных незаменимыми пищевыми компонентами, которые обычно потребляются всеми слоями населения страны [4, 5].

Данная социальная проблема обостряется в условиях современной экономической ситуации, складывающейся в стране в условиях экономических санкций и ограничения поставок сырья и отдельных продуктов питания [2, 12].

Наиболее популярным мучным кондитерским изделием, потребляемым россиянами, является печенье. Однако эти изделия перегружены углеводами, поэтому на сегодняшний день отечественное производство развивается в направлении обогащения этой группы мучных кондитерских изделий витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами [9].

Доля производства крекеров в Российской Федерации среди мучных кондитерских изделий составляет 20% [6].

Главным отличием крекеров от печенья является сухость. Также содержание сахара в них намного меньше, чем в печенье. Существуют даже виды крекеров без сахара. Структура крекеров ломкая и слоистая, а у печенья чаще всего мягкая и рыхлая. Начинка печенья обычно состоит из сладостей, у крекеров бывает начинка со специями, сыром и т.д. В отличие от печенья, крекеры можно подавать к первым блюдам вместо хлеба [6].

Учитывая мировые тенденции развития рынка мучных кондитерских изделий, рынок крекеров имеет хорошие перспективы как рынок продуктов, близких к снекам, спрос на которые постоянно растет. Поэтому позиционирование крекера как закуски для утоления голода и расширение ассортимента могут дать значительный импульс развитию рынка и, как следствие, значительному увеличению объемов за счет не только разработки новых продуктов, но и учета различных ситуаций потребления [1].

Традиционно основными группами людей, которые используют крекер в качестве перекуса, являются дети, подростки, молодежь.

Для данной категории населения особо важно придерживаться здорового питания [10, 13].

На современном продовольственном рынке даже самый взыскательный потребитель сможет найти продукт по вкусу. Согласно современным тенденциям, в крекеры, изготовленные по традиционным технологиям, производители чаще всего добавляют сыр, розмарин, лук жареный и семена различных растений. В сладкие крекеры добавляется мёд, сахар, сухофрукты и орехи. Из всего этого следует, что энергетическая ценность крекеров велика, а что касается витаминов и минеральных веществ, то крекер в этом плане достаточно беден [7, 11].

Современные крекеры бывают сладкими, солеными, и сладко-солеными. Их делают с сыром, беконом, луком, укропом, орехами, сахаром, семечками подсолнечника, маком, кунжутом. Сладкие крекеры можно использовать для создания тортов и пирожного не требующих запекания, из соленых делают массу разнообразных закусок [7, 8].

Крекер является продуктом, который не имеет длительного срока годности и является продуктом кратковременного хранения.

Относительно простым способом расширения ассортимента функциональных хлебобулочных изделий может быть добавление в рецептуру пшеничных продуктов разных видов муки.

Химический состав гречневой и ячменной муки предопределяет влияние на технологию производства мучных хлебобулочных изделий из смеси пшеничной, гречневой и ячменной муки [6].

В отличие от других круп, гречка славится своим содержанием белка – около 13 %. Интересно, что в отличие от других видов круп, гречневая содержит зародыш – основной источник витаминов зерна. Уникальность белкового состава гречки заключается в нескольких аспектах: она не содержит глютен, богата альбуминами и глобулинами, а также отличается высокой концентрацией важнейших для организма аминокислот – среди них лейцин, валин, треонин, фенилаланин, лизин и изолейцин. Эти особенности делают гречневую крупу особенно ценным продуктом для здорового питания.

Гречневая мука в своем составе содержит: железо, фосфор, кальций, медь, витамины В₁, В₂, РР, Р. Массовая доля влаги в гречневой муке не превышает 9% [3, 6].

Широко ее применение и в хлебопекарной отрасли. Добавление гречневой муки в пшеничную улучшает свойства хлеба, делает его более полноценным с биологической точки зрения, обогащает специальными белками с незаменимыми аминокислотами.

Все это способствует повышению пищевой ценности хлеба. В результате замедляется очерствение хлеба, он приобретает более насыщенный, пикантный вкус.

Гречневая мука обладает отличной способностью впитывать жиры, что делает ее незаменимой для больных, не способных перерабатывать жиры в традиционном виде.

Ячменную муку добавляют в хлеб, лепешки, разную выпечку, каши, тесто для оладьев и блинов, печенья. Ячменная мука более грубая по сравнению с пшеничной из-за повышенного содержания в её составе такого компонента, как клетчатка. Содержит мука и протеины, за счёт чего её часто добавляют в специальные напитки для спортсменов. Наряду с клетчаткой ячменная мука в своём составе имеет: витамины группы В, С, РР, фосфор, калий, магний, цинк, медь, селен, кальций, натрий, железо [9].

Внешний вид крекера определяют при его осмотре, обращая при этом внимание на форму изделия (правильная или неправильная), цвет пропеченного изделия, подгорел или нет, поверхность (гладкая, неровная, бугристая, со вздутиями и трещинами или подрывами).

Окраска верхней корки может характеризоваться как равномерная (от светло-золотистой до светло-коричневой), темно-коричневая с глянцем и т. п.

При оценке цвета слоистой структуры образец следует разрезать острым ножом на две равные части.

Цвет характеризуется как белый, коричневый, желтоватый, сероватый и т. п. Отмечают также равномерность его окраски.

Аромат и вкус мучных кондитерских изделий оценивают в процессе дегустации.

Крекер может быть твердым, хрустящим, пресным, с привкусом входящих в состав ингредиентов и т. п. Отмечают наличие посторонних привкусов и запахов [2].

Сроки хранения крекера – 1 месяц, при температуре 20 – 25 °С и относительной влажности воздуха 75%.

Главными параметрами, определяющими условия хранения, являются:

- относительная влажность воздуха;
- температура окружающего воздуха;
- санитарные и гигиенические условия.

На сохранность выпеченных крекеров в свежем виде влияют такие факторы:

- состав – чем больше жира, тем меньше срок хранения, параметр зависит и от многих других добавок;
- способ приготовления;

–упаковка – для защиты от пересыхания и отсыревания продукт обычно упаковывают в бумажные или пластиковые пакеты. Часто также используют плотные контейнеры.

Таким образом, внесение смеси гречневой и ячменной муки в рецептуру позволит получить крекер с более широким набором полезных минеральных веществ.

Цель исследования – оценить влияние внесения в рецептуру приготовления крекера смеси гречневой и ячменной муки, на срок хранения и органолептические показатели готового продукта.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования проводили в 2024 году в лаборатории кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет».

Определение органолептических свойств крекера является крайне важным технологическим процессом. Для контроля качества крекера существует действующий ГОСТ 14033-2015 Крекер. Общие технические условия.

К органолептическим показателям, общим для характеристики почти всех пищевых продуктов, относят внешний вид, вкус, запах, консистенцию. Они имеют решающее значение для оценки качества пищевых продуктов. Органолептическая оценка этих показателей в большинстве случаев является единственно возможной при определении качества продуктов и не может быть заменена измерительными методами, которые лишь дополняют ее.

Крекер относится к мучным кондитерским изделиям. Он может быть разной формы, с начинкой и без, но одно из обязательных условий – содержание влаги не более 16%.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с поставленными задачами в лабораториях кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ЮЗГУ, в 2024 году.

Использовали общепринятые и специальные методы оценки свойств сырья. Органолептические показатели готовых образцов крекера оценивали по ГОСТ 14033-2015 Крекер. Общие технические условия.

Результаты исследований и их обсуждение

Для изучения возможности использования смеси гречневой и ячменной муки в приготовлении крекера были использованы следующие образцы:

- образец №1: без добавления гречневой и ячменной муки (контрольный образец).
- образец №2: с добавлением 5% гречневой муки и 10% ячменной муки, от общего количества муки;
- образец №3: с добавлением 10% гречневой муки и 10% ячменной муки, от общего количества муки;
- образец №4: с добавлением 10% гречневой муки и 15% ячменной муки, от общего количества муки;

В табл. 1 представлена рецептура крекера с добавлением смеси гречневой и ячменной муки в различном процентном соотношении.

Таблица 1. Рецептура крекера с добавлением смеси гречневой и ячменной муки в различном процентном соотношении

Наименование компонента рецептуры	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Мука пшеничная в/с, г	225	195	185	175
Мука гречневая, г	-	10	20	20
Мука ячменная, г	-	20	20	30

Вода, г	100	100	100	100
Масло растительное, г	60	60	60	60
Разрыхлитель, г	7	7	7	7
Соль, г	10	10	10	10
Сахар, г	10	10	10	10

На рис. 1 представлены выпеченные экспериментальные образцы крекера.



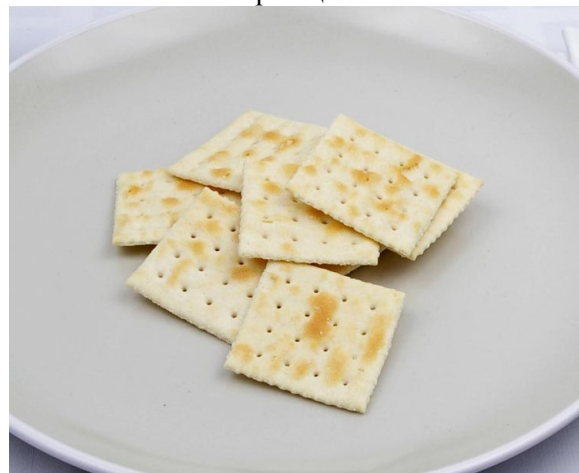
Образец № 1



Образец № 2



Образец № 3



Образец № 4

Рисунок 1. Выпеченные экспериментальные образцы крекера

Оценка каждого органолептического показателя качества проводится по 5-балльной шкале. Результаты органолептической оценки полученных образцов крекера, представлены в табл. 2.

Наибольшую сумму баллов получил образец № 2. Указанный образец крекера имел правильную форму, золотистого цвета гладкую без трещин поверхность. Слоистая структура светлая с вкраплениями частичек гречневой муки. Вкус интенсивно выраженный, характерный хлебный с приятным ароматом гречневой муки. Образцы крекера № 1 и № 3 отличались средне выраженным вкусом и более темной по цвету поверхностью корки изделия. Структура образцов №3 и №4 была неоднородной, слоистость не выражена. Кроме этого, образец №

4 имел очень интенсивный, насыщенный запах и вкус гречки, который «забивал» характерный вкус и аромат крекера.

Таблица 2. Результаты органолептической оценки качества крекера с добавлением смеси гречневой и ячменной муки

Показатели	Коэффициент значимости	Оценка показателей по 5-балльной шкале	Образец №1 (контроль)	Исследуемые образцы крекера		
				Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Форма	4	1-5	5	5	5	5
Цвет корки	3	1-5	4	5	4	4
Поверхность	2	1-5	5	5	5	4
Цвет текстуры	3	1-5	4	4	4	4
Пористость	2	1-5	5	5	4	4
Вкус	5	1-5	4	5	4	3
Запах	5	1-5	4	5	4	3
ИТОГО	–	–	31	34	30	27

В ходе исследований было установлено, что наиболее приемлемым по органолептическим показателям является внесение смеси гречневой и ячменной муки в количестве 5% гречневой и 10% ячменной муки от общей массы муки.

В процессе хранения у всех образцов крекера выявлены изменения органолептических показателей качества: признаки изменений проявились после 10 дней с момента выпечки, о чем свидетельствует незначительное затвердевание и повышение крошливости.

Спустя 18 дней с момента выпечки можно было отметить, что крекеры стали твердыми, при разламывании сильно крошились, вкус и запах недостаточно выражены.

По истечении 26 дней образцы трудно поддавались разламыванию, что свидетельствует о значительном очерствении. Процессы плесневения не были выявлены у всех экспериментальных образцов.

Выводы

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментальный образец № 2, с добавлением 5% гречневой муки и 10% ячменной муки от общего количества муки, оказался лучшим по органолептическим показателям.
2. Крекер имел правильную форму, гладкую без трещин поверхность золотистого цвета. Слоистая структура светлая с вкраплениями частичек гречневой муки. Вкус интенсивно выраженный, характерный хлебный с приятным ароматом гречневой муки.
3. Использование смеси гречневой и ячменной муки на срок хранения крекера существенного влияния не оказало. Сроки хранения крекера – 1 месяц, при температуре 20-25 °С и относительной влажности воздуха 75%. У всех экспериментальных образцов в процессе хранения происходили изменения в рамках, предусмотренных ГОСТ 14033-2015 «Крекер. Общие Технические условия».

Список источников

1. Анализ рынка крекеров, реализуемых в торговых предприятиях г.о. Кинель / Н.В. Праздничкова, О.А. Блинова, А.П. Троц, А.Н. Макушин // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 1. № 3. С. 13-14.

2. Атурин В.В. Антироссийские экономические санкции и проблемы импортозамещения в условиях современной международной конкуренции // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 2. С. 5.
3. Бориева Л.З., Бисчокова Ф.А., Шогенова И.Б. Формирование показателей качества крекера с использованием нетрадиционного сырья // Новые технологии. 2020. №1. С. 20-29.
4. Калужских А.Г., Быковская Е.И. Влияние использования кардамона на органолептические показатели и процессе хранения пшеничного хлеба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 4. С. 139-143.
5. Калужских А.Г., Долгополова Н.В., Котельникова М.Н. Исследование возможности использования розмарина в технологии производства хлеба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 4. С. 25-31.
6. Ковалева Д.А., Ковалева А. Е. Обоснование использования гречневой муки и сыра в рецептуре крекеров / Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях: сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции, Курск, 12 ноября 2021 года // Юго-Западный государственный университет. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 217-220.
7. Ковалева А.Е., Рязанцева А.С. Разработка рецептуры крекеров, обогащенных растительным сырьем / Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее: сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции, Курск, 17-18 октября 2019 года // Юго-Западный государственный университет; Московский политехнический университет; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Том 3. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 157-161.
8. Науменко Н. В., Ашмарина Е.А. Влияние сырьевых компонентов на реологические характеристики теста и качество хлебобулочных изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2018. № 1. С. 60-68.
9. Нечушкина А.Д., Альшевская М.Н. Обоснование возможности использования жмыха моркови и рисовой муки в технологии мучных кондитерских изделий типа «крекеры» // Вестник молодежной науки. 2021. № 3(30).
10. Пищевой рацион и хронофизиологические особенности пищевого поведения студентов / Р.О. Будкевич, Е.В. Будкевич, О.Е. Бакуменко, И.А. Евдокимов // Функциональные продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции, Москва, 30-31 октября 2019 года. Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2019. С. 62-66.
11. Разработка рецептуры крекера повышенной пищевой ценности / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, А.С. Рязанцева, А.А. Маньшин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 4. С. 10-16.
12. Boev S., Varavin V., Trubnikov V. et al. The influence of gluten-free flour mixture and burdock root on the organoleptic parameters and porosity of bread // E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agricultural Technologies, Environmental Management and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, March 29-31, 2023. Vol. 390. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 02041.
13. Boev S., Trubnikov V. Investigation of the effect of wheat germ flour and egg albumin on bread quality indicators // E3s Web Conferences : X International Conference on Advanced Agricultural Technologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29-30, 2024. Les Ulis: EDP Sciences, 2024. P. 02026.

References

1. Analysis of the market of crackers sold in trading enterprises of the city of Kinel. N.V. Pozdnikova, O.A. Blinova, A.P. Trots, A.N. Makushin. Successes of modern science and education, 2016, vol. 1, no. 3, pp. 13-14.

2. Baturin V.V. Anti-Russian economic sanctions and import substitution problems in the context of modern international competition. *Bulletin of Eurasian Science*, 2019, vol. 11, no. 2, p. 5.
3. Borieva L.Z., Bischokova F.A., Shogenova I.B. Formation of cracker quality indicators using non-traditional raw materials. *New technologies*, 2020, no. 1, pp. 20-29.
4. Kaluzhskikh A.G., Bykovskaya E.I. The influence of cardamom use on organoleptic parameters and the storage process of wheat bread. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, 2023, no. 4, pp. 139-143.
5. Kaluzhskikh A.G., Dolgopolova N.V., Kotelnikova M.N. Investigation of the possibility of using rosemary in bread production technology. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, 2021, no. 4, pp. 25-31.
6. Kovaleva D.A., Kovaleva A. E. Substantiation of the use of buckwheat flour and cheese in the formulation of crackers. *New conceptual approaches to solving the global problem of food security in modern conditions: collection of scientific articles of the 9th International Scientific and Practical Conference, Kursk, November 12, 2021. Southwestern State University. Kursk: Southwestern State University, 2021, pp. 217-220.*
7. Kovaleva A.E., Ryazantseva A.S. Formulation development of crackers enriched with vegetable raw materials. *Problems and prospects of Russia's development: a youth look into the future: collection of scientific articles of the 2nd All-Russian Scientific Conference, Kursk, October 17-18, 2019. Southwestern State University; Moscow Polytechnic University; Ryazan State University P.A. Kostychev Agrotechnological University. Volume 3. Kursk: Southwestern State University, 2019, pp. 157-161.*
8. Naumenko N. V., Ashmarina E.A. The influence of raw materials on the rheological characteristics of dough and the quality of bakery products. *Bulletin of the South Ural State University*, 2018, no. 1, pp. 60-68.
9. Nechushkina A.D., Alshevskaya M.N. Substantiation of the possibility of using carrot cake and rice flour in the technology of flour confectionery products such as «crackers». *Bulletin of Youth Science*, 2021, no. 3(30).
10. Food ration and chronophysiological features of students' eating behavior. R.O. Budkevich, E.V. Budkevich, O.E. Bakumenko, I.A. Evdokimov. *Functional foods: scientific foundations of development, production and consumption: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Moscow, October 30-31, 2019. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution «V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems» of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 62-66.*
11. Development of a recipe for a cracker of increased nutritional value. E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, A.S. Ryazantseva, A.A. Manshin. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, 2021, no. 4, pp. 10-16.
12. Boev S., Varavin V., Trubnikov V. et al. The influence of gluten-free flour mixture and burdock root on the organoleptic parameters and porosity of bread. *E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agricultural Technologies, Environmental Management and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, March 29-31, 2023, vol. 390. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023, p. 02041.*
13. Boev S., Trubnikov V. Investigation of the effect of wheat germ flour and egg albumin on bread quality indicators. *E3s Web Conferences : X International Conference on Advanced Agricultural Technologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29-30, 2024. Les Ulis: EDP Sciences, 2024, p. 02026.*

Информация об авторах

А.Г. Калужских – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров;

В.Н. Трубников – кандидат технических наук, доцент кафедры процессы и машины в агроинженерии;

И.В. Чуваев – обучающийся.

Information about the authors

A.G. Kaluzhskikh – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

V.N. Trubnikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Machines in Agroengineering;

I.V. Chuvaev – Student.

Научная статья

УДК 664.691: 006.053

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-45-55

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Матвеев Дмитрий Александрович

Мичуринский государственный аграрный университет, Тамбовская область,

Мичуринск, Россия

www.matveev_dima@mail.ru

Аннотация. В рамках исследования было необходимо провести технико-экономическую оценку линии производства макаронных изделий функционального назначения. Дефицит витаминов и микроэлементов – весомая проблема для жителей нашей страны, с которой сталкивается значительная часть населения. Причём недостаток не обязательно связан с проживанием в отдалённых несельскохозяйственных регионах или временем года, в большинстве случаев это является следствием несбалансированного питания. В этой связи широкое применение нашли функциональные продукты питания с повышенным содержанием целевых компонентов, которые представляют собой обогащённые классические продукты, например, макаронные изделия. Благодаря введению таких продуктов в рацион можно восполнить имеющиеся дефициты, не меня своих пищевых привычек. Также такие продукты подойдут для составления специальных рационов (геродиетические, детские, для спортсменов и болеющих), а также для питания людей, проживающих или находящихся в местах, до которых затруднена или невозможна доставка свежих овощей и фруктов. Наиболее целесообразным является производить обогащающие добавки из растительного сырья, поскольку они содержат функциональные компоненты в известном для организма легкоусвояемом виде. В ранее проведённых исследованиях разработаны рецептуры функциональных макаронных изделий с высокой антиоксидантной активностью, для производства которых разработана представленная в статье технологическая линия. В отличие от классической она дополнительно содержит стадии вакуумной сушки, вакуумного экстрагирования и вакуумного измельчения. Известно, что вакуумные технологии производства обогащающих добавок из растительного сырья позволяют сохранить максимальное количество биологически активных веществ при достижении максимальной эффективности процесса переработки. Проведена оценка годового экономического эффекта от предложенной модернизации и срока окупаемости капиталовложений, которые составили 1310179 руб. и 1,76 года соответственно. При этом средняя розничная заводская цена 450 граммовой пачки макаронных изделий составит 44 руб., что даже при розничной продаже в магазине не будет превышать стоимость такой же пачки в среднем ценовом сегменте.

Ключевые слова: лапша, макаронные изделия, функциональные продукты питания, биологически активные вещества, технико-экономическая оценка

Для цитирования: Матвеев Д.А. Техничко-экономическая оценка линии производства функциональных макаронных изделий // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 45-55. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-45-55>.

Original article

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL PASTA PRODUCTION LINE

Dmitry A. Matveev

Michurinsk State Agrarian University, Tambov region, Michurinsk, Russia

www.matveev_dima@mail.ru

Abstract. As part of the study, it was necessary to carry out a technical and economic assessment of the pasta production line for functional purposes. Deficiency of vitamins and trace elements is a significant problem for the inhabitants of our country, which is faced by a significant part of the population. Moreover,

the disadvantage is not necessarily related to living in remote non-agricultural regions or the time of the year, in most cases this is a consequence of an unbalanced diet. In this regard, functional food products with a high content of target components, which are enriched classic products, such as pasta, have found wide application. By introducing such products into the diet, it is possible to make up for existing deficiencies without changing your eating habits. Such products are also suitable for making special diets (herodic, children's, for athletes and those who are ill), as well as for feeding people living or staying in places where it is difficult or impossible to deliver fresh vegetables and fruits. It is most advisable to produce enriching additives from plant raw materials, since they contain functional components in an easily digestible form known to the body. In previous studies, formulations of functional pasta with high antioxidant activity have been developed, for the production of which the technological line presented in the article has been developed. Unlike the classical one, it additionally contains the stages of vacuum drying, vacuum extraction and vacuum grinding. It is known that vacuum technologies for the production of enriching additives from plant raw materials make it possible to preserve the maximum amount of biologically active substances while achieving maximum efficiency of the processing process. The assessment of the annual economic effect of the proposed modernization and the payback period of investments, which amounted to 1310179 rubles and 1.76 years, respectively, was carried out. At the same time, the average retail factory price of a 450-gram pack of pasta will be 44 rubles, which, even with retail sales in the store, will not exceed the cost of the same pack in the average price segmen.

Keywords: *noodles, pasta, functional foods, biologically active substances, technical and economic assessment.*

For citation: *Matveev D.A. Technical and economic assessment of the functional pasta production line. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 2(36), pp. 45-55. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-45-55>.*

Введение

По различным оценкам от 20 до 60% населения нашей страны страдает от дефицита необходимых витаминов и микроэлементов в организме. Достаточно сложно определить точное значение этого показателя, однако очевидно, что значительная часть граждан страдает от недополучения витаминов. Причём описанная проблема наблюдается не только у жителей отдалённых регионов, но и в связи с переходными временами года [11]. При этом недостаточное потребление витаминов ассоциировано с рядом заболеваний, помимо непосредственно гиповитаминоза [4, 7]. Так, например, по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) в 2023 году, болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ в 2023 году наблюдались у 2053,4 тыс. человек. При этом за последние 4 года этот показатель увеличился на несколько сотен тысяч.

Стоит отметить, что в нормальном состоянии недостаток требуемых витаминов и микроэлементов наиболее целесообразно восполнять за счёт качественного сбалансированного питания, поскольку правильно выстроенный рацион содержит все необходимые компоненты в требуемом количестве [8]. Однако в ряде случаев это невозможно, поскольку, например, в регионах далёких от районов возделывания сельскохозяйственных культур цена даже самых распространённых овощей и фруктов может достигать до нескольких тысяч за килограмм, что связано со сложностью транспортировки и хранения. Также весомой проблемой является недостаток витаминов и микроэлементов у детей [6, 12], пищевые предпочтения которых зачастую не позволяют выстроить сбалансированный рацион.

Широкое распространение во всём мире получило применение обогащение продуктов питания или «витаминация» при помощи добавок, произведённых из растительного материала. Таким образом, модифицированный продукт становится функциональным, то есть по ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные. Продукция диетического профилактического питания. Общие технические условия, продуктом, в котором «содержание каждого пищевого продукта или биологически активного вещества в 100 см³ или 100 г, или разовой порции пищевого продукта должно составлять не менее 15% от уровня суточного потребления».

Благодаря функциональным продуктам питания можно внести значительное количество витаминов и микроэлементов, получаемых из растительного сырья, в рацион питания че-

ловека. Причём это можно делать, не изменяя пищевых привычек, посредством модифицирования состава привычных пищевых продуктов, таких как макаронные изделия. Также благодаря этому возможно значительно улучшить рацион питания людей, находящихся в условиях отсутствия свободного доступа к большому количеству фруктов и овощей, поскольку модифицированные продукты при схожей насыщенности функциональными компонентами значительно лучше хранятся и легче транспортируются. Помимо этого функциональное питание позволяет разрабатывать продукты, адаптированные для питания различных групп населения – беременных женщин, пожилых людей, спортсменов и тех, кто имеет определенные заболевания.

Однако процесс витаминизации продуктов питания сопряжен с рядом трудностей, из-за чего такое решение критикуется некоторыми исследователями [9]. Значительная часть функциональных компонентов, содержащихся в растительном сырье, термолабильны и неустойчивы к окислению, из-за чего значительная их часть теряется в процессе получения добавок, а также при приготовлении функционального продукта питания из полуфабриката. Из-за чего возникает необходимость в щадящей технологии переработки растительного материала, сохраняющей максимальное количество биологически активных веществ.

Одним из лучших технологических решений для переработки растительного сырья при производстве функциональных продуктов являются вакуумные технологии [2,3,5,9,10]. Организация разрежения позволяет интенсифицировать процессы, без потери качества готового продукта, благодаря явлению низкотемпературного кипения, которое позволяет производить процессы переработки (сушку и экстрагирование) с сохранением максимального количества биологически активных веществ.

Цель исследования – технико-экономическое обоснование линии производства функциональных макаронных изделий, включающей производство добавок из растительного материала.

Материалы и методы исследований

На базе НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» и ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения» в декабре 2023 – январе 2024 года были проведены исследования и разработаны рецептуры макаронных изделий, обладающие повышенной антиоксидантной активностью [1].

В рамках проведённых экспериментальных исследований были определены три оптимальные рецептуры с наивысшей антиоксидантной ценностью (табл. 1) [1].

Таблица 1. Состав и антиоксидантная ценность наиболее эффективных рецептур функциональных макаронных изделий

№ рецептуры	Состав, г.	Антиоксидантная ценность, мг/100 г.
1	Мука из твёрдых сортов пшеницы – 87,0, тыква «Мичуринская» порошок – 10, мука нута – 3, экстракт черноплодной рябины – 50.	78,82
2	Мука из мягких сортов пшеницы – 87,0, порошок из тыквы «Мичуринская» – 10, мука нута – 3, экстракт чеснока «Юбилейный Грибовский» – 50	83,07
3	Мука из мягких сортов пшеницы – 87,0, тыква порошок «Мичуринская» – 10, мука нута – 3, экстракт шелухи чеснока «Юбилейный Грибовский» – 50.	77,08

Для производства макаронных изделий по представленным рецептурам необходимо разработать технологическую линию. Наиболее целесообразно сделать это при помощи модернизации технологической линии производства базовых макаронных изделий посредством внедрения в неё ступеней вакуумного измельчения, вакуумной сушки и вакуумного экстрагирования. Это обуславливается использованием экстрактов и порошков из местного растительного материала, что невозможно найти в свободной продаже. Стадия вакуумного измельчения обусловлена требованием к мелкодисперсности порошков, размер фракции которых должен соответствовать используемой муке. Вакуумное измельчение позволяет наиболее эффективно производить измельчение растительного материала до порошка за счёт постоянного удаления частиц, достигших заданного размера [3].

Таким образом, разработанная технологическая схема линии по производству растительных экстрактов будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

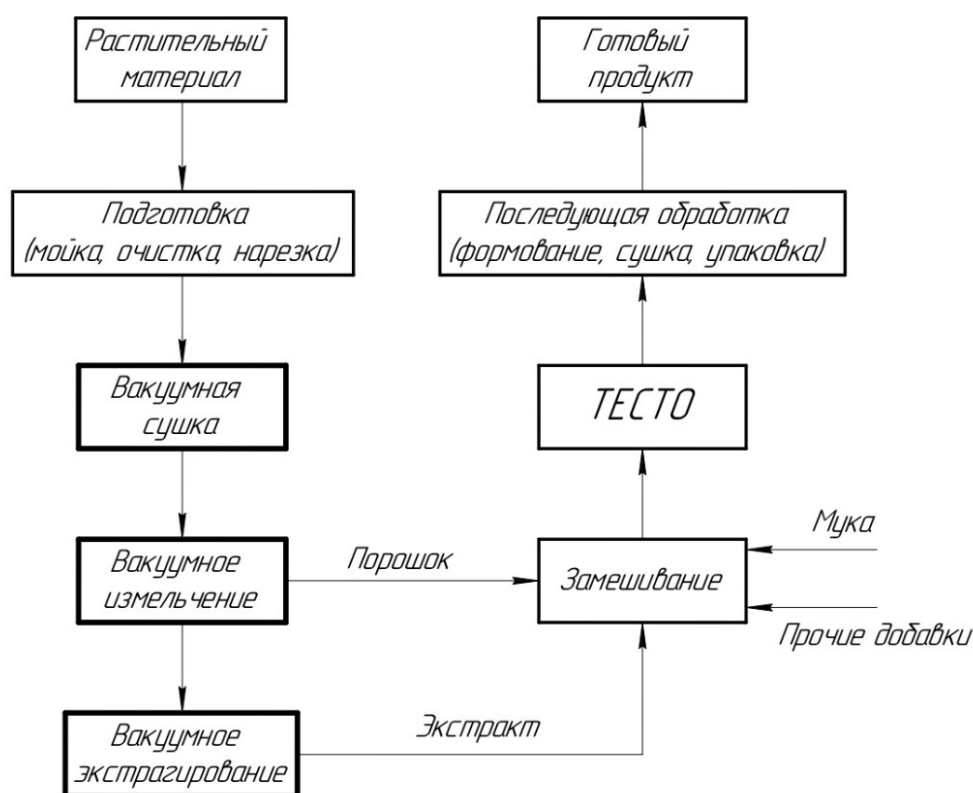


Рисунок 1. Технологическая схема производства макаронных изделий функционального назначения

Исследования по оценке экономического эффекта линии производства макаронных изделий функционального назначения проводились на базе НОЦ ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» в декабре 2024 – январе 2025 года, соответственно в расчётах использованы цены на продукты и тарифы, актуальные на время исследования. На основании известных правил и методов автором разработана методика технико-экономической оценки разработанной линии производства функциональных макаронных изделий.

Для представленной линии производства функциональных макаронных изделий необходимо оценить годовой экономический эффект и срок окупаемости капиталовложений для определения эффективности внедрения в производство представленных технологических решений. Особенности предлагаемой линии предполагают её внедрение посредством модернизации существующего производства. Таким образом, для организации выпуска функциональных макаронных изделий необходимо установить вакуумную сушилку, вакуумный экстрактор, вакуумный измельчитель и соответствующее количество вакуум-насосов.

Процесс измельчения требует невысокой мощности вакуумного насоса, что в свою очередь позволяет производить организацию вакуума в измельчителе и в вакуумном су-

шильном шкафу за счёт общего насоса, что снизит капитальные затраты на покупку дополнительного насоса и соответствующего оборудования.

В итоге капиталовложения (Кв) [руб.] будут состоять из стоимости двух вакуумных насосов и дополнительного оборудования к ним для рециркуляции жидкости, вакуумного измельчителя, двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушилки (ДКВИС), состоящей из конвективной лотковой ступени и вакуумных шкафов и вакуумного экстрактора. При этом стоимость оборудования будет зависеть от требуемой суточной производительности линии.

Срок окупаемости ($T_{ок}$) оценим из соотношения:

$$T_{ок} = \frac{K_e}{\mathcal{E}_e}, \quad (1)$$

где $T_{ок}$ – срок окупаемости, год;

$\mathcal{E}_e$ – годовой экономический эффект, руб.

Годовой экономический эффект рассчитаем, как разницу прибыли от реализации функциональных и базовых макаронных изделий:

$$\mathcal{E}_e = (V_\phi \cdot C_\phi - C_\phi) - (V_\phi \cdot C_\phi - C_\phi), \quad (2)$$

где V_ϕ – объем производства функциональных макаронных изделий, т;

C_ϕ – цена реализации 1 т функциональных макаронных изделий, руб.;

C_ϕ – себестоимость реализации 1 т функциональных макаронных изделий, руб.;

V_ϕ – объем производства базовых макаронных изделий, т;

C_ϕ – цена реализации 1 т базовых макаронных изделий, руб.;

C_ϕ – себестоимость реализации 1 т базовых макаронных изделий, руб.;

Себестоимость макаронных изделий будет представлять собой сумму затрат на сырье и производство. Для базового варианта себестоимость по сырью будет определяться затратами на воду питьевую, подготовленную и муку из твердых сортов пшеницы.

Относительно базовых, себестоимость функциональных изделий повышается в связи с увеличением затрат на сырье, при этом она будет различной для вышеперечисленных рецептов.

Таким образом, для расчетов себестоимости по сырью сведём все компоненты составов оптимальных рецептов, приведённых в табл. 1 в табл. 2 и присвоим им обозначения.

Таблица 2. Сводная таблица компонентов оптимальных рецептов

Компонент	Цена грамма, руб	Потребность сырья на порцию сырого теста, грамм (120 грамм)
Рецептура 1		
Мука из твёрдых сортов пшеницы	$C_{K11} = 0,03$	$P_{K11} = 87$
Тыква сорта «Мичуринская»	$C_{K12} = 0,05$	$P_{K12} = 55,89$
Мука нута	$C_{K13} = 0,087$	$P_{K13} = 3$
Вода для экстрагирования	$C_{K14} = 0,002$	$P_{K14} = 0,5$
Черноплодная рябина сорта «Мулатка»	$C_{K15} = 1$	$P_{K15} = 50$

Рецептура 2		
Мука пшеничная хлебопекарная	$C_{K21} = 0,03$	$P_{K21} = 87$
Тыква сорта «Мичуринская»	$C_{K22} = 0,05$	$P_{K22} = 55,89$
Мука нута	$C_{K23} = 0,087$	$P_{K23} = 3$
Вода для экстрагирования	$C_{K24} = 0,002$	$P_{K24} = 0,5$
Чеснок сорта «Юбилейный Грибовский»	$C_{K25} = 1$	$P_{K25} = 50$

Здесь необходимо отметить, что для сырья тыквы, черноплодной рябины и чеснока расчёт себестоимости ведётся относительно потребности в объёме сырья до переработки, при этом тыквы необходимо взять в количестве, необходимом для производства требуемого количества порошка, что можно определить исходя из начальной влажности сырья и конечной влажности установленной для производства порошка, а для черноплодной рябины и чеснока потребность определяется из оптимального соотношения сырья и экстрагента в процессе экстрагирования.

Отметим, что себестоимость третьей рецептуры будет равна себестоимости второй, за вычетом стоимости чеснока, поскольку шелуха чеснока в требуемом объёме фактически бесплатна ввиду покупки чеснока, для производства изделий по второй рецептуре.

Также себестоимость каждой рецептуры должна учитывать повысившиеся затраты на электроэнергию и амортизацию оборудования (АО) [руб], которую наиболее целесообразно рассчитывать в таком случае, исходя из объёма производства по формуле:

$$AO = (ПС - ЛС) \cdot \frac{V_T}{V_{общ}}, \quad (3)$$

где ПС – первоначальная стоимость, руб.; ЛС – ликвидационная стоимость, руб.;

V_T – объём производства в текущем периоде, т;

$V_{общ}$ – объём производства за весь срок эксплуатации оборудования, т.

Результаты исследований и их обсуждение

Рассчитаем срок окупаемости капиталовложений для предприятия, производящего 600 т макаронных изделий в год.

Данные для расчёта представлены в табл. 3.

Таблица 3. Данные для расчёта окупаемости капиталовложений на модернизацию линии производства макаронных изделий

Позиция	Стоимость, руб.
Капиталовложения	
Два вакуумных насоса со вспомогательным оборудованием	600 000
Вакуумный измельчитель	200 000
ДКВИС	1 000 000

Вакуумный экстрактор	500 000
Сумма капиталовложений	2 300 000
Себестоимость	
1 кВт·ч электроэнергии по тарифу для юридических лиц в Тамбовской области	5,3
1 м ³ питьевой воды по тарифу для юридических лиц в Тамбовской области	35,41
Мука пшеничная из твёрдых сортов, 1 кг	30
Мука пшеничная хлебопекарная, 1 кг	20
Тыква, 1 кг	50
Мука нута, 1 кг	87
Рябина черноплодная, 1 кг	200
Чеснок, 1 Кг	65

Примем срок службы оборудования 10 лет и ликвидационную стоимость (ЛС) [руб] в размере 10% от первоначальной стоимости, то есть по формуле (4):

$$ЛС = ПС \cdot 0,10. \quad (4)$$

Тогда ЛС = 2300000 · 0,10 = 230000 руб.

Тогда амортизация по формуле (3):

$$АО = (2300000 - 230000) \cdot \frac{600}{6000} = 207000 \text{ руб/год.}$$

Годовую стоимость электроэнергии $Ц_э$ определим как произведение суммарной мощности нового оборудования N , кВт (для такой производительности она будет равна 10 кВт), тарифа на электроэнергию $Ц_{эл}$, времени работы в сутки $T_{сут}$ (8 ч) и количества рабочих дней в году $n_{рд}$ (247) по формуле (5):

$$Ц_э = N \cdot Ц_{эл} \cdot T_{сут} \cdot n_{рд}, \quad (5)$$

Тогда $Ц_э = 10 \cdot 5,3 \cdot 8 \cdot 247 = 104728$ руб.

Определим себестоимость по компонентам C_{ϕ}^k (руб) для каждой из рецептур функциональных макаронных изделий.

Для первой на 120 грамм готового продукта (мука из твёрдых сортов пшеницы + тыква + мука нута + вода + черноплодная рябина) по формуле (6):

$$C_{\phi 1}^k = \sum_{i=1}^{15} Ц_{ki} \cdot П_{ki}, \quad (6)$$

где $Ц_{ki}$ – цена грама i -ого компонента, руб;

$П_{ki}$ – потребность i -ого компонента, руб.

Тогда $C_{\phi 1}^k = 87 \cdot 0,03 + 55,89 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,087 + 50 \cdot 0,002 + 0,5 \cdot 1 = 6,3$ руб.

На 300 т готового продукта (третья часть от годовой производительности) по формуле (7):

$$C_{\phi 1}^{k'} = C_{\phi 1}^k \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300, \quad (7)$$

где 8,3 – коэффициент нормирования к кг;

1000 – коэффициент нормирования к т;

300 – расчётное количество т сырья.

Тогда $C_{\phi 1}^{\kappa'} = 6,3 \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300 = 15687000$ руб.

Для второй на 120 г готового продукта (мука из мягких сортов пшеницы + тыква + мука нута + вода + чеснок) по формуле (8):

$$C_{\phi 2}^{\kappa} = \sum_{i=21}^{25} \Pi_{\kappa i} \cdot \Pi_{\kappa i}, \quad (8)$$

Тогда $C_{\phi 2}^{\kappa} = 87 \cdot 0,03 + 55,89 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,087 + 50 \cdot 0,002 + 0,5 \cdot 1 = 4,99$ руб.

На 300 т готового продукта по формуле (9):

$$C_{\phi 2}^{\kappa'} = C_{\phi 2}^{\kappa} \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300, \quad (9)$$

Тогда $C_{\phi 2}^{\kappa'} = 4,99 \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300 = 12425100$ руб.

Для третьей на 120 г готового продукта (мука из мягких сортов пшеницы + тыква + мука нута + вода) по формуле (10):

$$C_{\phi 3}^{\kappa} = \sum_{i=21}^{24} \Pi_{\kappa i} \cdot \Pi_{\kappa i}, \quad (10)$$

Тогда $C_{\phi 3}^{\kappa'} = 4,93 \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300 = 12275700$ руб.

На 300 тонн готового продукта по формуле (11):

$$C_{\phi 3}^{\kappa'} = C_{\phi 3}^{\kappa} \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300, \quad (11)$$

Тогда $C_{\phi 3}^{\kappa'} = 4,93 \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 300 = 12275700$ руб.

Оценим неучтённую часть производственных расходов на изготовление функциональных макаронных изделий, которая будет равна производственным расходам по базовой технологии. Определим их регрессионным методом, исходя из средней стоимости немодернизированных по составу макаронных изделий на оптовом рынке (35 руб/кг).

Определим себестоимость по компонентам для базовых изделий C_6^{κ} (руб).

На 120 г готового продукта (мука + вода) по формуле (12):

$$C_6^{\kappa} = \Pi_{\kappa 11} \cdot \Pi_{\kappa 11} + \Pi_{\kappa 14} \cdot \Pi_{\kappa 14}, \quad (12)$$

Тогда $C_6^{\kappa} = 100 \cdot 0,03 + 50 \cdot 0,002 = 3,1$ руб.

На 600 т по формуле (13):

$$C_6^{\kappa'} = C_6^{\kappa} \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 600, \quad (13)$$

Тогда $C_6^{\kappa'} = 3,1 \cdot 8,3 \cdot 1000 \cdot 600 = 1543800$ руб.

Таким образом, производственные расходы на производство базовых макаронных изделий $ПР_6$ 600 т макаронных изделий рассчитаем как разность полной стоимости, наценки (установим ей в размере 15% от полной стоимости) и себестоимости по компонентам по формуле (14):

$$ПР_6 = 35 \cdot 1000 \cdot 600 - (35 \cdot 1000 \cdot 600) \cdot 0,15 - C_6^{\kappa'}, \quad (14)$$

Тогда $ПР_6 = 21000000 - 21000000 \cdot 0,15 - 1543800 = 2412000$ руб.

Полные производственные расходы на производство 600 т функциональных макаронных ($ПР_{\phi}$) [руб] изделий определим как сумму производственных расходов на производство базовых макаронных изделий и годовую потребность в электроэнергии, амортизацию, а также заработную плату двух рабочих (70000 руб/месяц с учетом налоговых и социальных отчислений) на которые увеличились производственные расходы при модернизации технологической линии по формуле (15):

$$ПР_{\phi} = ПР_6 + АО + \Pi_9 + 3П, \quad (15)$$

Тогда $ПР_{\phi} = 2412000 + 207000 + 104728 + 840000 = 5426728$ руб.

Таким образом, полная себестоимость производства 600 т функциональных макаронных изделий по формуле (16):

$$C_{\phi} = \text{ПР}_{\phi} + C_{\phi 1}^{\kappa'} + C_{\phi 2}^{\kappa'} + C_{\phi 3}^{\kappa'}, \quad (16)$$

Тогда $C_{\phi} = 5426728 + 15687000 + 12425100 + 12275700 = 45814528$ руб.

Цену реализации Π_{ϕ} 600 т макаронных изделий установим, добавив 15% наценку относительно себестоимости по формуле (17):

$$\Pi_{\phi} = C_{\phi} + C_{\phi} \cdot 0,15, \quad (17)$$

Тогда $\Pi_{\phi} = 45814528 + 45814528 \cdot 0,15 = 52686707$ руб.

Таким образом, годовой экономический эффект $\mathcal{E}_r$ по формуле (2) составит:

$$\mathcal{E}_r = (52686707 - 45814528) - (21000000 - 15438000) = 1310179 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости по формуле (1) составит:

$$T_{ок} = \frac{2300000}{1310179} = 1,76 \text{ г.}$$

Для оценки эффективности разработанной линии результаты указанных расчётов сведём в табл. 4.

Таблица 4. Сводная таблица результатов расчётов по оценке технико-экономической эффективности линии производства функциональных макаронных изделий

Параметр	Результат, руб
Капиталовложения	2 300 000
Амортизация оборудования	207 000
Себестоимость по компонентам 300 тонн макаронных изделий произведённых по 1 рецептуре	15 687 000
Себестоимость по компонентам 300 тонн макаронных изделий произведённых по 2 рецептуре	12 425 100
Себестоимость по компонентам 300 тонн макаронных изделий произведённых по 3 рецептуре	12 275 700
Производственные расходы на производство 600 тонн функциональных макаронных изделий	5 426 728
Полная себестоимость производства 600 тонн макаронных изделий	45 514 528
Цена реализации 600 тонн функциональных макаронных изделий	52 686 707
Годовой экономический эффект	1 310 719
Срок окупаемости капиталовложений	1,76 года

На основании проведённых расчётов видно, что затраченные капиталовложения окупятся менее чем через два года, что является хорошим результатом для такой значительной модернизации. Стоит отметить, что реальные значения могут быть больше расчётных за счёт неучтённых расходов, например, маркетинговых затрат на внедрение новых сортов или получения необходимой для производства документации. Однако это не может значительно увеличить срок окупаемости до уровня нерентабельности.

Для указанных рецептур средняя стоимость 450 г готового продукта (классическая розничная упаковка) составит 44 руб., что даже при увеличении стоимости в два раза при продаже в розничных сетях не значительно превышает средний ценовой сегмент, благодаря чему разработанные функциональные макаронные изделия могут пользоваться значительным спросом, что позволит реализовывать изделия в полном объеме производства.

Выводы

1. Функциональные макаронные изделия являются прекрасным способом внедрения в рацион обогащенных продуктов питания и восполнения дефицитов нутриентов.
2. Разработанная линия производства макаронных изделий функционального назначения позволяет получать растительные добавки в рамках одного производства, а также изготавливать растительные добавки из нетрадиционного сырья, порошки и экстракты которых невозможно найти в необходимых для производства количествах с максимальным сохранением биологически активных веществ и функциональных компонентов и с минимальными затратами энергии.
3. В результате экономической оценки предлагаемой модернизации определено, что при капиталовложениях в размере 2300000 руб., технологическая линия с объемом производства 600 тонн в год при годовой себестоимости 45514528 руб. и цене реализации всего объема произведенной продукции 52686707 руб. показывает годовой экономический эффект в размере 1310179 руб., при этом срок окупаемости капиталовложений составит 1,76 года.

Список источников

1. Анализ качества рецептуры лапши функционального назначения с применением растительных материалов / Ю. В. Родионов, А. В. Майстренко, Г. В. Рыбин [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024. № 1. С. 97-103.
2. Вакуумная сушка растительных материалов / Ю. В. Родионов, С. И. Данилин, Г. В. Рыбин [и др.] // Наука в центральной России. 2024. № 3(69). С. 7-15.
3. Вакуумные технологии производства порошков и экстрактов из овощей, плодов и ягод для функциональных продуктов питания / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, О. А. Зорина [и др.] // Наука в центральной России. 2023. № 1(61). С. 55-65.
4. Громова О. А., Торшин И. Ю., Тетруашвили Н. К. Витамины и микроэлементы в профилактике малых пороков развития // Акушерство и гинекология. 2017. № 8. С. 10-20.
5. Гуськов А. А., Рыбин Г. В. Перспективные технологии переработки побочной продукции растениеводства // Пищевые системы. 2021. Т. 4. № 3S. С. 71-74.
6. Жерносек В. Ф. Дефицит витаминов и минералов у детей и способы его коррекции // Медицинские новости. 2015. №9 (252).
7. Зеленская Е.М., Лифшиц Г.И. Генетические предпосылки снижения концентрации ретинола в сыворотке крови // Фармакогенетика и фармакогеномика. 2019. №1.
8. Коденцова В. М., Рисник Д. В., Ладодо О. Б. Потребление витаминов: вклад отдельных пищевых продуктов и последствия различных диет // Медицинский оппонент 2021. № 1 (13). С. 48-56.
9. Коденцова В. М. Об обогащении пищевых продуктов витаминами // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 4. С. 87-90.
10. Переработка репчатого лука сорта Стригуновский местный при помощи экстрагирования / Ю. В. Родионов, Г. В. Рыбин, А. А. Гуськов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 142-147.
11. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации / В. М. Коденцова, Н. А. Бекетова, Д. Б. Никитюк, В. А. Тутельян // Профилактическая медицина. 2018. Т. 21. № 4. С. 32-37.
12. Appropriate and inappropriate vitamin supplementation in children / L. Martini, L. Pecoraro, C. Salvottini, G. Piacentini, R. Atkinson, A. Pietrobelli // J Nutr Sci. 2020. Vol. 9. E20.

References

1. Analysis of the quality of functional noodles formulation using plant materials. Yu. V. Rodionov, A.V. Maistrenko, G. V. Rybin [et al.]. Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products, 2024, no. 1, pp. 97-103.
2. Vacuum drying of plant materials. Yu. V. Rodionov, S. I. Danilin, G. V. Rybin [et al.]. Science in Central Russia, 2024, no. 3(69), pp. 7-15.
3. Vacuum technologies for the production of powders and extracts from vegetables, fruits and berries for functional food products. Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, O. A. Zorina [et al.]. Science in central Russia, 2023, no. 1(61), pp. 55-65.
4. Gromova O. A., Torshin I. Yu., Tetrushvili N. K. Vitamins and trace elements in the prevention of small malformations. Obstetrics and gynecology, 2017, no. 8, pp. 10-20.
5. Guskov A. A., Rybin G. V. Promising technologies for processing by-products of crop production. Food systems, 2021, vol. 4, no. 3s, pp. 71-74.
6. Zhernosek V. F. Vitamin and mineral deficiency in children and ways to correct it. Medical news, 2015. no. 9 (252).
7. Zelenskaya E.M., Lifshits G.I. Genetic prerequisites for reducing retinol concentration in blood serum. Pharmacogenetics and pharmacogenomics, 2019, no. 1.
8. Kodentsova V. M., Risnik D. V., Ladodo O. B. Vitamin intake: the contribution of individual foods and the effects of different diets. Medical Opponent, 2021, no. 1 (13), pp. 48-56.
9. Kodentsova V. M. On fortification of food products with vitamins. Nutrition issues, 2016, vol. 85, no. 4. pp. 87-90.
10. Processing of onions of the Strigunovsky local variety by extraction. Yu. V. Rodionov, G. V. Rybin, A. A. Guskov [et al.]. Agrarian Scientific Journal, 2023, no. 2, pp. 142-147.
11. Characteristics of vitamin supply in the adult population of the Russian Federation. V. M. Kodentsova, N. A. Beketova, D. B. Nikityuk, V. A. Tutelyan. Preventive medicine, 2018, vol. 21, no. 4. pp. 32-37.
12. Appropriate and inappropriate vitamin supplementation in children. L. Martini, L. Pecoraro, C. Salvottini, G. Piacentini, R. Atkinson, A. Pietrobelli. J Nutr Sci, 2020, vol. 9, e20.

Информация об авторе

Д.А. Матвеев – соискатель.

Information about the author

D.A. Matveev – Applicant.

Научная статья

УДК 637.524.5

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-56-66

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА В РЕЦЕПТУРАХ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ СЫРОВАЯЛЕННЫХ КОЛБАС

Моисеева Надежда Егоровна¹, Гиро Татьяна Михайловна², Мокрецов Иван Валериевич³,
Сухов Максим Александрович⁴, Пьяникова Эльвира Анатольевна⁵,
Ковалева Анна Евгеньевна⁶✉

^{1,3,4}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова, Саратовская область, Саратов, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Московская область, Москва, Россия

^{5,6}Юго-Западный государственный университет, Курская область, Курск, Россия

¹n.moiseeva.73@mail.ru

²girotm@sgau.ru

³mokretsov@mail.ru

⁴maksim.suxow2012@yandex.ru

⁵alia1969@yandex.ru

⁶a.e.kovaleva@yandex.ru✉

Аннотация. Одной из тенденций перехода к здоровому образу жизни является правильное питание, которое в обязательном порядке должно содержать в себе мясо и различные продукты из него. Мясо является источником полноценного животного белка, витаминов, макро- и микроэлементов. В качестве обогащающего компонента витамином С используется порошок плодов шиповника. В приготовлении ферментированных сыровяленых колбас не используются высокотемпературные режимы термической обработки, что позволяет сохранить количество витамина С, поступающего в продукт из порошка плодов шиповника. Были исследованы различные процентные соотношения, вносимые в рецептуру модельных образцов сыровяленых колбас (образец №1 - 1,5 %, образец №2 - 2,5 %, образец №3 - 5,0 %). В процессе созревания-сушки определялись основные физико-химические показатели, влияющие на качество и микробиологическую безопасность готового продукта (активная кислотность – pH, массовая доля влаги – w, активность воды – aw), а также органолептические показатели. По результатам исследований, оптимальной дозировкой порошка плодов шиповника в рецептурах сыровяленых колбас является уровень в 2,5% (на 100 кг несоленого сырья). Потребление 100 г данного образца обеспечивает суточную потребность человека в витамине С на 50%. Экспериментально определено, что оптимальным сроком созревания-сушки для сыровяленых колбас является 12 суток. При этом готовый продукт обладает оптимальными физико-химическими показателями (pH=6,03, aw=0,8360, w=37,58%) и показателями микробиологической безопасности.

Ключевые слова: ферментированные сыровяленые колбасы, порошок плодов шиповника, витамин С, органолептические показатели, массовая доля влаги, активность воды, активная кислотность

Для цитирования: Обоснование использования плодов шиповника в рецептурах ферментированных сыровяленых колбас / Н.Е. Моисеева, Т.М. Гиро, И.В. Мокрецов, М.А. Сухов, Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 56-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-56-66>.

Original article

JUSTIFICATION OF THE USE OF ROSEHIP FRUITS IN THE FORMULATIONS OF FERMENTED CURED SAUSAGES

Nadezhda E. Moiseeva¹, Tatiana M. Giro², Ivan V. Mokretsov³, Maxim A. Sukhov⁴,
Elvira A. Pyanikova⁵, Anna E. Kovaleva⁶✉

^{1,3,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov region, Saratov, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow region, Moscow, Russia

^{5,6}Southwestern State University, Kursk region, Kursk, Russia

Abstract. One of the trends in the transition to a healthy lifestyle is proper nutrition, which must necessarily contain meat and various products from it. Meat is a source of complete animal protein, vitamins, macro- and microelements. Rosehip fruit powder is used as an enriching component with vitamin C. In the preparation of fermented cured sausages, high-temperature heat treatment modes are not used, which allows you to preserve the amount of vitamin C entering the product from rosehip fruit powder. Various percentages introduced into the formulation of model samples of cured sausages were studied (sample No. 1 - 1.5%, sample No. 2 - 2.5%, sample No. 3 - 5.0%). During the maturation-drying process, the main physico-chemical parameters affecting the quality and microbiological safety of the finished product were determined (active acid - pH, mass fraction of moisture - w, water activity – aw), as well as organoleptic parameters. According to the research results, the optimal dosage of rosehip fruit powder in the formulations of cured sausages is 2.5% (per 100 kg of unsalted cheese). Consumption of 100 g of this sample provides 50% of a person's daily vitamin C requirement. It has been experimentally determined that the optimal maturation and drying time for cured sausages is 12 days. At the same time, the finished product has optimal physico-chemical parameters (pH=6.03, aw=0.8360, w=37.58%) and microbiological safety indicators.

Keywords: fermented cured sausages, rosehip fruit powder, vitamin C, organoleptic parameters, mass fraction of moisture, water activity, active acidity

For citation: Justification of the use of rosehip fruits in the formulations of fermented cured sausages. N.E. Moiseeva, T.M. Giro, I.V. Mokretsov, M.A. Sukhov, E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 56-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-56-66>.

Введение

В последнее время появилась потребность в продуктах с заданными свойствами, повышенной биологической ценностью, способных обеспечивать организм человека необходимыми витаминами, минеральными веществами и микроэлементами, повышающими иммунитет. В число важнейших продуктов здорового питания, прежде всего, входят продукты животного происхождения. Об этом свидетельствуют рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, а также стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. [5, 11].

Во исполнение вышеуказанных документов необходимо разрабатывать и внедрять в производство технологии сыровяленых ферментированных продуктов иммуномодулирующего действия, обогащённых функциональными ингредиентами [14, 17].

Плоды шиповника (*лат. Fructus Rosae*) – лекарственное растительное сырьё, собранное в период созревания различных видов шиповника: майского, иглистого, даурского и др.

Плоды шиповника, благодаря содержанию в них большого количества витаминов и клетчатки, представляют интерес для производства функциональных продуктов питания. Помимо обилия витамина С (1000 мг% на 100 г сухого порошка – по Скурихину), в ягодах шиповника много витаминов группы В – тиамин, рибофлавин, фолиевая кислота. Также есть витамины РР, Е, К, А, дубильные вещества, фтор, хром, железо, марганец, цинк, медь, кальций, калий, магний [15, 16]. Есть яблочная, лимонная кислоты, пектины. Они оказывают общеукрепляющее действие, стимулируют неспецифическую сопротивляемость организма вредным воздействиям, ускоряют восстановление тканей, положительно влияют на углеводный и минеральный обмен веществ, обладают противовоспалительными свойствами. Усиливают гуморальный и клеточный иммунитет [2, 8].

Следует отметить, что содержание витаминов и других веществ в сырье растительного происхождения может варьировать в зависимости от климатических и географических условий произрастания, сезона, сорта, сроков хранения, последующей кулинарной и термической обработки и других факторов.

Предполагается, что введение в рецептуру сыровяленых колбас порошка плодов шиповника повысит общую биологическую ценность продукта (технологическая схема выработки ферментированных колбас не предполагает высокотемпературной термической обработки, следовательно, распад полезных веществ сводится к минимуму), обогатить конечный продукт витамином С в количествах, позволяющих позиционировать его как функциональный, а также будет способствовать ускорению процесса сушки колбас.

Цель исследования – определение оптимальной концентрации порошка плодов шиповника, добавляемого в рецептуры сыровяленых колбас.

Материалы и методы исследований

Разработка рецептов колбасы сыровяленой с использованием порошка плодов шиповника проводилась в 2024 г. на базе кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства» Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова. В качестве базовой во всех модельных экспериментах использовали рецептуру колбасы сырокопченой «Суджук» по ГОСТ 16131-86 Колбасы сырокопченые. Технические условия.

Выбор трех разных концентраций обоснован несколькими факторами:

- литературные данные по среднесуточной физиологической потребности человека в основных веществах и энергии (в частности по витамину С – 70 мг в сутки – по Скурихину);
- данные действующей нормативно-технической документации, дающие определение функциональному обогащенному пищевому продукту и количественные значения физиологически функциональных пищевых ингредиентов в таких продуктах (от 10 % до 50 % от суточной физиологической потребности);
- результаты математического моделирования рецептов посредством комплексного подхода к проектированию мясопродуктов заданного химического состава.

Таким образом, с учетом вышеперечисленных факторов, для модельных образцов выбраны следующие концентрации порошка плодов шиповника:

- 1,5 % (обеспечение суточной потребности в витамине С на 30 % при употреблении 100 г колбас);
- 2,5 % (обеспечение суточной потребности в витамине С на 50 %);
- 5,0 % (обеспечение суточной потребности в витамине С на 100 %) [1, 4, 7, 13].

На основе этого было разработано три модельных образца колбас, отличающихся друг от друга концентрацией порошка плодов шиповника (см. табл. 1).

Таблица 1. Рецептуры модельных образцов

Наименование сырья, пряностей и материалов	Нормы для колбас:		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Основное сырье, кг			
Говядина в/с	100,0	100,0	100,0
Пряности и материалы, г на 100 кг несоленого сырья			
Соль пищевая	1800,0	1800,0	1800,0
Смесь нитритно-посолочная	1200,0	1200,0	1200,0
Сахар белый	100,0	100,0	100,0
Перец черный молотый	100,0	100,0	100,0
Перец душистый молотый	50,0	50,0	50,0
Порошок плодов шиповника	1500,0	2500,0	5000,0

В качестве вспомогательного сырья в рецептуре использовали: соль пищевую по ГОСТ Р 51574-2018 Соль пищевая. Общие технические условия, смесь нитритно-посолочную по ГОСТ 58859-2020 Смеси нитритно-посолочные для мясной продукции. Технические условия, сахар белый по ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия, перец черный молотый по ГОСТ 29050-91 Пряности. Перец черный и белый. Технические условия, перец душистый молотый по ГОСТ ISO 973-2016 Пряности. Перец душистый [*Pimenta dioica* (L.) Merr.] в зернах или молотый. Технические условия, плоды шиповника высушенные, мелкого помола по ГОСТ 1994-93 Плоды шиповника. Технические условия.

В качестве колбасной оболочки для модельных образцов использовали натуральную оболочку диаметром 20-22 мм (черева баранья) по ГОСТ 34107-2017 Кишки бараньи и козы. Технические условия.

Приготовленный фарш подвергался созреванию в холодильной камере при температуре 0-4 °С, 24 ч. Затем фарш набивали в оболочку и полученные колбаски подвергали «теплой» осадке при температуре 20-22°С, 12 ч. После этого батончики перевешивали в климатическую камеру для созревания-сушки. Полный технологический цикл приготовления ферментированных сыровяленых колбас составил 14 суток.

Экспериментальные исследования основывались на оценке изменения комплекса физико-химических показателей в процессе созревания-сушки (активная кислотность – рН, массовая доля влаги – w, потери массы, активность воды – ав), а также органолептических показателей готовых изделий.

Исследования физико-химических показателей осуществляли на базе кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства» и лаборатории фундаментальных наук Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова. Массовую долю влаги (w, %) определяли на анализаторе МХ-50 (AnD, Япония) по стандартной методике при 180°С; активность воды (ав): сырья и модельных образцов в течение 7 суток созревания-сушки – на анализаторе АВК-10 (Вавиловский университет, Россия); модельных образцов после 7 суток сушки-созревания – на гигроскопическом анализаторе HygroPalmAw (Rotronic, Швейцария), активную кислотность (рН) потенциометрическим методом с использованием микропроцессорного рН-метра HI 213 (Hanna Instruments, Германия); органолептическую оценку проводили по ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки [3, 6].

Результаты исследований и их обсуждение

Процесс созревания-сушки проводили до достижения значений физико-химических показателей, обеспечивающих микробиологическую безопасность продуктов и представленных в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели мясного сырья и порошка плодов шиповника

Наименование показателя	Значение	
	говядина в/с	порошок плодов шиповника
Влагосвязывающая способность, % к мясу	51,85	-
Влагосвязывающая способность, % к общей влаге	67,45	-
Массовая доля влаги, %	72,0	7,03
Активная кислотность (рН)	5,39	4,49
Активность воды (ав)	0,9845	0,215

Посредством комплексного подхода к проектированию мясопродуктов заданного химического состава с использованием математического моделирования были разработаны рецептуры сыровяленых колбас, подвергнутых в дальнейшем процессу созревания-сушки. Сводные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Сводная таблица изменения физико-химических показателей в процессе созревания-сушки по результатам математического моделирования рецептур

Модельные образцы	pH	ав	w, %
Фарш			
После созревания (без шиповника)	5,85±0,02	0,9611±0,0002	70,12±0,02
Образец №1 (1,5% порошка шиповника)			
Фарш (0 сутки)	5,68±0,01	0,9608±0,0005	68,11±0,02
3 сутки	5,95±0,02	0,9512±0,0004	62,71±0,01
5 сутки	6,30±0,01	0,9405±0,0003	56,86±0,02
7 сутки	6,22±0,02	0,9132±0,0003	52,87±0,03
9 сутки	6,15±0,02	0,886±0,002	48,89±0,02
12 сутки	6,09±0,02	0,858±0,002	44,82±0,03
Образец №2 (2,5% порошка шиповника)			
Фарш (0 сутки)	5,65±0,01	0,9558±0,0005	67,71±0,03
3 сутки	5,80±0,02	0,9433±0,0003	61,65±0,02
5 сутки	5,93±0,02	0,9317±0,0004	55,53±0,02
7 сутки	6,07±0,01	0,8997±0,0005	49,51±0,01
9 сутки	6,05±0,02	0,869±0,003	43,44±0,03
12 сутки	6,03±0,01	0,836±0,002	37,58±0,02
Образец №3 (5% порошка шиповника)			
Фарш (0 сутки)	5,61±0,01	0,9494±0,0003	65,76±0,03
3 сутки	5,73±0,01	0,9363±0,0003	59,33±0,02
5 сутки	5,82±0,01	0,9232±0,0005	52,88±0,02
7 сутки	5,89±0,02	0,8851±0,0004	46,97±0,03
9 сутки	5,83±0,02	0,847±0,003	41,06±0,03
12 сутки	5,74±0,01	0,808±0,003	35,19±0,02

Одним из важнейших «барьерных» факторов для развития нежелательной микрофлоры при производстве сыровяленых продуктов является активная кислотность (pH). Показатель pH в пищевой микробиологии рассматривается как основной фактор, подавляющий рост нежелательной микрофлоры при его смещении в кислую сторону. В сыровяленых продуктах снижение pH обусловлено образованием молочной кислоты, вследствие деятельности молочнокислых бактерий [9, 10, 12]. Результаты изменения pH в модельных образцах фарша для сыровяленых колбас в процессе созревания-сушки представлены на рис. 1.

Из диаграммы рис. 1 видно, что в начале процесса (0 сутки – фарш), его значение смещается в кислую сторону при увеличении концентрации порошка плодов шиповника в рецептуре. Это обусловлено высоким содержанием в составе шиповника аскорбиновой кислоты (витамин С).

Далее значение показателя во всех образцах начинает расти. При этом в первом образце (1,5% шиповника), рост продолжается в течение 5 суток, а во втором (2,5% шиповника) и третьем (5% шиповника) – в течение 7 суток созревания-сушки. Разница в кислотности между тремя образцами сохраняется. Самое высокое значение у первого образца (1,5% шиповника), самое низкое – у третьего образца (5% шиповника).

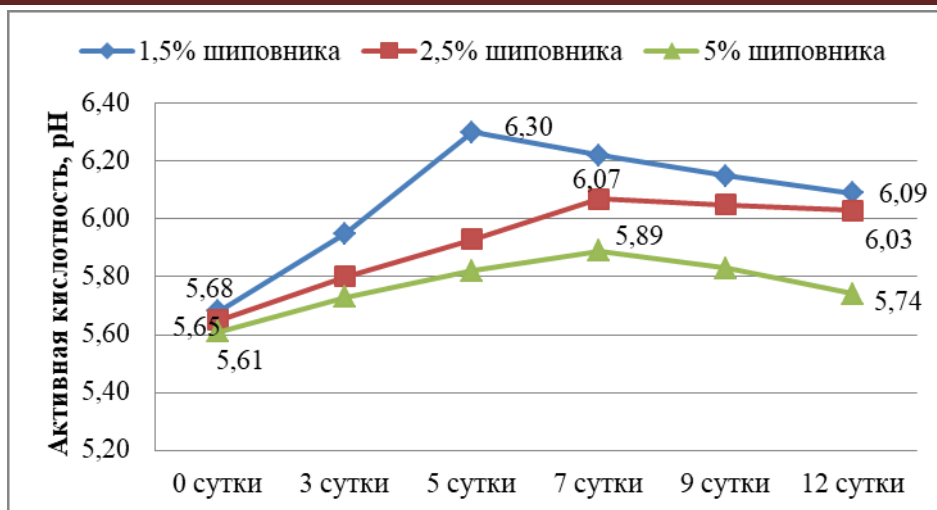


Рисунок 1. Диаграмма изменения pH в процессе созревания-сушки

Далее начинается постепенное снижение показателя pH и на 12 сутки достигает следующих значений: 6,09 (1,5% шиповника); 6,03 (2,5% шиповника); 5,74 (5% шиповника). При этом снижение показателя во втором образце (2,5% шиповника) с 7 по 12 сутки идет плавно и имеет линейный характер.

В целом изменение показателя pH во всех образцах протекает характерно для традиционных (сухих) видов сыровяленых колбас, то есть производимых без использования стартовых культур.

В данном случае, показатель pH не может расцениваться в качестве барьера, обеспечивающего микробиологическую безопасность готового продукта при хранении, так как его значения лежат в диапазоне $> 5,0$.

Известно, что активность воды, наряду с pH является важнейшим «барьером» для развития микроорганизмов в пищевых продуктах. Данные проведенного исследования по изменению активности воды в модельных образцах фарша для сыровяленых колбас представлены на рис. 2.

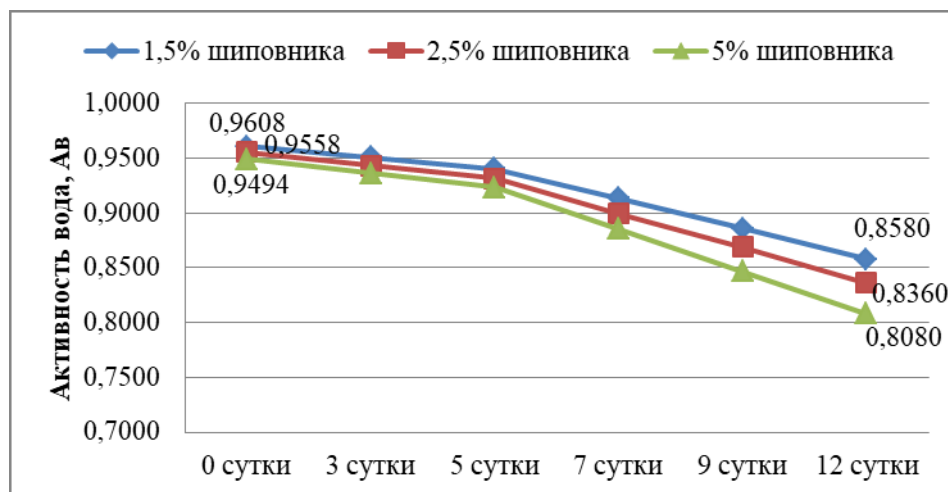


Рисунок 2. Диаграмма изменения ав в процессе созревания-сушки

Увеличение количества порошка плодов шиповника в рецептуре снижает показатель активности воды в фаршевой системе. Это обусловлено низкими значениями массовой доли влаги (7,03%) и показателя активности воды (0,215) в самом порошке. Таким образом, в фарше снижается общее количество влаги на единицу массы и количество свободной воды за счет добавления вещества с низкой влажностью.

В процессе созревания-сушки за счет обезвоживания идет снижение показателя активности воды. К 12 суткам показатель достигает следующих значений: в образце № 1 (1,5% шиповника) – 0,8580; в образце № 2 (2,5% шиповника) – 0,8360; в образце № 3 (5% шиповника) – 0,8080.

Согласно рекомендациям «Кодекса пищи», для микробиологической стабильности мясных продуктов промежуточной влажности необходимо, чтобы выполнялось одно из двух условий: первое – когда $pH = (4,6-5,0)$, тогда уровень активности воды не учитывается и второе – $pH > 5,0$; $a_w < 0,85$ [10].

Опираясь на вышеуказанные данные, можно сделать вывод, что сушку образца № 2 (2,5% шиповника) можно завершить примерно на 10 сутки, а образца № 3 (5% шиповника) – уже на 9 сутки. Данный подход дает преимущество с экономической точки зрения, т.к. позволяет увеличить выход готового продукта.

Данные по изменению массовой доли влаги в модельных образцах фарша для сыровяленых колбас в течение 12 суток представлены на рис. 3.

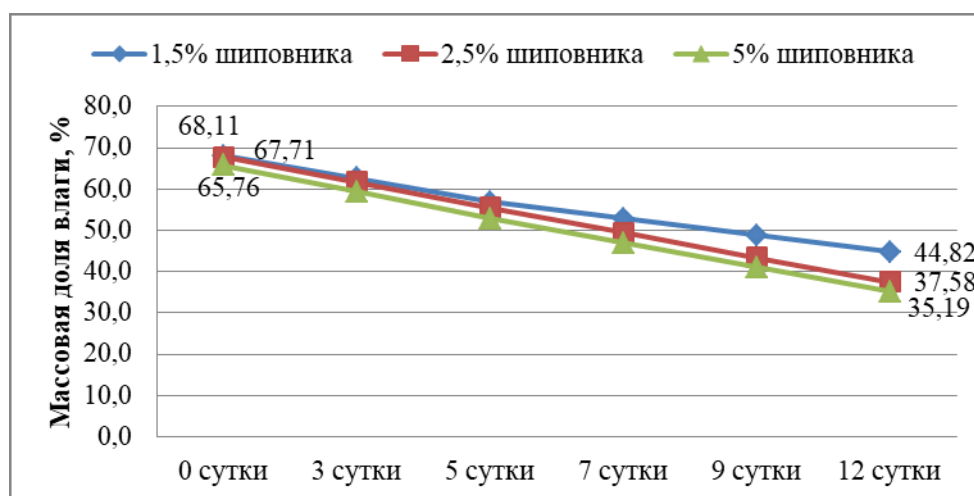


Рисунок 3. Диаграмма изменения массовой доли влаги в процессе созревания-сушки

Из диаграммы изменения массовой доли влаги рис. 3 видно, что увеличение количества порошка плодов шиповника в рецептуре снижает массовую долю влаги в фаршевой системе. В течение 5 суток снижение массовой доли влаги во всех модельных образцах идет равномерно. Далее динамика в образце № 1 (1,5% шиповника) несколько замедляется, в двух других образцах линейность сохраняется. Это можно объяснить более пористой структурой колбас с большим количеством порошка плодов шиповника, за счет чего влаге легче мигрировать из внутренних слоев к периферии.

К 12 суткам массовая доля влаги достигает следующих значений: в образце № 1 – 44,82%; в образце № 2 – 37,58%; в образце № 3 – 35,19%.

Если сравнить данные значения с требованиями ГОСТ 33708-2015 Изделия колбасные сырокопченые и сыровяленые (далее – ГОСТ), который, в том числе, регламентирует массовую долю влаги, то образец № 1 (1,5% шиповника) по значениям ближе к полусухим колбасам (не более 42%). Так как в нашем случае технология является традиционной, и показатели pH имеют высокие значения, то сушку стоит продолжить. Об этом свидетельствует и более высокий показатель активности воды.

Для сухих колбас ГОСТ регламентирует массовую долю влаги на уровне, не более 36%. К этому значению приближается образец № 2 (2,5% шиповника) и соответствует образец № 3 (5% шиповника). Вместе с этим значение показателя активности воды в образце № 2 (0,8360) говорит о том, что сушку можно завершить на 10 сутки [12].

Результаты исследования потери массы опытных образцов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Потери массы опытных образцов

Продолжительность созревания-сушки	Масса образцов, г					
	1,5% шиповника	% потеря	2,5% шиповника	% потеря	5% шиповника	% потеря
0 сутки	478,0	0,0	476,0	0,0	480,0	0,0
3 сутки	416,0	13,0	411,0	13,6	415,0	13,5
5 сутки	374,0	21,7	367,0	22,9	371,0	22,7
7 сутки	334,0	30,1	318,0	33,2	322,0	32,9
9 сутки	299,0	37,4	289,0	39,3	293,0	38,9
11 сутки	264,0	44,8	259,0	45,6	264,0	45,0
12 сутки	252,0	47,3	248,0	47,9	246,0	48,7
Потери массы, %	-	47,3	-	47,9	-	48,7
Выход, %	-	52,7	-	52,1	-	51,3

Анализируя динамику потерь массы образцов табл. 4, видно, что в соответствии с вышеизложенными данными по динамике изменения показателей активности воды и массовой доли влаги, сушку образца № 2 (2,5% шиповника) по показателю активности воды можно завершить на 10 сутки, а образца № 3 (5% шиповника) – на 9 сутки созревания-сушки.

При этом выход образца № 2 можно увеличить с 52,1% до 57,5% (на 5,4%), а образца № 3 – с 51,3% до 61,1% (на 9,8%). При несколько завышенных показателях массовой доли влаги относительно ГОСТ, по показателю активности воды продукты будут безопасны.

Решающее значение при разработке любого продукта имеют его органолептические характеристики, так как полученные при математическом моделировании и оценке физико-химических показателей данные могут быть совершенно не приемлемы с точки зрения восприятия органами чувств, технологической обоснованности и экономической эффективности.

Оценку единичных признаков продуктов проводили экспертным путем. Для работы применялась 5-ти бальная шкала, предусматривающая характеристику признаков продукта по пяти качественным уровням (внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция). На основе проведенных исследований был построен радар, представленный на рис. 4.

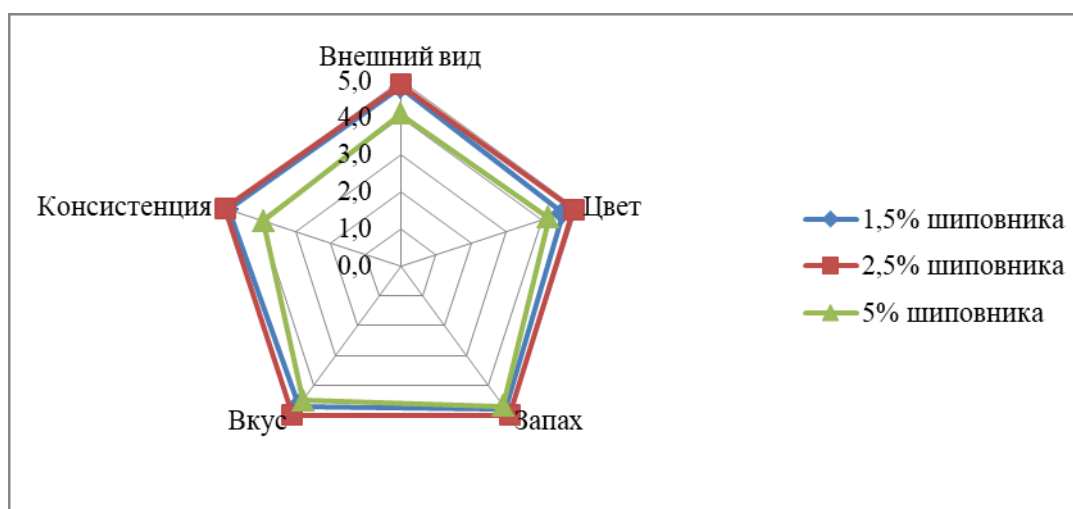


Рисунок 4. Диаграмма распределения органолептических характеристик

По результатам органолептической оценки самые высокие баллы по всем показателям получил образец № 2 (2,5% шиповника).

Образец № 3 (5% шиповника) получил заниженные показатели, в первую очередь по показателям консистенции (пористая, рыхлая структура), внешнего вида и цвета. В свою очередь, образец №1 (1,5% шиповника) имеет самое низкое значение по обеспечению суточной потребности в витамине С.

Выводы

1. По результатам оценки комплекса физико-химических показателей и органолептического анализа, наиболее предпочтительной концентрацией порошка шиповника в рецептурах сыровяленых колбас является уровень в 2,5% на 100 кг несоленого сырья.

2. По результатам математического моделирования, при данной концентрации, потребление 100 г ферментированных сыровяленых колбас обеспечивает суточную потребность человека в витамине С на 50%.

3. Конечный продукт имеет высокое значение показателя pH (6,03), что характерно для сухих колбас традиционного созревания. В данном случае кислотность не может рассцениваться в качестве барьера, обеспечивающего микробиологическую безопасность готового продукта при хранении.

4. На 12 сутки сыровяленные колбасы имеют значение показателя активности воды - 0,8360, что обеспечивает микробиологическую безопасность продукта при хранении и соответствует регламентируемым значениям для данного класса продуктов ($\leq 0,85$).

5. Массовая доля влаги на 12 сутки составляет 37,58%, что близко к значению ГОСТ 33708-2015 (не более 36 %) и приемлема при указанном значении активности воды. Вместе с этим срок созревания-сушки по показателю активности воды может быть даже сокращен до 10 суток.

Список источников

1. Анализ технологии сырокопченой колбасы «Суджук» / Е.В. Фатьянов, Ч.К. Авылов, О.С. Фоменко, А.В. Евтеев // Технология и продукты здорового питания. Пенза, 2020. С. 158-165.

2. Алексашина С.А., Макарова Н.В., Деменина Л.Г. Антиоксидантный потенциал плодов шиповника // Вопросы питания. 2019. № 3 (88). С. 84–89.

3. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва: Колос, 2001. 376 с.

4. Бобренева И.В., Николаева С. В. Математическое моделирование в технологиях продуктов питания животного происхождения: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 124 с.

5. Гиро Т.М. и др. Проектирование рецептуры мясных продуктов иммуномодулирующего действия / Т. М. Гиро, Н. Е. Моисеева, А. В. Быкова, Т.Ч. Има // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия - 2023: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 22–23 ноября 2023 года. Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2023. С. 125-130.

6. Дедерер И. Оценка немецких мясопродуктов с точки зрения безопасности и качества // Все о мясе. 2010. №2. С. 12-18.

7. Зотова Е.Е. и др. Сравнительная характеристика препаратов на основе плодов шиповника / Е.Е. Зотова, Е.И. Рябина, А.Ф. Ливанова, А.Д. Сальникова // Прикладные информационные аспекты медицины. 2023. № 2 (26). С. 101-110.

8. Использование растительных компонентов иммуномодулирующего действия в технологии сыровяленых колбас / Н. Е. Моисеева, Т. М. Гиро, И. В. Мокрецов, М. А. Сухов // Технологии и продукты здорового питания: Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 21 марта 2024 года. Саратов: 2024. С. 243-248.

9. Исследование изменений физико-химических показателей при производстве мясных снеков / Е. В. Фатьянов, Ч. К. Авылов, А. К. Алейников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 116-120.
10. Ляйстнер Л., Гоулд Г. Барьерные технологии: комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания. Москва: ВНИИМП, 2006. 236 с.
11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р «Об утверждении стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».
12. Фатьянов Е.В., Авылов Ч. К. Особенности состава и физико-химических показателей отечественных сырокопченых колбас // Мясные технологии. 2022. № 2(230). С. 44-51.
13. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. Москва: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
14. Luan X., Feng M., Sun J. Effect of *Lactobacillus plantarum* on antioxidant activity in fermented sausage // Food Research International. 2021. Vol. 144. Article 110351.
15. Road to a bite of rosehip: A comprehensive review of bioactive compounds, biological activities, and industrial applications of fruits / Meichun Zhou, Yanlin Sun, Le Luo, Huitang Pan, Qixiang Zhang, Chao Yu // Trends in Food Science & Technology. 2023. Vol. 136. Pp. 76-91.
16. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species / N. Koczka, É. Stefanovits-Bányai, A. Ombódi // Medicines. 2018. No. 5. P. 1234.
17. Zang R., Yu Q., Guo Z. Impact of nitrite supplementation on bioactive peptides during sausage processing // Foods. 2023. No. 12 (2). P. 407.

References

1. Analysis of the technology of smoked sausage «Sudzhuk». E.V. Fatyanov, Ch.K. Avylov, O.S. Fomenko, A.V. Evteev. Technology and healthy food products. Penza, 2020, pp. 158-165.
2. Aleksashina S.A., Makarova N.V., Demenina L.G. Antioxidant potential of rosehip fruits. Nutrition issues, 2019, no. 3 (88), pp. 84-89.
3. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. Methods of meat and meat products research. Moscow: Kolos Publ., 2001. 376 p.
4. Bobreneva I.V., Nikolaeva S. V. Mathematical modeling in technologies of food products of animal origin: a textbook. Saint Petersburg: Lan Publ., 2019. 124 p.
5. Giro T.M. et al. Designing the formulation of meat products with immunomodulatory effects. T. M. Giro, N. E. Moiseeva, A.V. Bykova, T. H. Ima. Safety and quality of agricultural raw materials and foodstuffs - 2023: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, November 22-23, 2023. Moscow: LLC «Sam Polygraphist», 2023, pp. 125-130.
6. Dederer I. Evaluation of German meat products in terms of safety and quality. All about meat, 2010, no. 2, pp. 12-18.
7. Zotova E.E. et al. Comparative characteristics of preparations based on shiitake fruits. E.E. Zotova, E.I. Ryabinina, A.F. Livanova, A.D. Salnikova. Applied information aspects of medicine, 2023, no. 2 (26), pp. 101-110.
8. The use of plant components of immunomodulatory action in the technology of cured sausages. N. E. Moiseeva, T. M. Giro, I. V. Mokretsov, M. A. Sukhov. Technologies and products of healthy nutrition: Proceedings of the XIII National Scientific and Practical Conference with international participation, Saratov, March 21, 2024. Saratov: 2024, pp. 243-248.
9. Investigation of changes in physico-chemical parameters in the production of meat snacks. E. V. Fatyanov, Ch. K. Avylov, A. K. Aleynikov [et al.]. Agrarian Scientific Journal, 2022, no. 10, pp. 116-120.
10. Leistner L., Gould G. Barrier technologies: combined processing methods that ensure the stability, safety and quality of food. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of the Meat Industry, 2006. 236 p.

11. Decree of the Government of the Russian Federation dated June 29, 2016 No. 1364-r «On Approval of the Strategy for Improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030».
12. Fatyanov E.V., Avylov Ch. K. Features of the composition and physico-chemical parameters of domestic smoked sausages. *Meat technologies*, 2022, no. 2(230), pp. 44-51.
13. Chemical composition of Russian food products: Handbook. Edited by Corresponding Member of the MAI, Professor I.M. Skurikhin and Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, Professor V.A. Tutelyan. Moscow: Delhi Print, 2002. 236 p.
14. Luan X., Feng M., Sun J. Effect of *Lactobacillus plantarum* on antioxidant activity in fermented sausage. *Food Research International*, 2021, vol. 144, article 110351.
15. Road to a bite of rosehip: A comprehensive review of bioactive compounds, biological activities, and industrial applications of fruits. Meichun Zhou, Yanlin Sun, Le Luo, Huitang Pan, Qixiang Zhang, Chao Yu. *Trends in Food Science & Technology*, 2023, vol. 136, pp. 76-91.
16. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species. N. Koczka, É. Stefanovits-Bányai, A. Ombódi. *Medicines*, 2018, no. 5, p. 1234.
17. Zang R., Yu Q., Guo Z. Impact of nitrite supplementation on bioactive peptides during sausage processing. *Foods*, 2023, no. 12 (2), p. 407.

Информация об авторах

Т.М. Гиро – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства;

Н.Е. Моисеева – аспирант, научный сотрудник лаборатории фундаментальных наук;

М.А. Сухов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства;

И.В. Мокрецов – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства;

Э.А. Пьяникова – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой товароведения, технологии и экспертизы товаров;

А.Е. Ковалева – кандидат химических наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров.

Information about the authors

T.M. Giro – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products;

N.E. Moiseeva – Postgraduate student, Researcher at the Laboratory of Fundamental Sciences;

M.A. Sukhov – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products;

I.V. Mokretsov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Animal Products;

E.A. Pyanikova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

A.E. Kovaleva – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods.

Научная статья

УДК 637.5

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-67-76

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЯСА ЧЕРНОГО АФРИКАНСКОГО СТРАУСА

Патеев Салих Сайфуллаевич

Астраханский государственный технический университет, Астраханская область,

Астрахань, Россия

salih.bik@yandex.ru

Аннотация. В настоящем исследовании проведён морфологический анализ поперечно-полосатой скелетной мускулатуры бедра африканского страуса (*Struthio camelus*) с целью установления взаимосвязи между микроструктурой мышечной ткани и технологическими свойствами мяса. Методика включала фиксацию образцов в 10 %-м нейтральном формалине, парафиновую заливку, получение микросрезов толщиной 5–7 мкм и окрашивание гематоксилин-эозином и кислыми красителями. Исследование проводилось с применением световой микроскопии при увеличении 10× и 40×, с цифровой фиксацией изображений. Установлено, что мышечная ткань бедра страуса характеризуется выраженной поперечно-полосатой исчерченностью, высокой степенью капилляризации и преобладанием окислительных и окислительно-гликолитических волокон, что определяет её технологическую пригодность, высокую способность к удержанию влаги и благоприятные органолептические характеристики. Одним из таких источников выступает мясо черного африканского страуса, отличающееся высокой концентрацией полноценного белка (до 22,5 %), низким содержанием жира (в среднем 1,2–1,5 %) и холестерина (32–35 мг/100 г), при этом по физико-химическим свойствам оно близко к постной говядине. Несмотря на мировой объём промышленного производства страусиного мяса до 7,5 тыс. тонн в год, российская доля остаётся незначительной: ежегодный выпуск не превышает 50–60 тонн, а общее поголовье составляет около 3,5 тыс. особей. Полученные морфологические данные представляют научную основу для стандартизации переработки мяса страуса и разработки функциональных продуктов питания, включая специализированные диетические и детские рационы. Результаты могут быть использованы при создании технологических решений глубокой переработки и нормировании параметров хранения и термической обработки.

Ключевые слова: гистология, мясо страуса, мышечные волокна, переработка мяса

Для цитирования: Патеев С.С. Гистологические исследования мяса черного африканского страуса // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 67–76. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-67-76>.

Original article

HISTOLOGICAL STUDIES OF BLACK AFRICAN OSTRICH MEAT

Salikh S. Pateev

Astrakhan State Technical University, Astrakhan region, Astrakhan, Russia

salih.bik@yandex.ru

Abstract. This study presents a morphological analysis of the striated skeletal muscle tissue of the thigh in the African ostrich (*Struthio camelus*) aimed at identifying the relationship between muscle microstructure and the technological properties of the meat. The methodology included fixation of samples in 10% neutral formalin, paraffin embedding, preparation of microsections with a thickness of 5–7 μm, and staining with hematoxylin-eosin and acidic dyes. The analysis was conducted using light microscopy at 10× and 40× magnification, with digital image capture. It was established that the ostrich thigh muscle tissue is characterized by distinct transverse striation, high capillary density, and a predominance of oxidative and oxidative-glycolytic fibers, which determine its technological suitability, high water-holding capacity, and favorable organoleptic properties. One such source is the meat of the African black ostrich, known for its high concentration of complete protein (up to 22.5%), low fat content (averaging 1.2–1.5%), and low cholesterol (32–

35 mg/100 g), while being comparable in physicochemical properties to lean beef. Despite global industrial production of ostrich meat reaching up to 7,500 tons per year, Russia's contribution remains marginal: annual output does not exceed 50–60 tons, with a total population of approximately 3,500 birds. The obtained morphological data provide a scientific basis for standardizing ostrich meat processing and for developing functional food products, including specialized dietary and pediatric nutrition. The results can be applied in the design of deep processing technologies and in setting parameters for storage and thermal treatment.

Keywords: histology, ostrich meat, muscle fibers, meat processing

For citation: Pateev S.S. Histological studies of black African ostrich meat. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 67-76. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-67-76>.

Введение

В условиях нарастающего спроса на функциональные пищевые продукты особое внимание уделяется нетрадиционным источникам животного белка, обладающим высокой биологической ценностью и улучшенными технологическими характеристиками. Одним из таких источников выступает мясо черного африканского страуса (*Struthio camelus*), отличающееся высокой концентрацией полноценного белка (до 22,5 %), низким содержанием жира (в среднем 1,2-1,5 %) и холестерина (32-35 мг/100 г), при этом по вкусовым и физико-химическим свойствам оно близко к постной говядине [1, 2].

Несмотря на то, что страусоводство в Российской Федерации началось лишь в конце 1990-х годов, сегодня в стране зарегистрировано более 100 ферм, на которых содержится порядка 3,5-4 тыс. голов страусов [8]. Основные хозяйства сосредоточены в Центральном, Южном и Приволжском федеральных округах, однако разведением страусов занимаются и в суровых климатических зонах – в Якутии, на Урале и в Мурманской области. Средняя производительность одной фермы составляет около 5-6 тонн мяса в год, что по-прежнему значительно уступает международным масштабам: например, в ЮАР ежегодный объем производства страусятины превышает 7000 тонн [9].

Отечественная отрасль страусоводства испытывает определённые ограничения, связанные с отсутствием нормативной базы по обработке и стандартизации мяса страуса, а также слабой проработанностью его морфофункциональных свойств. При этом известно, что морфологические характеристики мышечной ткани напрямую влияют на пищевую и технологическую пригодность мясного сырья. Структурные параметры, такие как тип и соотношение мышечных волокон, уровень капилляризации, выраженность соединительнотканых прослоек (перимизий и эндомизий), играют ключевую роль в формировании таких свойств мяса, как водоудерживающая способность, текстура, устойчивость к термической обработке и органолептические характеристики [3, 7, 10].

Ранее проведённые исследования показали, что в мышечной ткани страуса преобладают окислительные и окислительно-гликолитические волокна (тип I и IIa), что обеспечивает высокую аэробную активность мышц и более равномерную текстуру по сравнению с мясом курицы, где преобладают быстрые гликолитические волокна (тип IIb) [4]. Кроме того, содержание соединительной ткани в страусиной мышце ниже на 25-30 %, а плотность капилляров выше в 1,5-2 раза, что напрямую влияет на мягкость и сочность продукта. Подобные морфологические особенности были отмечены и в работе Киладзе А.Б [5].

В связи с этим актуальным становится гистологическое изучение микроструктуры мяса страуса с количественным анализом поперечно-полосатой мускулатуры и сравнением с аналогичными параметрами у кур и индеек. Такие данные необходимы как для научной систематизации морфологических признаков, так и для разработки новых технологий глубокой переработки и продуктов диетического назначения.

Предполагается, что морфологическая структура мышечной ткани бедра черного африканского страуса существенно отличается от таковой у курицы и индейки. Эти различия – в составе мышечных волокон, степени капилляризации и распределении соединительной ткани – оказывают определяющее влияние на технологические и органолептические свойства мяса страуса, включая его текстурную однородность, мягкость и способность удерживать

влагу, что позволяет классифицировать его как высококачественное сырьё для функциональных продуктов питания.

Цель исследования – выявление морфологических особенностей поперечно-полосатой скелетной мускулатуры бедра африканского страуса и установление их влияния на технологические свойства мяса в сравнении с аналогичными показателями у курицы и индейки.

Материалы и методы исследований

В рамках исследования была проведена гистологическая оценка мышечной ткани бедра страуса в сравнении с аналогичными образцами мяса курицы и индейки. Исследование проводилось в 2024 году на базе кафедры «Технология товаров и товароведение» Астраханского государственного технического университета (АГТУ).

Для изучения микроструктуры мышечной ткани образцы фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, после чего проводили стандартную процедуру дегидратации и заливки в парафин. Срезы толщиной 5-7 мкм готовили с помощью микротомы и монтировали на предметные стекла.

Для выявления морфологических особенностей структуры мышечных волокон и соединительнотканых элементов использовали два метода окрашивания:

- гематоксилин-эозин (Г-Э) – применялся для общей оценки гистоархитектоники тканей, позволяя визуализировать расположение мышечных волокон, ядра клеток и соединительную ткань. Гематоксилин окрашивал ядра клеток в синий цвет, а эозин – цитоплазму и внеклеточные структуры в различные оттенки розового.

- кислый фуксин – использовался для выявления соединительнотканых структур и дифференцировки элементов мышечной ткани. Окрашивание позволило более детально оценить степень васкуляризации тканей и особенности строения соединительных прослоек.

Микроскопический анализ проводился с использованием светового микроскопа при увеличении 10х и 40х. Полученные изображения фиксировались с помощью цифровой камеры микроскопа.

Результаты исследований и их обсуждение

Ниже представлены результаты исследования по итогу проведения сравнительного гистологического анализа мяса мышц бедер страуса, индейки и курицы соответственно.

На рис. 1 представлена поперечно-полосатая мышечная ткань страуса, окрашенная гематоксилин-эозином (Г-Э) при увеличении 40х.

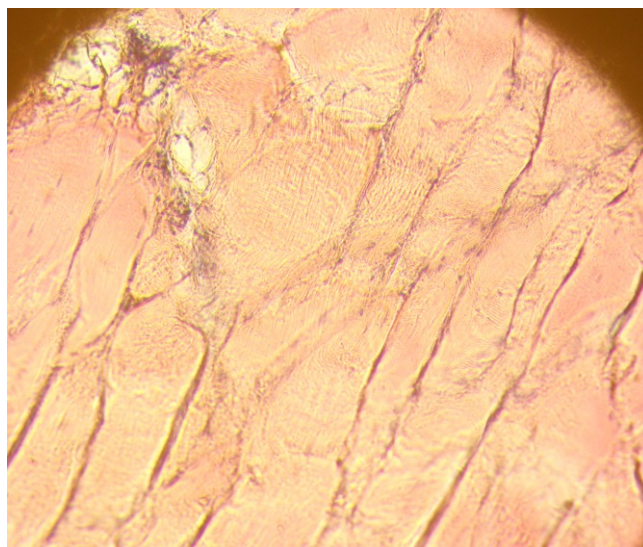


Рисунок 1. Гистологический срез поперечно-полосатой мышечной ткани бедра страуса (окрашенный гематоксилин-эозином (Г-Э), увеличение 40х)

Мышечные волокна имеют вытянутую форму и расположены параллельно друг другу, с хорошо различимой поперечно-полосатой исчерченностью, что характерно для скелетных мышц. Волокна отличаются по толщине, что свидетельствует о присутствии различных типов волокон, включая медленные окислительные (тип I) и быстрые окислительно-гликолитические (тип IIa). Вдоль волокон можно наблюдать тонкие соединительнотканые перегородки эндомизия, которые отделяют отдельные мышечные клетки и обеспечивают их поддержку. Менее выраженные прослойки перимизия окружают группы мышечных волокон, формируя более крупные мышечные пучки.

На периферии некоторых волокон заметны овальные ядра миоцитов, расположенные эксцентрично, что является характерным признаком поперечно-полосатой мышечной ткани. Также в ткани встречаются элементы капиллярной сети, что указывает на развитое кровоснабжение мышцы. Высокая плотность капилляров подтверждает аэробную активность мышц страуса, что коррелирует с их адаптацией к длительным физическим нагрузкам, таким как бег. Соединительнотканые элементы в мышцах страуса умеренно развиты, обеспечивая баланс между механической прочностью и эластичностью, что способствует удержанию влаги в мышечной ткани.

На рис. 2 представлена мышечная ткань бедра страуса, окрашенная кислым фуксином при увеличении 10х. Мышечные волокна имеют неоднородный размер, некоторые из них шире и более вытянутые, тогда как другие выглядят меньшими и более компактными. Четко просматривается ячеистая структура волокон, которая образуется за счет пересекающихся светлых полос, что свидетельствует о группировке саркомеров и ориентации миофибрилл. Волокна плотно прилегают друг к другу.

Соединительная ткань представлена перимизием, который образует сеть разветвленных перегородок, разделяющих мышечные пучки. Он довольно хорошо выражен, что говорит о высокой механической прочности ткани. В некоторых участках перимизий утолщен, вероятно, за счет накопления коллагеновых волокон. Эндомизий, который окружает отдельные волокна, менее выражен, но просматривается в виде тонких светлых полос, пересекающих мышечные волокна.

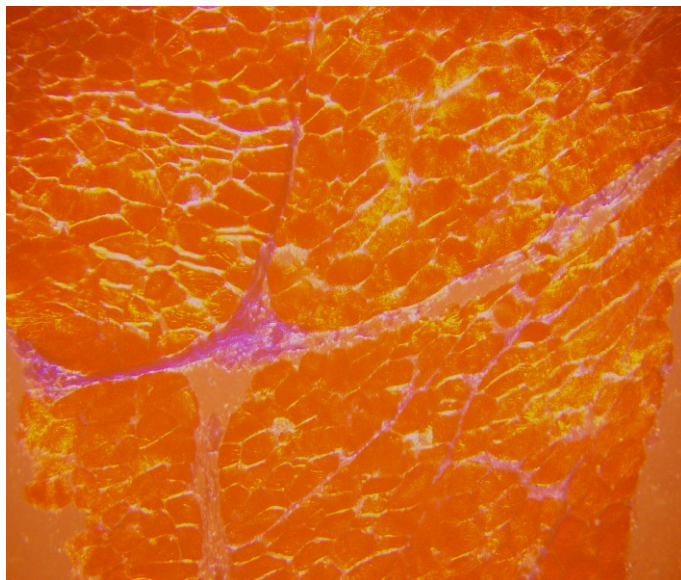


Рисунок 2. Гистологический срез поперечно-полосатой мышечной ткани бедра страуса (окрашенный кислым фуксином, увеличение 10х)

В нижней части изображения видно разделение мышечных пучков, где соединительная ткань шире и плотнее, что может указывать на область, где мышца прикрепляется к сухожилию или связке. Волокна в некоторых местах имеют изогнутую форму, что может быть связано с процессами сокращения или воздействием при обработке среза. В участках с более

интенсивным окрашиванием можно предположить повышенное содержание миофибриллярных белков, что говорит о большей функциональной активности этой области мышцы.

На рис. 3 представлена мышечная ткань индейки, окрашенная гематоксилин-эозином (Г-Э) при увеличении 10х.

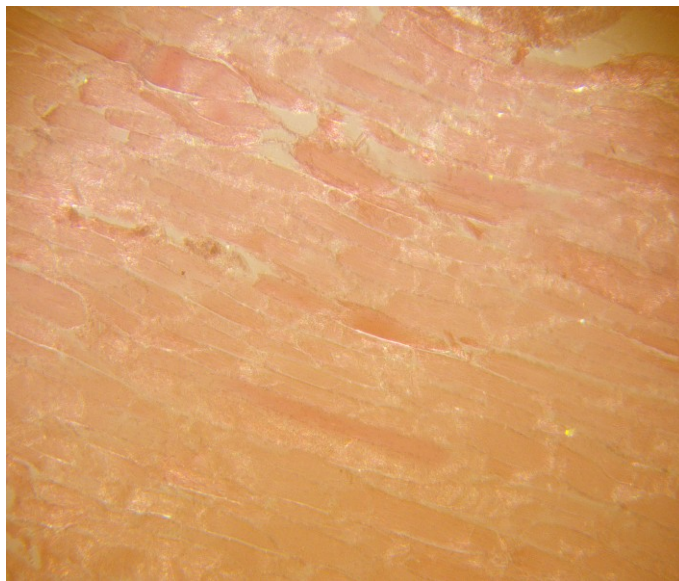


Рисунок 3. Гистологический срез поперечно-полосатой мышечной ткани грудки индейки (окрашенный гематоксилин-эозином, увеличение 10х)

Мышечные волокна расположены параллельно друг другу и имеют относительно однородную толщину, что характерно для мышц с преобладанием быстрых гликолитических волокон (тип IIb). Поперечно-полосатая исчерченность выражена слабо, что связано с особенностями фиксации и окраски ткани. Волокна крупные, их границы хорошо различимы.

Соединительнотканые элементы выражены умеренно. Перимизий представлен тонкими прослойками, окружающими мышечные пучки, и состоит преимущественно из рыхлой соединительной ткани. Эндомизий, разделяющий отдельные волокна, слабо выражен, но прослеживается в виде тонких светлых перегородок. Структурная организация соединительной ткани свидетельствует о средней механической прочности мышечной ткани индейки.

В некоторых участках можно заметить незначительное количество сосудов, что указывает на умеренное кровоснабжение ткани. Отсутствие выраженной васкуляризации и небольшое количество межмышечных капилляров отличает мышечную ткань индейки от ткани страуса, где плотность капилляров значительно выше.

На рис. 4 представлена мышечная ткань бедра индейки, окрашенная кислым фуксин-ом при увеличении 40х.

Мышечные волокна демонстрируют выраженную поперечно-полосатую исчерченность, обусловленную регулярным расположением саркомеров, что характерно для хорошо развитых скелетных мышц. Волокна имеют разную толщину, что свидетельствует о наличии как медленных окислительных (тип I), так и быстрых окислительно-гликолитических (тип IIa) волокон. Такая структура типична для бедренных мышц, обеспечивающих устойчивость и поддержание тела при передвижении.

Соединительнотканые элементы выражены умеренно. Перимизий представлен тонкими прослойками, разделяющими мышечные пучки, и содержит значительное количество коллагеновых волокон, что придаёт ткани прочность. В некоторых участках наблюдаются более плотные скопления соединительной ткани. Эндомизий, окружающий отдельные мышечные волокна, выражен слабее, но прослеживается в виде тонких светлых перегородок.

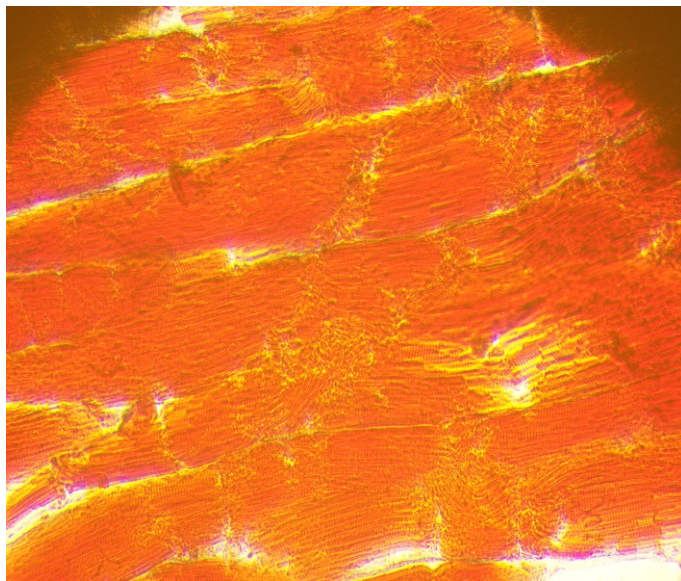


Рисунок 4. Гистологический срез поперечно-полосатой мышечной ткани бедра индейки (окрашенный кислым фуксином, увеличение 40х)

Структура ткани указывает на плотное расположение мышечных волокон, что способствует высокой механической прочности и умеренной водоудерживающей способности. Наличие соединительнотканых прослоек и выраженная исчерченность мышечных волокон позволяют охарактеризовать бедренные мышцы индейки как хорошо организованные, с умеренным содержанием соединительной ткани. Отсутствие значительного количества капилляров подтверждает низкий уровень васкуляризации, характерный для тканей с преобладанием анаэробного гликолиза.

На рис. 5 представлена микроструктура мышечной ткани бедра курицы, окрашенная гематоксилин-эозином при увеличении 10х. Мышечные волокна ориентированы параллельно, демонстрируя продольное расположение и относительно равномерную толщину. Поперечно-полосатая исчерченность выражена умеренно, что обусловлено особенностями фиксации и окрашивания, а также высокой плотностью миофибрилл внутри волокон.



Рисунок 5. Гистологический срез поперечно-полосатой мышечной ткани бедра курицы (окрашенный гематоксилин-эозином, увеличение 10х)

Мышечные волокна преимущественно относятся к быстрым гликолитическим (тип IIb), что подтверждается их плотным расположением, относительно крупным размером и слабым развитием капиллярной сети. Это соответствует физиологическим особенностям бедренных мышц курицы, которые обеспечивают быстрые, но кратковременные сокращения.

Соединительная ткань представлена перимизием, разделяющим мышечные пучки, и эндомизием, окружающим отдельные волокна. Соединительнотканые перегородки достаточно тонкие, но выражены равномерно по всей структуре мышцы. В некоторых участках наблюдаются небольшие утолщения соединительной ткани, что может быть связано с механической нагрузкой и процессами регенерации мышечной ткани.

Образец демонстрирует относительно низкий уровень васкуляризации, что характерно для тканей с преобладанием анаэробного гликолиза. Это также объясняет бледный оттенок куриного мяса, обусловленный низким содержанием миоглобина. В сравнении с мышечной тканью бедра страуса, у курицы наблюдается более плотное прилегание волокон и меньшее количество соединительной ткани, что отражает различия в функциональном назначении этих мышц.

На рис. 6 представлена мышечная ткань бедра курицы, окрашенная кислым фуксином при увеличении 40х.

Мышечные волокна ориентированы продольно, вытянуты и имеют характерную поперечно-полосатую исчерченность, обусловленную организацией сократительных белков. Волокна плотно прилегают друг к другу, что характерно для бедренных мышц, обеспечивающих опорную функцию. Визуализируется небольшая вариабельность толщины волокон, что свидетельствует о преобладании быстрых гликолитических волокон (тип IIb), присущих скелетной мускулатуре птицы, обеспечивающей резкие движения.

Соединительная ткань представлена перимизием и эндомизием. Перимизий образует прослойки между группами волокон, а эндомизий выделяет отдельные мышечные элементы, обеспечивая их структурную целостность. В местах пересечения волокон с соединительноткаными прослойками наблюдаются небольшие скопления коллагеновых волокон, что придает ткани дополнительную прочность.

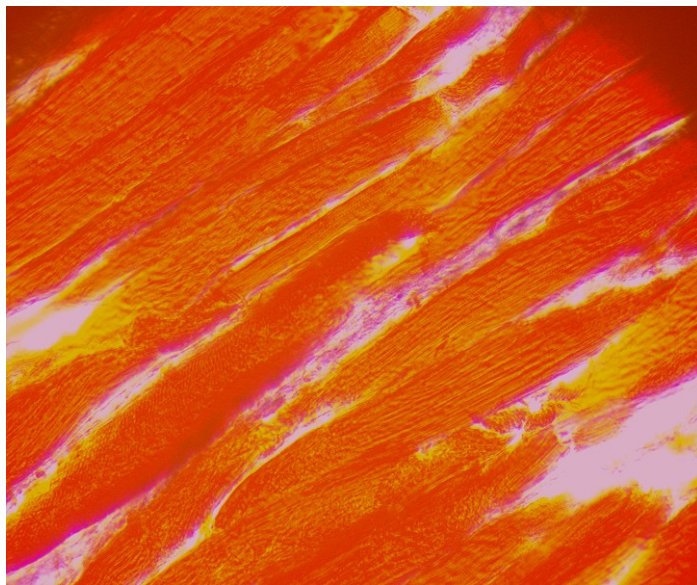


Рисунок 6. Гистологический срез поперечно-полосатой мышечной ткани бедра курицы (окрашенный кислым фуксином, увеличение 40х)

Характерной особенностью изображения является умеренная васкуляризация мышечной ткани. Между мышечными пучками видны участки сосудов, что свидетельствует о наличии кровоснабжения, однако оно значительно менее выражено, чем в мышечной ткани

страуса. Это объясняет низкое содержание миоглобина и более светлый оттенок мяса курицы по сравнению с красными видами мяса.

Общее строение ткани указывает на высокую плотность волокон при относительно небольшом количестве соединительной ткани, что обеспечивает механическую прочность и характерную текстуру мяса бедра курицы.

В табл. 1 представлен сравнительный анализ полученных данных.

Таблица 1. Сравнительный анализ полученных данных

Параметр	Страус	Индейка	Курица
Ориентация мышечных волокон	Вытянутые, продольно ориентированные, различной толщины	Преимущественно параллельное расположение, умеренная вариабельность размеров	Компактное продольное расположение, высокая плотность волокон
Поперечно-полосатая исчерченность	Выраженная, чётко просматривается	Слабо выражена, фрагментарная	Выражена умеренно, менее чёткая по сравнению со страусом
Типы мышечных волокон	Преобладают окислительные (тип I) и окислительно-гликолитические (тип IIa)	Преимущественно смешанные волокна (тип IIa и IIb)	Преобладают быстрые гликолитические волокна (тип IIb)
Капилляризация	Высокая плотность капилляров, обильное кровоснабжение	Умеренная капилляризация, выше, чем у курицы	Низкая капилляризация, слабое кровоснабжение
Содержание миоглобина	Высокое, придаёт мясу насыщенный красный цвет	Среднее, мясо темнее, чем у курицы, но светлее, чем у страуса	Низкое, мясо бледного розового оттенка
Соединительная ткань	Умеренно развита, перимизий и эндомизий выражены равномерно	Перимизий плотный, соединительная ткань развита сильнее, чем у курицы	Перимизий умеренно выражен, но соединительной ткани меньше, чем у индейки
Гидрофильность соединительной ткани	Высокая, хорошо удерживает влагу	Средняя, зависит от структуры волокон	Низкая, более подвержена потере влаги при термической обработке
Разделение на пучки	Хорошо выражено, пучки различного размера	Умеренно выражено, наблюдается равномерность пучков	Чётко выраженные перегородки между пучками
Васкуляризация и артериолы	Высокая, большое количество сосудов между мышечными волокнами	Умеренная, кровоснабжение более развито, чем у курицы	Слабая, небольшое количество артериол между волокнами

Представленные данные демонстрируют существенные морфологические различия между скелетной мускулатурой бедра страуса, индейки и курицы. У страуса отмечается высокая степень капилляризации, преобладание окислительных волокон, выраженная исчерченность и значительное содержание миоглобина, что обеспечивает интенсивное кровоснабжение, насыщенный цвет и высокую водоудерживающую способность мяса. В сравнении с индейкой, и особенно с курицей, страусиная мышечная ткань обладает более сложной и адаптированной к функциональным нагрузкам структурой, что определяет её технологические и органолептические свойства.

Выводы

1. Гистологическое исследование поперечно-полосатой скелетной мускулатуры бедра страуса, индейки и курицы, проведённое на окрашенных срезах толщиной 5–7 мкм с использованием стандартных методов световой микроскопии, позволило выявить межвидовые различия в морфологической организации мышечных волокон, выраженности капиллярной сети, развитости соединительнотканых структур и васкуляризации.

2. Мышечная ткань бедра страуса отличается хорошо выраженной поперечно-полосатой исчерченностью, высокой степенью капилляризации, равномерным распределением перимизия и эндомизия, а также преобладанием окислительных и окислительно-гликолитических волокон (тип I и IIa). Эти морфологические характеристики определяют однородную текстуру, насыщенный цвет и, вероятно, высокую водоудерживающую способность страусиного мяса при тепловой обработке.

3. У индейки выявлены морфологические признаки промежуточного типа: умеренная капилляризация, преобладание смешанных волокон (тип IIa и IIb), более плотное развитие соединительной ткани, чем у курицы, что в целом отражается на текстурной плотности и средней способности к удержанию влаги.

4. Мышечная ткань бедра курицы характеризуется наиболее плотным расположением волокон при низкой степени капилляризации и доминировании гликолитических волокон (тип IIb). Это обуславливает бледный цвет мяса, его мягкость и склонность к потере влаги в процессе термической обработки.

5. Морфофункциональные различия, выявленные в данном исследовании, подчёркивают высокую технологическую ценность мяса страуса как сырья для функциональных, диетических и специализированных продуктов питания. В условиях, когда общее поголовье страусов в России составляет около 3,5 тыс. голов на более чем 100 фермах, а ежегодный объём производства мяса не превышает 50-60 тонн (для сравнения: крупнейшая ферма «Русский страус» выпускает около 6 тонн в год), научно обоснованная информация о морфологических свойствах мышечной ткани приобретает особую значимость. Такие данные могут стать основой для стандартизации переработки и разработки новых рецептов с прогнозируемыми технологическими свойствами. Это особенно важно с учётом того, что в начале 2000-х годов в мире производилось до 7,5 тыс. тонн страусиного мяса ежегодно, а Россия на этом фоне остаётся в стороне от глобального рынка. Таким образом, результаты данного исследования закладывают фундамент для повышения рентабельности нишевого сектора страусоводства, расширения ассортимента отечественной белковой продукции и формирования устойчивого спроса на страусятину в функциональном питании.

Список источников

1. Абдикаххоров Г., Шкаева Н. А. Характеристика пищевой ценности мяса страуса с мясом домашних животных // Вестник науки и образования. 2021. № 4-1 (109). С. 4-7.
2. Вербицкий С. Б., Усатенко Н. Ф., Патеов С. С. Особенности убоя и качество мяса африканского страуса // Мясная индустрия. 2020. № 7. С. 29-34.
3. Герасимова А. С., Чернова Н. Г. Страусиное мясо как альтернатива традиционным видам мясной продукции // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (62). С. 181-187.
4. Гудков А. А., Малова Н. А. Страусиное мясо как источник высококачественного белка // Аграрная наука и образование. 2020. № 1. С. 72-75.
5. Ильина С. Э., Агапкин А. М. Российское страусиное мясо и яйцо: пищевая ценность, производство, нормирование качества, ассортимент // Академическая публицистика. 2022. № 12-2. С. 61-64.
6. Киладзе А. Б. Мясная продуктивность африканского страуса // Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 8. С. 4-6.
7. Кудряшова А. Л., Чепуштанова О. В. Технология убоя страусов в фермерских хозяйствах // Молодёжь и наука. 2024. № 3.
8. Орлова Т. Т. Страусоводство в России. Динамика развития // Биосферное хозяйство и устойчивое развитие сельских территорий: сборник материалов VII международной научно-

практической конференции, посвященной году экологии и 100-летию заповедной системы России, Иркутск, 28-31 марта 2017 года / Фонд поддержки развития биосферного хозяйства и аграрного сектора «Сибирский земельный конгресс». Иркутск: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Оттиск», 2017. С. 17-23.

9. Сафиуллина А. М. Перспективы развития страусоводства в России // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 9. С. 56-57.

10. Теоретическое обоснование разработки специализированного мясного продукта на основе мяса страуса / Н. Ю. Сарбатова, Р. С. Омаров, С. А. Измайлова, О. В. Сычёва // Мясные технологии. 2015. № 5. С. 48-51.

References

1. Abdikakhkhorov G., Shkaeva N. A. Characteristics of the nutritional value of ostrich meat with meat of domestic animals. Bulletin of Science and Education, 2021, no. 4-1 (109), pp. 4-7.

2. Verbitsky S. B., Usatenko N. F., Pateev S. S. Slaughter features and quality of African ostrich meat. The meat industry, 2020, no. 7, pp. 29-34.

3. Gerasimova A. S., Chernova N. G. Ostrich meat as an alternative to traditional types of meat products. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University, 2020, no. 1 (62), pp. 181-187.

4. Gudkov A. A., Malova N. A. Ostrich meat as a source of high-quality protein. Agrarian science and education, 2020, no. 1, pp. 72-75.

5. Ilyina S. E., Agapkin A.M. Russian ostrich meat and eggs: nutritional value, production, quality rationing, assortment. Academic journalism, 2022, no. 12-2, pp. 61-64.

6. Kiladze A. B. Meat productivity of the African ostrich. Commodity specialist of food products, 2016, no. 8, pp. 4-6.

7. Kudryashova A. L., Chepushtanova O. V. Technology of ostrich slaughter in farms. Youth and science, 2024, no. 3.

8. Orlova T. T. Ostrich breeding in Russia. Dynamics of development. Biosphere economy and sustainable rural development: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Ecology and the 100th anniversary of the Russian Nature Reserve System, Irkutsk, March 28-31, 2017. Siberian Land Congress Foundation for Support of the Development of Biosphere Economy and the Agricultural Sector. Irkutsk: Limited Liability Company «Ottisk Publishing House», 2017, pp. 17-23.

9. Safiullina A.M. Prospects for the development of ostrich farming in Russia. Achievements of science and technology of the Agroindustrial Complex, 2011, no. 9, pp. 56-57.

10. Theoretical justification for the development of a specialized meat product based on ostrich meat. N. Y. Sarbatova, R. S. Omarov, S. A. Izmailova, O. V. Sycheva. Meat technologies, 2015, no. 5, pp. 48-51.

Информация об авторе

С.С. Патеев – аспирант.

Information about the author

S.S. Pateev – Postgraduate student.

Научная статья

УДК 664.38:637.1

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-77-85

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НУТА И ОБЛЕПИХИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОСЛИВОЧНЫХ ПАСТ

Сарсенова Олеся Дмитриевна¹, Анопко Алина Анатольевна^{2✉},
Абсаттарова Анастасия Олеговна³, Григорян Луиза Фергатовна⁴

^{1,2,3,4}Волгоградский государственный технический университет, Волгоградская область,
Волгоград, Россия

¹olesiacasilevasun@mail.ru

²alina.cor@yandex.ru[✉]

³absattarowa.anastasia@gmail.com

⁴luchikg@gmail.com

Аннотация. Функционально-технологические свойства (ФТС) белковых препаратов на основе зернобобового и нетрадиционного растительного сырья перспективны для практического применения в производстве пастообразных молочных продуктов. Целью исследования стало повышение функционально-технологической совместимости белковых препаратов – нутового и нутово-облепихового экстрактов, – с молочно-жировой основой в составе кисломолочной пасты. Для этого определяли водосвязывающую (ВСС), водоудерживающую (ВУС), жиросвязывающую (ЖСС) и жироземмулирующую (ЖЭС) способности препаратов, а также органолептические показатели и нутриентную обеспеченность экспериментальных образцов кисломолочных паст. Нутово-облепиховый экстракт проявил более высокую ВСС по сравнению с нутовым, что улучшает гидратацию в умеренном избытке воды. Оба препарата снижали свои водоудерживающие свойства в неполярной среде. При этом в сливках ВУС нутового экстракта на 57% выше, чем в композиции с облепиховым компонентом. Несмотря на более высокие жиросвязывающие свойства нутового экстракта, оба препарата оказывали сопоставимый эмульгирующий эффект 54 и 56%. Однако нутво-облепиховый экстракт ввиду меньшей вариации значений ЖЭС $\pm 0,50\%$, по сравнению с нутовым $\pm 1,90\%$, отличается более стабильным жироземмулирующим действием. Кроме того, этот препарат улучшает органолептические показатели кисломолочной пасты – придает легкий оранжевый оттенок, мажущуюся консистенцию – и обеспечивает функциональность продукта по витаминам С и β -каротину на 39,3 и 28,6%, соответственно, на фоне повышения содержания белка с 3,5% до 4,7%. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование нутового и нутво-облепихового экстрактов для формирования функциональных и улучшения потребительских свойств пастообразных молочных продуктов.

Ключевые слова: нут, облепиха, экстракт, кисломолочная паста, белковый препарат

Для цитирования: Функционально-технологический потенциал использования белковых препаратов на основе нута и облепихи в производстве кисломолочных паст / О.Д. Сарсенова, А.А. Анопко, А.О. Абсаттарова, Л.Ф. Григорян // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 77-85. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-77-85>.

Original article

FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL USE OF PROTEIN PREPARATIONS BASED ON CHICKPEA AND SEA-BUCKTHORN IN THE PRODUCTION OF SOUR CREAM PASTES

Olesya D. Sarsenova¹, Alina A. Anopko^{2✉}, Anastasia O. Absattarova³, Luisa F. Grigoryan⁴

^{1,2,3,4}Volgograd State Technical University, Volgograd region, Volgograd, Russia

¹olesiacasilevasun@mail.ru[✉]

²alina.cor@yandex.ru

³absattarowa.anastasia@gmail.com

⁴luchikg@gmail.com

Abstract. The functional and technological properties (FTP) of protein preparations based on leguminous and non-traditional vegetable raw materials are promised for practical use in the production of

pasty dairy products. The aim of the research was to increase the functional and technological compatibility of protein preparations - chickpea and chickpea-sea buckthorn extrudates, - with the milk-fat base in the sour cream paste. For this purpose, the water-binding (WBC), water-retaining (WRC), fat-binding (FBC) and fat-emulsifying (FEC) capacity of the preparations were determined, as well as the organoleptic parameters and nutrient sufficiency of sour-cream pastes experimental samples. Chickpea-sea buckthorn extrudate showed a higher WBC compared to chickpea, that improves hydration in a moderate excess of water. Both preparations reduced water-retaining properties in a nonpolar substance. At the same time, the WRC of chickpea extrudate in the cream is 57% higher than in the composition with the sea buckthorn component. Despite the higher fat-binding properties of chickpea extrudate, both preparations had a comparable emulsifying effect 54 and 56%. However, chickpea-sea buckthorn extrudate differs a more stable fat emulsifying effect due to a lower variation in the values $FEC \pm 0.50\%$ compared to chickpea $\pm 1.90\%$. Besides, this preparation improves the organoleptic properties of sour cream paste – it gives a light orange hue, a smudging consistency – and ensures the product's functionality in vitamins C and beta-carotene by 39.3 and 28.6%, respectively, at the same time is increasing protein content from 3.5% to 6.7%. The results obtained allow us to recommend the use of chickpea and chickpea-sea buckthorn extrudates for the formation of functional and improvement consumer properties of pasty dairy products.

Keywords: chickpea, sea-buckthorn, extrudate, sour cream paste, protein preparation

For citation: Functional and technological potential use of protein preparations based on chickpea and sea-buckthorn in the production of sour cream pastes. O.D. Sarsenova, A.A. Anopko, A.O. Absattarova, L.F. Grigoryan. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 77-85. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-77-85>.

Введение

По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более трети населения со средним и низким уровнем дохода сталкиваются с двойной проблемой неполноценного питания: нерациональное соотношение нутриентов и алиментарные дефициты на фоне общей недостаточности поступления пищевых веществ [13]. Так, за последние 20 лет в России потребление белковых продуктов снизилось на 35%, наряду с увеличением потребления углеводной пищи. Среднедушевое потребление белка в составе продуктов животного происхождения уменьшилось до 38,8 г/сутки и составляет 49% против 55% рекомендуемых [8]. В связи с этим в обеспечении здоровья и устойчивого развития эффективен комплексный подход к решению проблемы как продовольственной безопасности РФ в целом, так и, непосредственно, улучшения пищевого статуса россиян. Концепцией рынка FoodNet 2.0 НТИ предусмотрен сегмент альтернативных источников сырья, в том числе пищевого белка [2]. Растущий ассортимент и применение белковых препаратов растительного происхождения в производстве продуктов питания станет долгосрочным эффективным решением устранения дефицита пищевого белка на период до середины XXI в.

Наиболее востребованы белковые препараты из зернобобовых культур, что обусловлено не только максимальным содержанием протеина в ряду его растительных источников, но и биологической ценностью белка, то есть богатым аминокислотным составом, в частности, по серосодержащим аминокислотам, а также хорошей технологичностью, например, для применения в производстве пастообразных молочных продуктов [1, 3, 8].

Бобовые культуры давно присутствуют в рационе человека и являются основным источником белка в питании людей, воздерживающихся от мяса. Так, содержание белка в зерне нута, в зависимости от сорта и региона возделывания, варьирует от 20,1 до 32,4%. Белки нута представляют собой сложный комплекс индивидуальных протеинов широкого аминокислотного состава, характеризующийся сбалансированным содержанием азота, фосфора, серы [8, 10].

Современные биотехнологические разработки ориентированы на глубокую переработку сырьевого материала с извлечением биологически активных веществ и их последующим применением в производстве функциональных продуктов питания [9]. Так, вторичное использование жмыха облепихи, остающегося от производства облепихового масла, после адаптирующей обработки позволяет в полной мере направить на пищевые цели содержащиеся

ся в нем пищевые волокна, каротиноиды, витамины С, В₁, В₂, РР, Р, Е, макро- и микроэлементы. Облепиха богата антиоксидантами, которые защищают клетки организма от повреждений свободными радикалами, что может повысить эффективность препарата как средства для поддержания здоровья [6].

Белковые препараты на основе зернобобовых культур демонстрируют ценные функционально-технологические свойства (ФТС), такие как растворимость, водосвязывающую и жиросвязывающую способности, реологические свойства, имеющие практическое применение в пищевых системах на молочной основе [4, 8, 12].

Экструдирование белковых препаратов кратковременным, но интенсивным механическим и баротермическим воздействием повышает переваримость растительного белка за счет разрушения сложных гликопротеидных комплексов, нивелирует его специфический бобовый привкус, инактивирует антипитательные вещества – лектины и ингибиторы протеаз, – вызывает деструкцию пищевых волокон жмыха облепихи до более коротких фрагментов, повышает растворимость и способствует размягчению частиц, что улучшает технологические свойства для применения в рецептурах пастообразных молочных продуктов [11].

Формирование заданных структурно-механических свойств имеет определяющее значение в обеспечении качества и хранимостепособности пастообразных молочных продуктов. Их регулирование направленным использованием ФТС белковых экструдатов, проявляющих физико-химическое поведение во взаимодействии с компонентами пищевых систем, обеспечивает желаемые текстуру, консистенцию и потребительские характеристики кисломолочных паст [8, 12]. Так, ввиду высокого содержания свободной воды в молочной и сливочной основе, связывание и удержание воды белковым препаратом становится одним из ключевых факторов формирования консистенции, структурно-механических свойств и хранимостепособности кисломолочных паст [1].

Цель исследования – повышение функционально-технологической совместимости новых белковых препаратов на основе нута и облепихи с молочно-жировой основой в составе кисломолочной пасты.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования стали белковые препараты на основе нута сорта «Волжанин 50», полученные по оригинальным технологиям, разработанным ГНУ НИИММП (г. Волгоград) [6, 7], а именно, экструдат зерен нута и эструдированная нутowo-облепиховая композиция в соотношении 1:1.

Нутовой экструдат получали предварительным измельчением зерна на молотковой дробилке и сухим экструдированием на экструдере КМЗ-2 при температуре 120-150 °С и давлении 2,5-3,0 МПа в течение 3 с с последующим размолом до состояния муки [7].

Способ получения нутowo-облепихового экструдата (патент RU 2822693) предусматривал предварительную сушку облепихового жмыха в течение 24 ч при температуре не выше 50 °С до достижения влажности 20% с последующим смешиванием с бобами нута в соотношении 1:1, измельчением до размера 2-3 мм и экструзией при температуре 120-150 °С и давлении 40-50 атм. в течение 10 с, охлаждением хлопьев до температуры 30-40 °С и их измельчением до частиц размером 2-3 мм [6].

Исследование функционально-технологических свойств полученных белковых препаратов проводили в 2023-2024 г. в лаборатории кафедры технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета по известным методикам в модельных пищевых средах: водосвязывающую способность (ВСС) – по количеству воды, связанному 1 г препарата после центрифугирования в течение 5 мин.; водоудерживающую способность (ВУС) – аналогично, с пересчетом на долю удерживаемой воды в %; жиросвязывающую способность (ЖСС) – по количеству масла, связанному 1 г препарата после центрифугирования в течение 15 мин.; жироземульгирующую способность (ЖЭС) – по доле эмульгированного слоя в общем объеме масляно-белковой смеси, оставшейся после центрифугирования в течение 5 мин. [3, 12].

Для оценки функционально-технологической совместимости исследуемых белковых препаратов с молочно-жировой основой вырабатывали экспериментальные образцы кисломолочных паст по оригинальной запатентованной технологии (патент RU 2804491): опытный № 1 – с добавлением нутового экструдата, опытный № 2 – с нутово-облепиховым экструдатом, контрольный аналог – без использования белковых препаратов [5].

Эффективность применения белковых препаратов оценивали по органолептическим показателям выработанных образцов кисломолочных паст и обеспеченности макро- и микронутриентами. Органолептические показатели идентифицировали по результатам дегустационной оценки, нутриентную обеспеченность – по принципу аддитивности, широко применяемому в пищевой комбинаторике, с учетом установленных МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) норм физиологических потребностей в пищевых веществах для населения РФ.

Результаты исследований и их обсуждение

Влагосвязывающие свойства (ВСС) полученных белковых экструдатов зависят от количества добавленной воды в модельной системе гидромодуля (рис. 1). Так, при низком содержании воды в гидромодулях 1:1 и 1:2, ВСС обоих испытуемых экструдатов незначительны 0 и 0,1 г/г, ввиду связывания ими воды в минимальной степени. В диапазоне гидромодулей от 1:3 до 1:5 экструдат композиции нута и жмыха облепихи демонстрирует более выраженное увеличение ВСС по сравнению с экструдатом нута, что свидетельствует о большем количестве доступных гидрофильных центров и о более рыхлой структуре, облегчающей доступ воды. Выше гидромодуля 1:5 скорость роста ВСС обоих экструдатов замедлена. Выше гидромодуля 1:8 различия ВСС вновь незначительны, что свидетельствует о насыщении белковой структуры водой и достижении максимальной степени гидратации. В диапазоне от 1:9 до 1:10 нуттово-облепиховый экструдат имеет несколько более высокую ВСС 6,4-7,5 г/г по сравнению с экструдатом нута 5,3-6,6 г/г.

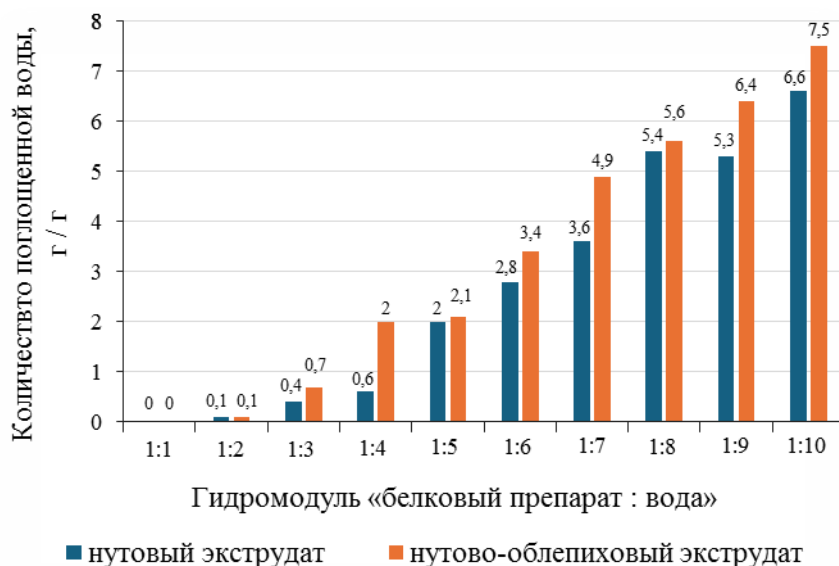


Рисунок 1. ВСС белковых препаратов

Таким образом, более интенсивный рост ВСС нутово-облепихового экструдата при умеренном избытке воды свидетельствует о его большей способности к начальной гидратации. Однако увеличение содержания воды уменьшает различия между величиной ВСС исследуемых белковых препаратов. В целом, нутово-облепиховый экструдат демонстрирует большую ВСС по сравнению с нутовым, что можно объяснить присутствием в облепиховой части композиции гидроколлоидов углеводной природы, связывающих воду большим количеством гидроксильных ОН-групп, что сопровождается раскручиванием макромолекул, ослаблением связей в исходной структуре и, как следствие, облегчает проникновение воды.

Для конструирования необходимых реологических свойств и консистенции кисломолочной пасты установлены ВУС нутового и нутово-облепихового экструдата, взятых в количествах пропорционально рецептуре – 6 и 8%, соответственно, – в модельных пищевых системах на основе сливок массовой долей жира 20%.

Результаты показывают, что оба препарата несколько снижают свои водоудерживающие свойства в сливках, так как жир модельной среды обволакивает белковые макромолекулы и отталкивает молекулы воды от его поверхности (рис. 1, табл. 1). При этом в сливках ВУС нутового экструдата на 57% выше, чем в его композиции с облепиховым компонентом (табл. 1). Снижение ВУС облепиховым компонентом, вероятно, обусловлено тем, что преобладающую долю воды в нем связывает углеводная составляющая, а в нутовом – белковая. Значит, гидрофобизация полисахаридов нутово-облепихового экструдата в модельной среде сливок снижает его общие гидрофильные свойства.

Таблица 1. ФТС белковых препаратов

Белковый препарат	Количество, %	ВУС, %	ЖСС, г/г	ЖЭС, %
Нутовый экструдат	6	$330 \pm 0,20$	$2,1 \pm 0,20$	$54 \pm 1,90$
Нутово-облепиховый экструдат 1:1	8	$210 \pm 0,31$	$0,78 \pm 0,3$	$56 \pm 0,50$

Нутовый экструдат демонстрирует значительно более высокую ЖСС 2,1 г/г по сравнению с нутово-облепиховым экструдатом 0,78 г/г, что стабилизирует жировую фазу продукта на длительный период времени и делает его предпочтительным для кисломолочных паст. Меньшая стабильность удержания жира нутово-облепиховым экструдатом обусловлена доминированием гидрофильных полярных групп его макромолекул, что коррелирует с его более высокой ВСС в гидромодулях (рис. 1).

В целом, оба препарата оказывают сопоставимый жирозэмульгирующий эффект 54 и 56%, однако нутово-облепиховый экструдат показывает меньшую вариацию значений ЖЭС $\pm 0,50\%$ по сравнению с нутовым $\pm 1,90\%$, что свидетельствует о постоянстве его свойств. Установленный эффект объясняет присутствие в облепиховом компоненте поверхностно-активных веществ дифильного строения – глицеридов, фосфолипидов и др., – обладающих свойствами эмульгаторов.

Органолептическая оценка опытных образцов кисломолочной пасты показала, что добавление нутового экструдата незначительно влияет на запах и вкус продукта (табл. 2). Однако добавление нутово-облепихового экструдата придает пасте легкий оранжевый оттенок, что повышает ее потребительскую привлекательность. Исследования текстуры показали, что добавление нутового экструдата увеличивает плотность и вязкость кисломолочной пасты. Нутово-облепиховый экструдат также влияет на структурно-механические свойства, однако степень этого влияния зависит от содержания жира в жмыхе облепихи. По результатам исследования можно сделать вывод о том, что добавление как нутового, так и нутово-белкового экструдатов улучшает консистенцию пастообразных молочных продуктов, усиливая ощущение наполненности в ротовой полости при употреблении.

Таблица 2. Органолептические показатели кисломолочных паст

Характеристика	Образец		
	контрольный	опытный № 1	опытный № 2
Внешний вид и цвет	однородная масса белого цвета	однородная масса светло-коричневого цвета	однородная масса светло-оранжевого цвета с видимыми включениями
Консистенция	липкая, мажущаяся	густая, плотная	мажущаяся
Запах	чистый, кисломолочный	кисломолочный с ореховыми нотками	кисломолочный с нотками облепихи
Вкус	кисломолочный	кисломолочный с выраженным ореховым привкусом	кисломолочный, сбалансированный с ореховым привкусом и нотками облепихи, слегка горьковатый

По результатам оценки нутриентной обеспеченности образцов кисломолочных паст, добавление белковых препаратов увеличивает содержание белка в опытных образцах в среднем на 33,5% по сравнению с контролем (табл. 3). При этом использование в рецептуре кисломолочной пасты нутто-облепихового экструдата дополнительно обогащает его витаминами С, Е и β -каротином и позволяет достигнуть функционального уровня обеспеченности витамином С – на 39,3% рекомендуемой суточной потребности (РФП), – и β -каротином – на 28,6% РФП в расчете на 100 г продукта.

Таблица 3. Нутриентная обеспеченность кисломолочных паст в расчете на 100 г

Нутриент	НФП, г (мг) в сутки	Образец					
		контрольный		опытный №1		опытный №2	
		г (мг)/100 г	% РФП	г (мг)/100 г	% РФП	г (мг)/100 г	% РФП
Белок	76	3,5	4,6	4,68	6,15	4,7	6,18
Жир	72	20	27,7	18,45	25,62	18,61	25,84
Витамин С	(100)	(1)	1	(1,15)	1,15	(39,3)	39,3
Витамин Е	(15)	(0,5)	3,33	(0,5)	3,33	(0,85)	5,6
β -каротин	(5)	(0,05)	1	(0,36)	7,2	(1,43)	28,6

Полученные результаты подтверждают перспективы использования белковых препаратов на основе нута, особенно в экструдированной композиции с облепиховым компонентом, для обогащения белком, повышения биологической, пищевой ценностей и витаминной обеспеченности кисломолочных паст.

Выводы

1. Нутто-облепиховый экструдат проявляет более высокую ВСС по сравнению с нутто-вым уже на начальном этапе гидратации в умеренном избытке воды в диапазоне гидромодулей от 1:3 до 1:5, что способствует ускорению производственного процесса и улучшает текстуру пастообразных продуктов. В диапазоне гидромодулей от 1:9 до 1:10 нутто-облепиховый экструдат связывает 6,4-7,5 г/г воды, что на 20,8 и 13,6%, соответственно, выше по сравнению с нуттовым 5,3-6,6 г/г.

2. Для получения оптимальных функциональных и органолептических свойств конечного пастообразного молочного продукта необходимо учитывать особенности ФТС каждого экструдата и адаптировать технологические параметры – гидромодуль, режим смешивания, – и рецептуру. В частности, при использовании нуттового экструдата в композиции с облепиховым компонентом в неполярной среде сливок следует принимать во внимание снижение

его водоудерживающих свойств с 330 до 210%, что нежелательно для стабилизации текстуры и предотвращения синерезиса в молочно-жировой среде.

3. Нутовый экстракт ввиду более высоких жиросвязывающих свойств 2,1 г/г, по сравнению с нутово-облепиховым 0,78 г/г, предпочтительнее для производства кисломолочной пасты с точки зрения предотвращения появления свободного жира и стабилизации текстуры. Однако при сопоставимом эмульгирующем эффекте обоих препаратов 54 и 56%, нутово-облепиховый экстракт ввиду меньшей вариации значений ЖЭС $\pm 0,50\%$, по сравнению с нутовым $\pm 1,90\%$, отличается более стабильным жироземлюющим действием, что позволяет получить не менее устойчивую молочно-жировую пастообразную систему.

4. Оба препарата повышают содержание белка в продукте в среднем на 33,5%, а именно, с 3,5 до 4,7%. При этом нутово-облепиховая композиция придает продукту легкий оранжевый оттенок и, в сравнении с нутовым экстрактом, увеличивает содержание витамина С с 1,15 до 39,3 мг%, витамина Е – с 0,5 до 0,85 мг%, а β -каротина – с 0,36 до 1,43 мг%, тем самым повышая функциональность кисломолочной пасты по витамину С и β -каротину до физиологически значимого уровня 39,3 и 28,6% РФП, соответственно.

5. Полученные результаты могут быть полезны при разработке рецептов и технологий производства пастообразных молочных продуктов с использованием нутового и нутово-облепихового экстрактов, позволяя прогнозировать их поведение в водной и жировой среде для формирования желаемой текстуры и консистенции паст, а также увеличения их нутриентной обеспеченности белком, витамином С и β -каротином.

Список источников

1. Васильева О.Д., Короткова А.А. Водоудерживающая способность нутового белка в технологии кисломолочной пасты // Пищевые технологии и биотехнологии: XVIII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, Казань, 18-21 апреля 2023 года. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2023. С. 602-606.

2. Ергунова О. Т., Белякова Н. Ю., Бышевская А. В. Тренды инновационного развития национального рынка FoodNet в контексте глобальных вызовов // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2022. Т.11. №3. С. 63-68.

3. Кисломолочный продукт функционального назначения с гороховым концентратом / В. В. Колпакова, Д. С. Куликов, В. А. Гулакова [и др.] // Пищевая промышленность. 2024. № 6. С. 126-132.

4. Панкина И.А., Борисова Л.М. Исследование набухания и растворимости сухих веществ семян зернобобовых культур // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. №2. С. 13-20.

5. Патент № 2804491 С1 Российская Федерация, МПК А23С 13/12, А23С 13/16. Кисломолочная паста: № 2023109441: заявл. 13.04.2023: опубл. 02.10.2023 / О.Д. Васильева, А.А. Короткова, В.Н. Храмова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет».

6. Патент № 2822693 С1 Российская Федерация, МПК А23L 33/00. Способ получения экструдированной пищевой добавки на основе бобов нута и облепихи: № 2023116110: заявл. 16.06.2023: опубл. 11.07.2024 / М.И. Сложенкина, И.Ф. Горлов, А.А. Мосолов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции».

7. Патент № 2249417 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/31, А23L 1/052, А23L 1/314. Структурообразующая добавка к мясным формованным продуктам и Способ получения мясных формованных продуктов с ее использованием: № 2003124592/13: заявл. 07.08.2003: опубл. 10.04.2005 / И.Ф. Горлов, Т.В. Каренгина; заявитель ГУ Волгоградский научно-исследовательский технологический институт мясо-молочного скотоводства и переработки продукции животноводства РАСХН.

8. Пищевая химия / А.П. Нечаев [и др.]. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2012. 672 с.
9. Садовой В.В., Силантьев А.Н., Васюкова О.Н. Многокомпонентная пищевая добавка - эмульгатор // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 2-3(273-274). С. 58-60.
10. Самченко О.Н. Бобовые культуры: перспективы использования для оптимизации химического состава мясных полуфабрикатов // Наука и современность. 2014. № 28. С. 172-176.
11. Effect of process parameters on the functional and physic chemical properties of extrudates enriched with starch-based nut flour / D. Tsagareishvili, O. Sesikashvili, D. Tavdidishvili, G. Dadunashvili, N. Sakhanberidze, S. Tsagareishvili // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2020. No. 14. Pp. 247-253.
12. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten / V.V. Kolpakova, L.V. Chumikina, L.I. Arabova [et al.] // Foods and Raw Materials. 2016. Vol. 4. No. 2. Pp. 48-57.
13. The double burden of malnutrition: a systematic review of operational definitions / J.N. Davis, B.M. Oaks, R. Engle-Stone // Current Developments in Nutrition. 2020. Vol. 4. No. 9 Pp. 1-14.

References

1. Vasileva O. D., Korotkova A. A. Water-holding capacity of chickpea protein for the production of sour cream paste. Food technology and biotechnology: XVIII All-Russian Conference of young scientists, graduate students and students with international participation, Kazan, 18-21 April 2023. Kazan: Kazan National Research Technological University, 2023, pp. 602-606.
2. Ergunova O.T., Belyakova N.Yu., Byshevskaya A.V. Trends in innovative development of the national FoodNet market in the context of global challenges. Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies, 2022, vol. 11, no. 3, pp. 63-68.
3. Fermented milk product for functional purpose with peas concentrate. V. V. Kolpakova, D. S. Kulikov, V. A. Gulakova [et al.]. Food Industry, 2024, no. 6, pp. 126-132.
4. Pankina I.A., Borisova L.M. Grain legumes' swelling and solubility of their dry solids. Processes and Food Production Equipment, 2016, no. 2, pp. 13-20.
5. Pat. 2804491 C1 Russian Federation, MPK A23C 13/12, A23C 13/16. Sour cream paste: No. 2023109441: Appl. 13.04.2023: Publ. 02.10.2023. O.D. Vasileva, A.A. Korotkova, V.N. Khramova [et al.]; applicant Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Technical University».
6. Pat. 2822693 C1 Russian Federation, MPK A23L 33/00. Method of producing extruded food additive based on chickpea and sea-buckthorn beans: No. 2023116110: Appl. 16.06.2023: Publ. 11.07.2024. M.I. Slozhenkina, I.F. Gorlov, A.A. Mosolov [et al.]; applicant Federal State Budget Scientific Institution «Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products».
7. Pat. 2249417 C1 Russian Federation, MPK A23L 1/31, A23L 1/052, A23L 1/314. Texturizing additive for formed meat products and method for obtaining of formed meat products with the use of texturizing additive: No. 2003124592/13: Appl. 07.08.2003: Publ. 10.04.2005. I.F. Gorlov, T.V. Karengina; applicant State Institution «Volgograd Research Technological Institute of meat and dairy cattle breeding and processing of livestock products Russian Academy of Agricultural Sciences».
8. Food chemistry. A.P. Nechaev [et al.]. St. Petersburg: GIORД, 2012. P. 672.
9. Sadovoy V.V., Silantyev A.N., Vasyukova O.N. Multicomponent food additive – emulsifier. Izvestiya vuzov. Food technology, 2003, no. 2-3(273-274), pp. 58-60.
10. Samchenko O.N. Legumes: prospects of use for optimising the chemical composition of meat semi-finished products. Science and Modernity, 2014, no. 28, pp. 172-176.
11. Effect of process parameters on the functional and physic chemical properties of extrudates enriched with starch-based nut flour. D. Tsagareishvili. Tsagareishvili, O. Sesikashvili, D.

Tavdidishvili, G. Dadunashvili, N. Sakhanberidze, S. Tsagareishvili. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2020, no. 14, pp. 247-253.

12. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. V.V. Kolpakova, L.V. Chumikina, L.I. Arabova [et al.]. Foods and Raw Materials, 2016, vol. 4, no. 2, pp. 48-57.

13. The double burden of malnutrition: a systematic review of operational definitions. J.N. Davis, B.M. Oaks, R. Engle-Stone. Current Developments in Nutrition, 2020, vol. 4, no. 9, pp. 1-14.

Информация об авторах

О.Д. Сарсенова – обучающийся;

А.А. Анопко – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств;

А.О. Абсаттарова – обучающийся;

Л.Ф. Григорян – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств.

Information about the authors

O.D. Sarsenova – Student;

A.A. Anopko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology Industries;

A.O. Absattarova – Student;

L.F. Grigoryan – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology Industries.

Научная статья

УДК 664.8.047

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-86-95

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЕТА-ГЛЮКАНА ОВСА НА СВОЙСТВА КОНДИТЕРСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ПЛОДОВ *RUBUS IDAEUS*

Школьникова Марина Николаевна^{1✉}, Рожнов Евгений Дмитриевич²,

Кузьмина Александра Максимовна³

^{1,2}Уральский государственный экономический университет, Свердловская область,
Екатеринбург, Россия

³Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического
университета им. И.И. Ползунова, Алтайский край, Бийск, Россия

¹shkolnikova.m.n@mail.ru✉

²red.bti@yandex.ru

³saauia@mail.ru

Аннотация. Мучные кондитерские изделия с фруктовыми наполнителями традиционно пользуются стабильно высоким покупательским спросом. Основными свойствами, наряду с органолептическими и безопасностью, наполнители должны обладать определенной вязкостью и водосвязывающей способностью, формирующейся благодаря применению различных загустителей и гелеобразователей, в частности, – гидроколлоидов. В последнее время в кондитерской отрасли растет интерес к использованию в качестве загустителей β -глюканов из зерновых культур, применение которых и свойства недостаточно изучены, что обусловило цель настоящей работы – исследование влияния β -глюкана овса концентрации 1 %, 3 % и 5 % на свойства кондитерского наполнителя из плодов малины обыкновенной *Rubus idaeus*. Физико-химические свойства образцов наполнителей (массовые доли растворимых сухих веществ, титруемых кислот, примесей, водородный показатель) исследовали стандартными методами, органолептические свойства – дегустацией по ГОСТ 8756.1, технологические свойства: вязкость – на экспресс-анализаторе ЭАК-2М, интенсивность синерезиса % – измерением объема жидкости, выделившейся из 30 г наполнителя за 7 сут., распределение наполнителя внутри пирожных – визуально. Образцы наполнителя представляют собой вязкую желеобразную массу малинового цвета, с равномерно распределенными в ней частями малины без комков и сгустков, которая не растекается на горизонтальной поверхности, аромат и вкус образцов – свойственные плодам малины. Установлено, что оптимальная концентрация β -глюкан – 3% позволяет получить наполнитель с оптимальной консистенцией ($896,4 \pm 54,0$ ед.), уменьшить интенсивность синерезиса, наполнитель равномерно распределяется по всему внутреннему объему изделий, без пустот и признаков вытекания. Показана целесообразность использования β -глюкан овса в качестве альтернативы низкометоксилированного пектина в кондитерском наполнителе из плодов *Rubus idaeus* для использования в технологии пирожных.

Ключевые слова: β -глюкан, гидроколлоид, технологические свойства, кондитерский наполнитель, плоды малины, пирожные.

Для цитирования: Школьникова М.Н., Рожнов Е.Д., Кузьмина А.М. Исследование влияния бета-глюкана овса на свойства кондитерского наполнителя из плодов *Rubus idaeus* // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 86-95. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-86-95>.

Original article

STUDY OF THE EFFECT OF OAT BETA-GLUCAN ON THE PROPERTIES OF CONFECTIONERY FILLING FROM *RUBUS IDAEUS* FRUITS

Marina M. Shkolnikova^{1✉}, Evgeny D. Rozhnov², Aleksandra M. Kuzmina³

^{1,2}Ural State University of Economics, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Russia

³Biysk Technological Institute (branch) of the Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Altai Krai, Biysk, Russia

¹shkolnikova.m.n@mail.ru✉

²red.bti@yandex.ru

³saauia@mail.ru

Abstract. Flour confectionery products with fruit fillings traditionally enjoy a consistently high consumer demand. As a result, with organoleptic and safety, fillers must provide viscosity and water-binding technology, formed due to the use of various thickeners and gelling agents, in particular, hydrocolloids. Recently, in the agricultural industry, there has been a growing interest in the use of β -glucans from grain crops as thickeners, the use and properties of which have not been sufficiently studied, which determined the purpose of this work - a study of the total β -glucan of oats contains 1%, 3% and 5% of the properties of confectionery filling from the fruits of the common raspberry *Rubus idaeus*. Physicochemical properties of the filler samples (mass fraction of soluble substances, titratable acids, impurities, hydrogen index) were studied by standard methods, organoleptic properties - tasting according to GOST 8756.1, technological properties: viscosity - on the express analyzer EAK-2M, syneresis % - measuring the volume of liquid released from 30 g of filler in 7 days, determining the filler inside the cakes - visual. The filler samples are a viscous jelly-like mass of raspberry color, with raspberry parts evenly distributed in it without lumps and clots, which does not spread over a horizontal surface, the aroma and taste of the samples are unique raspberry fruits. It has been established that the optimal concentration of β -glucan is 3%. It allows obtaining a filler with an unstable consistency (896.4 ± 54.0 units), a decrease in the degree of syneresis, the filler moves evenly throughout the entire volume of the product, without emptiness and signs of leakage. The preference for using β -glucans as an alternative to low-methoxylated pectin in confectionery filling from *Rubus idaeus* fruits for use in cake technology has been shown.

Keywords: β -glucan, hydrocolloid, technological properties, confectionery filling, raspberry fruits, cakes.

For citation: Shkolnikova M.M., Rozhnov E.D., Kuzmina A.M. Study of the effect of oat beta-glucan on the properties of confectionery filling from *Rubus idaeus* fruits. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 86-95. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-86-95>.

Введение

Фруктовые наполнители являются самыми популярными отделочными полуфабрикатами и, согласно ГОСТ Р 54682-2011 Полуфабрикаты. Наполнители фруктовые и овощные. Общие технические условия представляют собой «вязкий сиропообразный или желеобразный продукт с равномерно распределенными в общей массе фруктами или ягодами, целыми или их частями».

Традиционно мучные кондитерские изделия с наполнителями – начинками и прослойками пользуются стабильно высоким покупательским спросом. При изготовлении пирожных, в частности, из заварного теста «Шу», чаще всего в качестве начинки используются специально разработанные наполнители сложного состава, имеющие заданные органолептические и физико-химические свойства, а именно, – вязкость и водосвязывающая способность, формирующиеся благодаря применению различных загустителей и гелеобразователей. Наиболее часто используются такие полисахариды, как: пектины Е440, камеди (гуаровая Е412, геллановая Е418), агар-агар Е406, карбоксиметилцеллюлоза Е466 и др. [7, 8] Загустители и гелеобразователи по химической природе представляют собой линейные или разветвленные полимерные цепи с гидрофильными группами, которые вступают в физическое взаимодействие с имеющейся в продукте водой, вследствие чего их объединяют под общим названием – гидроколлоиды [4].

Стоит отметить, что в последнее время в кондитерской отрасли растет интерес к использованию в качестве загустителей β -глюканов из зерновых культур, которые достаточно широко используются в ряде отраслей пищевой промышленности для улучшения текстуры продуктов, повышения их пищевой ценности и модификации реологических характеристик. В частности, в работе [17] обобщены сведения по использованию β -глюкана в технологии молочных продуктов. Авторами показано, что β -глюкан используется как загуститель в ферментированных и неферментированных напитках, стабилизатор консистенции в йогуртах и нежирных сырах. При этом зерновые β -глюканы выполняют как технологические функции – формирование текстуры, имитация вкуса молочного жира, увеличение вязкости напитков, улучшение реологических характеристик, так и биологические – снижение уровня холестерина, положительное влияние на кишечный тракт и т.д. В другой работе сделан вывод, что, наряду с улучшением текстуры и сенсорных свойств молочных продуктов, β -глюкан поддерживает и повышает жизнеспособность пробиотиков [13]. Однако авторами обеих публикаций сделан вывод о соблюдении предельно допустимой концентрации β -глюкана в зависимости от его происхождения (зерновой, микробный) и вида молочного продукта.

В работе [2] показано положительное влияние гидроколлоида β -глюкана в составе комплексной зерновой добавки на реологические свойства теста и готовых хлебобулочных изделий. Показано также, что добавление комплексной зерновой добавки 6 % к массе муки способствует активизации процесса брожения теста.

Что касается кондитерской отрасли, то в работе [5] авторы исследовали технофункциональный потенциал различных продуктов из овса и ячменя в качестве структурообразователей термоустойчивых фруктово-желейных кондитерских масс (начинок) как альтернативу импортным пектинам. Показана целесообразность замены при производстве фруктово-желейных термостабильных начинок дорогостоящего низкометоксилированного пектина зерновыми содержащими β -глюкан ингредиентами. Анализ экспериментальных данных показал, что оптимальная дозировка их внесения 15% позволяет получить качественные начинки с хорошими термостабильными свойствами, уменьшить интенсивность синерезиса.

Lee и Inglett в статье [15] привели результаты по замене кондитерского кулинарного жира – шортенинга β -глюкансодержащей добавкой Nutrim OB в количестве 10 %, 20 % и 30 % в рецептуре печенья. Отмечено, что замена жира повлияла на реологические и физические характеристики образца печенья, в состав которого входил β -глюкан, в частности: диаметр уменьшился, а высота изделия увеличилась. По мнению авторов, гидроколлоиды могут способствовать образованию эластичной сети, которая вызывает эластичную усадку после выпечки, в конечном итоге показывая меньшее расширение, чем контрольное печенье. Установлено, что с увеличением дозировки β -глюкансодержащей добавки увеличивалось как содержание воды (с 5,1 % при минимальной дозировке добавки до 8,67 % – при максимальной), так и активность воды – 0,37, 0,46 и 0,55, что ниже предела роста микроорганизмов. Также отмечены более «эластичные» характеристики печенья с заменой шортенинга. Поэтому замена жира на β -глюкан и β -глюкансодержащие добавки способствует контролю потребления калорий и обеспечивает добавленную полезность печенья.

β -Глюканы представляют собой водорастворимые пищевые волокна, обладающие загущающими свойствами. Связанные (1 $\rightarrow$ 3)- и (1 $\rightarrow$ 4)-связями β -глюканы являются линейными полисахаридами, состоящими из олигомеров, разделенных простыми (1 $\rightarrow$ 3)- β -связями. Обычно β -глюканы с высокой молекулярной массой образуют вязкие растворы, причем с повышением молекулярной массы возрастает вязкость. Растворы β -глюканов низкой молекулярной массы ведут себя подобно гелям, а некоторые типы β -глюканов могут образовывать термообратимые гели. Стоит отметить, что способ получения β -глюкана оказывает влияние на его свойства. Так, молекулярная масса овсяного β -глюкана, полученного ферментативным гидролизом (целлюлазой 76 ед/г), составила $6,6 \times 10^6$ Da по сравнению с опытным $9,4 \times 10^6$ Da (щелочной гидролиз), средний размер составил 110,3 нм и 126,6 нм соответственно; снимки, полученные с помощью SEM, продемонстрировали более гладкую поверхность зерен у β -глюкана, полученного ферментативным гидролизом [16].

Кондитерские полуфабрикаты из плодов малины довольно широко используются в кондитерском производстве, так как малина красная повсеместно распространенный кустарник с сочными и вкусными плодами [18]. Также потребители предпочитают фруктовые начинки и наполнители с мягкой текстурой и сладким, кислым и очень фруктовым вкусом, соответствующим натуральному, «чистому» продукту, так называемый «домашний стиль» [10].

Также известно влияние гидроколлоидов мальтодекстрина, пектина и изолята картофельного белка на свойства пюре из малины, в том числе способность пенообразования и стойкость пены [11]. Однако в доступных источниках данных по применению β -глюкана овса в составе наполнителя из плодов малины вообще и в технологии пирожных, в частности, не обнаружено, что подтверждает научную и прикладную значимость настоящего исследования.

Таким образом, приведенный обзор подтверждает перспективность использования β -глюкана в различных отраслях пищевой промышленности в качестве гидроколлоида, а ограниченное количество научных исследований по его использованию в технологии кондитерских изделий обуславливает актуальность настоящего исследования.

Цель исследования – оценка влияния β -глюкана овса различной концентрации на свойства кондитерского наполнителя из плодов малины обыкновенной *Rubus idaeus*.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования по получению образцов наполнителя, измерению значений их органолептических, физико-химических, микробиологических и технологических показателей выполнены в 2022-2024 гг в лаборатории биохимии, химии и технологии переработки растительного сырья кафедры биотехнологии Бийского технологического института (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Объектом исследования являлись образцы наполнителя из свежих плодов малины, полученные добавлением в пюре β -глюкана овса. Пюре получали увариванием свежих, чистых и здоровых плодов малины с отделенной плодоножкой с сахаро-паточным сиропом с содержанием сухих веществ около 80 % по [14], так как фруктовое пюре является одним из наиболее популярных полуфабрикатов для изготовления наполнителей и других полуфабрикатов кондитерского производства [1]. Пюре представляет собой протертую массу малинового цвета, содержащую единичные семена, со вкусом, запахом и цветом, соответствующим ягодам малины. Химический состав пюре из свежих плодов малины представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав пюре из малины ($M \pm m$, $n=3$)

Показатель	Значение
М.д. сухих веществ, %	60,51 $\pm$ 0,28
Посторонние примеси	Не обнаружено
Минеральные примеси	Не обнаружено
Содержание суммы полифенольных веществ, мг/100 г	125,9 $\pm$ 4,4
Содержание витамина С, мг/100 г	10,21 $\pm$ 0,38

Образцы наполнителя были приготовлены по [14] с использованием в качестве гидроколлоида низкометоксилированного амидированного пектина NH INNER (Россия) в количестве 2,5 % – контрольный образец К; β -глюкана овса в количестве 1%, 3% и 5% – опытные образцы О1, О2 и О3 соответственно. β -Глюкан был выделен в лабораторных условиях из зерен овса посевного *Avena sativa*, с исследованием функционально-технологических свойств образца в соответствии с изложенным ранее в [9].

В образцах наполнителя определяли следующие показатели:

- органолептические – внешний вид и консистенция, цвет, вкус и запах – по ГОСТ 8756.1-2017 Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема;
 - количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;
 - физико-химические показатели:
 - массовая доля растворимых сухих веществ – по ГОСТ ISO 2173-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ;
 - массовая доля титруемых кислот – по ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности – потенциометрическим методом;
 - водородный показатель (величина pH) – по ГОСТ 26188-2016 Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения pH;
 - массовая доля примесей растительного происхождения – по ГОСТ 26323-2014 Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения содержания примесей растительного происхождения;
 - массовая доля примесей минерального происхождения – по ГОСТ ISO 762-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение содержания минеральных примесей;
 - посторонние примеси – визуально.
- Технологические свойства образцов наполнителя определяли следующими методами:
- вязкость – на экспресс-анализаторе ЭАК-2М (Россия), в соответствии с рекомендациями разработчика прибора;
 - интенсивность синерезиса (S, %) – методом измерения объема жидкости, выделившейся из 30 г наполнителя за определенное время (7 сут) по [8] по формуле:

$$S = \frac{\text{Объем отделившейся жидкости, мл}}{\text{Объем начинки, мл}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

- распределение наполнителя внутри изделий – визуально в пирожных из заварного теста «Шу», приготовленных по классическому рецепту и выпеченных при температуре 180 °С.

Все исследования проводились в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета Statistica 10, сравнение средних значений осуществляли с использованием теста Тьюки ($p < 0,05$).

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе органолептической оценки установлено, что образцы наполнителя представляют собой вязкую желеобразную массу малинового цвета, с равномерно распределенными в ней частями малины без комков и сгустков, которая не растекается на горизонтальной поверхности. Визуально установлено (рис. 1), что у образца О1 консистенция более жидкая (как у пюре), у образца О3 – наблюдалось избыточное загущение, что хорошо видно на фото рис. 1 и согласуется с содержанием растворимых сухих веществ (табл. 2).



Рисунок 1. Внешний вид опытных образцов наполнителя
(фотографии сделаны авторами)

Так, в образце О1 массовая доля растворимых сухих веществ составила 61,61%, что превышает значение аналогичного показателя в пюре на 1,1%, тогда как в контрольном и опытных (О2 и О3) образцах содержание сухих веществ увеличилось на 2,72%, 3,88% и 5,66% соответственно.

Таблица 2. Показатели качества образцов наполнителей

Показатель	Норма по ГОСТ Р 54682	Образцы			
		К	О1	О2	О3
М.д. растворимых сухих веществ, %	20,0–70,0	63,23±0,35 ^a	61,61±0,45 ^b	64,39±0,51 ^c	66,17±0,27 ^d
М.д. титруемых ки- слот, %	0,50–2,50	1,31±0,03 ^{a-d}	1,30±0,03 ^{a-d}	1,32±0,02 ^{a-d}	1,31±0,02 ^{a-d}
Водородный показатель, ед. pH	не более 4,2	3,32±0,03 ^{a-d}	3,34±0,03 ^{a-d}	3,33±0,02 ^{a-d}	3,32±0,03 ^{a-d}
КМАФАнМ, КОЕ/г, (по ТР ТС 021/2011)	не более 5×10 ³	соответствует			
Примечания: различия средних значений в строках с разными надстрочными буквами существенны (p < 0,01)					

Аромат и вкус образцов – свойственные плодам малины, во вкусе образца О3 присутствует нежелательная горечь, что можно объяснить следующим: во-первых, при термической обработке пищевых систем с высокой концентраций β -глюкана возможно частичное разложение полисахарида с образованием соединений с неприятным привкусом, во-вторых, при превышении рекомендуемых диапазонов содержания, β -глюкан может придать ему нежелательный привкус или нехарактерную консистенцию, разрушив структуру продукта [17], что подчеркивает необходимость исследований по применению β -глюкана в составе пищевых систем различного физического состояния и состава макронутриентов для разработки рекомендаций по дозировке и использованию β -глюкана в их составе. Кроме того, по мнению авторов, появление нежелательного горького привкуса у образца О3 может быть связано с окислением при нагревании фенольных соединений малины (антоцианы, флавоноиды), а

также в условиях нагревания в кислой среде возможно взаимодействие углеводов и аминокислот, что приводит к образованию меланоидинов, которые могут давать горькие оттенки во вкусе (реакция Майяра). Было отмечено отсутствие статистических различий ($p > 0,05$) в изменениях показателей массовой доли титруемых кислот и значения водородного показателя в зависимости от дозировки β -глюкана овса. Посторонние примеси, минерального и растительного происхождения не обнаружены. В эксперименте установлено, что по физико-химическим показателям все образцы соответствуют требованиям ГОСТ Р 54682-2011 Полуфабрикаты. Наполнители фруктовые и овощные. Общие технические условия, по общей обсемененности, характеризующей свежесть и безопасность продуктов питания – ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».

Таким образом, по результатам оценки органолептических и физико-химических показателей образцов для оценки технологических свойств отобраны три наполнителя – контрольный с добавлением 2,5 % пектин (К) и опытные с добавлением β -глюкана 3,0% и 5,0% (О2 и О3 соответственно).

Основными требованиями, предъявляемыми к технологическим свойствам гидроколлоидов как загустителей кондитерских наполнителей, являются обеспечение их оптимальной вязкости и текучести, а также отсутствие синерезиса. Консистенция фруктовых наполнителей обусловлена их вязкостью, которую в эксперименте (рис. 2) определяли с использованием экспресс-анализатора консистенции ЭАК-2М. Так как методика и прибор не стандартизированы, определена обобщенная реологическая характеристика образцов, выраженная в собственных единицах измерения прибора, что удовлетворяет цели настоящего исследования.

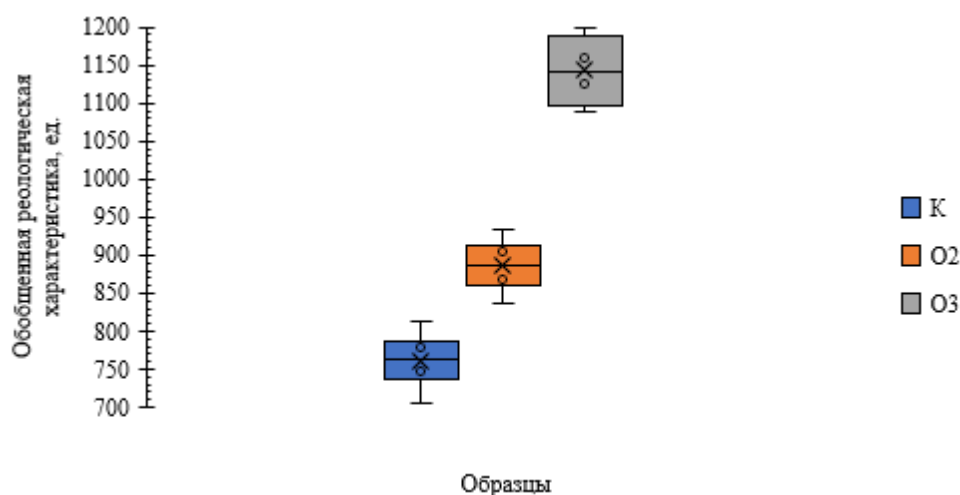


Рисунок 2. Результаты определения консистенции образцов

Таким образом, избыточно густая консистенция у образца О3 с содержанием 5% бета-глюкана, обусловлена значительной вязкостью данной пищевой системы. На практике данный факт затруднит процессы выпаривания лишней влаги и эвакуации готовой массы из варочного оборудования – часть ее остается на стенках реактора и в трубопроводе [8].

В мучных кондитерских изделиях с фруктовым наполнителем за счет разности влажности между ним и тестовой заготовкой со временем происходит миграция влаги (синерезис) из наполнителя в тесто, изделие намокает, что может привести к снижению потребительских свойств готового изделия и микробиологической стойкости при хранении. Также синерезис часто происходит, когда стабилизирующие агенты теряют свою функциональную способность прочно удерживать воду. Чтобы предотвратить синерезис во время обработки и переработки, количество и качество стабилизирующего агента, как и содержание сухих веществ, должно быть оптимальным.

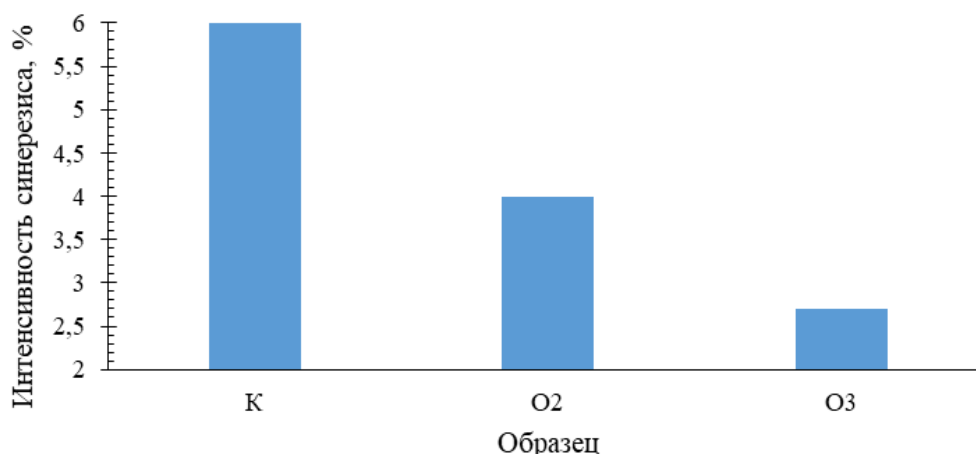


Рисунок 3. Результаты исследования синерезиса образцов

Установлено, что по истечении 7 сут синерезис появился во всех образцах, при этом в контрольном выделение влаги значительнее. Таким образом, можно считать доказанным положительное влияние гидроколлоида – β -глюкана овса на стабильность фруктового наполнителя из малины.

Полученные результаты хорошо согласуются с содержанием сухих веществ в данных образцах и литературными данными [6]. Известно, что появление синерезиса в продуктах зависит от многих факторов. Пектин в процессе желирования связывает в продукте свободную воду. Если при получении геля с использованием пектина и его последующей обработке требуемый эффект связывания воды достигается не полностью, проявляется тенденция к уплотнению геля с последующим выделением воды. На молекулярном уровне это сближение цепочек пектинов на слишком короткое расстояние, что приводит к выдавливанию исходно связанной воды из пространственной структуры геля [12]. Снижение интенсивности синерезиса опытных образцов наполнителей можно объяснить высокой водопоглощительной способностью β -глюкана (как и других продуктов из овса и ячменя), которая составляет при 100 °C порядка 210...300% [4].

Распределение наполнителя внутри пирожных из заварного теста «Шу» оценивали визуально в готовых пирожных. Наполнение производили вручную в выпеченные заготовки пирожных. Установлено, что образцы наполнителя К, O2 и O3 равномерно распределяются по всему внутреннему объему изделий, без пустот и признаков вытекания из него. Однако наполнение образцом O3 в виду его высокой вязкости было затруднительно.

Таким образом, по совокупности результатов исследования технологических свойств наполнителей из плодов малины с различными загустителями, оптимальной признана дозировка β -глюкана, равная 3%.

Выводы

1. Установлено, что β -глюкан овса может быть использован в качестве натурального загустителя для фруктовых наполнителей. Однако его концентрация играет ключевую роль в формировании технологических свойств и вкуса.
2. Оптимальная концентрация β -глюкан овса 3% позволяет получить качественный наполнитель с оптимальной консистенцией ($896,4 \pm 54,0$ ед., $p < 0.05$), приятным характерным для плодов малины вкусом, уменьшить интенсивность синерезиса, равномерно распределяющимся по всему внутреннему объему изделий, без пустот и признаков вытекания.
3. Показана целесообразность использования β -глюкан овса в качестве альтернативы низкометоксилированного пектина в кондитерском наполнителе из плодов *Rubus idaeus* для использования в технологии пирожных.

Список источников

1. Голуб О.В. Сравнительная оценка качества пюре из плодов шиповника, выработанного разными технологическими способами / О. В. Голуб, Г. П. Чекрыга, О. К. Мотовилов, В. В. Щербинин // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 2. С. 310-320.

2. Пастушкова Е.В. Влияние комплексной зерновой добавки на качество хлебобулочных изделий / Е.В. Пастушкова, А.С. Пономарев, Н.А. Панкратьева, С.В. Шихалев // Индустрия питания. 2021. Т. 6. № 4. С. 26-38.
3. Патент № 2298934 С2 Российская Федерация, МПК А23G 3/48 (2006.01), А23L 1/06 (2006.01). Способ производства малинового наполнителя: № 2005125818/13: заявл. 16.08.2005: опубл. 20.05.2007 / Л.К. Пацюк, В.А. Ломачинский, Э.С. Гореньков [и др.]; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности (государственное научное учреждение).
4. Першина О. Н., Помозова В.А., Киселева Т.Ф. Разработка технологии термостабильных фруктовых начинок // Пищевая промышленность. 2014. № 11. С. 32-36.
5. Румянцева В. В., Ковач Н.М. Зерновые продукты в качестве структурообразователя при производстве фруктово-желейных начинок // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 1. С. 20-25.
6. Справочник по гидроколлоидам / под ред. Г. О. Филлипса и П. А. Вильямса; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. 535 с.
7. Хрундин Д. В. Совершенствование технологии желейной начинки на основе изучения и регулирования свойств пектинов // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства». Москва, 2009. 177 с.
8. Цебикова А.С., Семенова П.А. Выбор и обоснование гидроколлоидов в рецептуре кондитерского геля // Молодой ученый. 2020. № 24 (314). С. 119-121.
9. Школьников М. Н., Рожнов Е.Д., Кузьмина А.М. Перспективы использования β -глюкана из овса посевного в технологии макаронных изделий // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 66-74.
10. Alam M., Dar B. N., Nanda V. Hydrocolloid-based fruit fillings: A comprehensive review on formulation, techno-functional properties, synergistic mechanisms, and applications // Journal of Texture Studies. 2024. Vol. 55. No. 4.
11. Agudelo A., Varela P., Fiszman S. Fruit fillings development: A multiparametric approach // LWT-Food Science and Technology. 2015. Vol. 61. No. 2. Pp. 564-572.
12. Cropotova J. et al. Thermal properties of fruit fillings as a function of different formulations / J. Cropotova, S. Popel, U. Tylewicz [et al.] // Food Structure. 2017. Vol. 14. Pp. 85-94.
13. Da Silva L. A. et al. Caffeine and glucose metabolism at rest period, during, and post exercise in diabetes mellitus: a systematic review / L. A Da Silva et al. // Current Nutrition & Food Science. 2018. Vol. 14. No. 4. Pp. 293-299.
14. Dachmann E. et al. Impact of Hydrocolloids and Homogenization Treatment on the Foaming Properties of Raspberry Fruit Puree / E. Dachmann, C. Hengst, M. Ozelik [et al.] // Food and Bioprocess Technology. 2018. Vol. 11. No. 12. P. 2253-2264.
15. Lee S. et al. Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies / S. Lee, G.E. Inglett G. E. // International Journal of Food Science and Technology. 2006. Vol. 41. No. 5. Pp. 553-559.
16. Liu R. et al. Comparative studies on physicochemical properties of raw and hydrolyzed oat β -glucan and their application in low-fat meatballs / Liu R. et al. // Food Hydrocolloids. 2015. Vol. 51. Pp. 424-431.
17. Mykhalevych A. et al. β -Glucan as a Techno-Functional Ingredient in Dairy and Milk-Based Products – A Review / A. Mykhalevych, G. Polishchuk, Kh. Nassar [et al.] // Molecules. 2022. Vol. 27. No. 19. Pp. 6313.
18. Polovtseva A. A., Borisova A. V. Study of the possibility of application of fruit and berry puree and sublimated berries in the production of chocolate truffle candies // Modern Science and Innovations. 2020. No. 4(32). Pp. 58-62.

References

1. Golub O.V. Comparative assessment of the quality of rosehip puree produced by different technological methods. O. V. Golub, G. P. Chekryga, O. K. Motovilov, V. V. Shcherbinin. Equipment and technology of food production, 2022, vol. 52, no. 2, pp. 310-320.
2. Pastushkova E.V. Influence of complex grain additive on the quality of bakery products. E.V. Pastushkova, A.S. Ponomarev, N.A. Pankratyeva, S.V. Shikhalev. Food industry, 2021, vol. 6, no. 4, pp. 26-38.

3. Patent No. 2298934 C2 Russian Federation, IPC A23G 3/48 (2006.01), A23L 1/06 (2006.01). Method for producing raspberry filling: No. 2005125818/13: declared 16.08.2005: published 20.05.2007. L.K. Patsiuk, V.A. Lomachinsky, E.S. Gorenkov [et al.]; applicant All-Russian Research Institute of Canning and Vegetable Drying Industry (state scientific institution).
4. Pershina O. N., Pomozova V.A., Kiseleva T.F. Development of technology for thermostable fruit fillings. Food industry, 2014, No. 11, pp. 32-36.
5. Rumyantseva V. V., Kovach N.M. Grain products as a structure-forming agent in the production of fruit and jelly fillings. Scientific Journal of the National Research University of ITMO. Series: Processes and devices of food production, 2017, no. 1, pp. 20-25.
6. Handbook of Hydrocolloids. Edited by G. O. Phillips and P. A. Williams; translated from English; edited by A. A. Kochetkova and L. A. Sarafanova. Saint Petersburg: GIORД, 2006. 535 p.
7. Khrundin D. V. Improving the technology of jelly filling based on the study and regulation of the properties of pectins. Dissertation for the degree of candidate of technical Sciences in spec. 05.18.01 «Technology of processing, storage and processing of cereals, legumes, cereal products, fruit and vegetable products and viticulture». Moscow, 2009. 177 p.
8. Tsebikova A.S., Semenova P.A. The choice and justification of hydrocolloids in the formulation of confectionery gel. Young scientist, 2020, no. 24 (314), pp. 119-121.
9. Shkolnikova M. N., Rozhnov E.D., Kuzmina A.M. Prospects of using β -glucan from oats in pasta technology. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 66-74.
10. Alam M., Dar B. N., Nanda V. Hydrocolloid-based fruit fillings: A comprehensive review on formulation, techno-functional properties, synergistic mechanisms, and applications. Journal of Texture Studies, 2024, vol. 55, no. 4.
11. Agudelo A., Varela P., Fiszman S. Fruit fillings development: A multiparametric approach. LWT-Food Science and Technology, 2015, vol. 61, no. 2. pp. 564-572.
12. Crobotova J. et al. Thermal properties of fruit fillings as a function of different formulations. J. Crobotova, S. Popel, U. Tylewicz [et al.]. Food Structure, 2017, vol. 14, pp. 85-94.
13. Da Silva L. A. et al. Caffeine and glucose metabolism at rest period, during, and post exercise in diabetes mellitus: a systematic review. L. A Da Silva et al. Current Nutrition & Food Science, 2018, vol. 14, no. 4, pp. 293-299.
14. Dachmann E. et al. Impact of Hydrocolloids and Homogenization Treatment on the Foaming Properties of Raspberry Fruit Puree. E. Dachmann, C. Hengst, M. Ozcelik [et al.]. Food and Bioprocess Technology, 2018, vol. 11. no. 12, pp. 2253-2264.
15. Lee S. et al. Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. S. Lee, G.E. Inglett G. E. International Journal of Food Science and Technology, 2006, vol. 41. no. 5. pp. 553-559.
16. Liu R. et al. Comparative studies on physicochemical properties of raw and hydrolyzed oat β -glucan and their application in low-fat meatballs. Liu R. et al. Food Hydrocolloids, 2015, vol. 51, pp. 424-431.
17. Mykhalevych A. et al. β -Glucan as a Techno-Functional Ingredient in Dairy and Milk-Based Products – A Review. A. Mykhalevych, G. Polishchuk, Kh. Nassar [et al.]. Molecules, 2022, vol. 27, no. 19, pp. 6313.
18. Polovtseva A. A., Borisova A. V. Study of the possibility of application of fruit and berry puree and sublimated berries in the production of chocolate truffle candies. Modern Science and Innovations, 2020, no. 4(32), pp. 58-62.

Информация об авторах

М.Н. Школьников – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии питания;

Е.Д. Рожнов – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга;

А.М. Кузьмина – обучающийся.

Information about the authors

M.N. Shkolnikova – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Nutrition Technology;

E.D. Rozhnov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Engineering;

A.M. Kuzmina – Student.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 634.75:612.396.7

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-96-104

СОДЕРЖАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСТВОРИМЫХ СУХИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Дулов Михаил Иванович

Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений

«Жигулевские сады», Самарская область, Самара, Россия

dulov-tehfak@mail.ru

Аннотация. Ягоды земляники садовой обладают уникальным комплексом лечебных и диетических свойств, что повышает их потребительские свойства. Количество растворимых сухих веществ в ягодах влияет на сохранение их качества до момента потребления, пригодность к транспортировке и имеет большое значение при оценке пригодности сортов земляники садовой для переработки. Цель исследования – определить содержание, степень тесноты корреляционной связи с агрометеорологическими условиями вегетационного периода и разработать прогностические модели накопления растворимых сухих веществ в ягодах при выращивании сортов земляники садовой в условиях Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2021-2024 годах в ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Установлено, что сорта земляники садовой при выращивании в условиях Среднего Поволжья накапливают в плодах достаточное количество растворимых сухих веществ, обеспечивающее удовлетворительный уровень транспортабельности ягод. Содержание растворимых сухих веществ в плодах земляники садовой сортов Зенга Зенгана, Азия и Кармен в большей мере зависит от суммы среднесуточных температур воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$ за май месяц, сорта Жанна – от относительной влажности воздуха в течение периода за 14 и 7 дней до уборки урожая, а у сорта Моллинг Сентинэри – от суммы среднесуточных температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ за май месяц. Разработаны уравнения регрессии, которые позволяют прогнозировать содержание растворимых сухих веществ в плодах при выращивании сортов земляники садовой в условиях Среднего Поволжья.

Ключевые слова: земляника садовая, сорт, плоды, агрометеорологические условия, растворимые сухие вещества, корреляция, уравнение регрессии

Для цитирования: Дулов М.И. Содержание и прогнозирование растворимых сухих веществ при выращивании ягод земляники садовой в Среднем Поволжье // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 96-104. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-96-104>.

Original article

THE CONTENT AND PREDICTION OF SOLUBLE SOLIDS IN THE CULTIVATION OF STRAWBERRIES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Mikhail I. Dulov

Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhiguli Gardens»,

Samara region, Samara, Russia

dulov-tehfak@mail.ru

Abstract. Strawberries have a unique set of medicinal and dietary properties, which enhances their consumer properties. The amount of soluble solids in berries affects the preservation of their quality until consumption, suitability for transportation, and is of great importance in assessing the suitability of strawberry varieties for processing. The purpose of the study was to determine the content and degree of correla-

tion with the agrometeorological conditions of the growing season and to develop predictive models for the accumulation of soluble solids in berries during the cultivation of strawberry varieties in the Middle Volga region. The research was conducted in 2021-2024 at the SBI SR SRI «Zhiguli Gardens». It has been established that varieties of strawberry, when grown in the conditions of the Middle Volga region, accumulate a sufficient amount of soluble solids in the fruits, ensuring a satisfactory level of berry transportability. The content of soluble solids in the fruits of garden strawberries of the Zenga Zengana, Asia and Carmen varieties depends more on the sum of the average daily air temperatures above $+5^{\circ}\text{C}$ for the month of May, the Jeanne variety depends on the relative humidity during the period 14 and 7 days before harvest, and the Malling Sentinerie variety depends on the sum of the average daily temperatures the air temperature is above $+10^{\circ}\text{C}$ for the month of May. Regression equations have been developed that make it possible to predict the content of soluble solids in fruits when growing strawberry varieties in the Middle Volga region.

Keywords: strawberry, garden variety, fruits, agrometeorological conditions, soluble solids, correlation, regression equation

For citation: Dulov M.I. The content and prediction of soluble solids in the cultivation of strawberries in the Middle Volga region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp. 96-104. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-96-104>.

Введение

Земляника садовая (*Fragaria x ananassa* Duch.) является наиболее распространенной ягодной культурой в мире. Её выращивают более чем в 70 странах мира с ежегодным производством ягод в среднем 3,6 млн. тонн [1, 3]. Преимущество плодов земляники садовой перед другими ягодными культурами обуславливает красивая окраска, богатый биохимический состав и лечебные свойства [14, 15]. Благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты, фенольных и пектиновых веществ, ягоды земляники благоприятно влияют на пищеварение, особенно полезны при заболеваниях сердца, атеросклерозе, малокровии, гипертонии и мочекаменной болезни [2, 6].

Плоды земляники садовой имеют нежную консистенцию, которая легко поражается фитопатогенной микрофлорой, и период потребления их в свежем виде ограничивается несколькими днями. При кратковременном хранении на консервных предприятиях без охлаждения качество ягод значительно ухудшается, происходит естественная убыль массы в результате дыхания и транспирации [4, 17].

Увеличение срока годности свежих плодов земляники садовой, сохранение их качества до момента потребления, а также пригодность к транспортировке и замораживанию во многом связаны с содержанием в ягодах суммы сухих веществ, в том числе растворимых в воде [16]. Количество растворимых сухих веществ в ягодах имеет большое значение при оценке пригодности сортов земляники садовой для переработки [5]. Повышенное содержание растворимых сухих веществ в плодах земляники садовой уменьшает расход сырья и улучшает качество готовых продуктов переработки [9].

Сорта земляники садовой с количеством растворимых сухих веществ 8,5% и более оцениваются как хорошие [10, 12]. Согласно технологическим требованиям содержание растворимых сухих веществ в плодах земляники должно составлять не менее 10% [7]. В соответствии с критериями современной модели промышленного сорта в плодах земляники садовой должно содержаться растворимых сухих веществ более 12,0 % [8].

Содержание растворимых сухих веществ в плодах земляники садовой, прежде всего, зависит от генотипических особенностей сорта, агротехники и агрометеорологических условий выращивания по периодам роста и развития растений. Повышенная температура и осадки в период формирования и созревания ягод способствуют большему накоплению растворимых сухих веществ [13]. Поэтому определение влияния генотипа, погодных условий во время вегетации растений в весенний период и перед сбором урожая на содержание в плодах земляники садовой растворимых сухих веществ представляет большой интерес для дальнейшего использования сортов при выращивании, употреблении ягод в свежем виде и получении натуральных продуктов здорового питания.

Цель исследования – определить содержание, степень тесноты корреляционной связи с агрометеорологическими условиями вегетационного периода и разработать прогностические

модели накопления растворимых сухих веществ в ягодах при выращивании сортов земляники садовой в условиях Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2021-2024 годах на опытных плантациях земляники садовой ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». За май месяц в годы исследований среднесуточная температура воздуха изменялась от 10,2 до 20,1 °С, сумма среднесуточных температур выше +5 °С варьировала от 325,5 до 622,8 °С, выше +10 °С – от 183,0 до 622,8 °С, максимальная среднесуточная температура воздуха – от 18,8 до 27,6 °С, относительная влажность воздуха – от 37,8 до 73,4% (табл. 1). За период в 14 дней до сбора урожая ягод различных сортов земляники садовой по годам исследований среднесуточная температура воздуха варьировала в пределах 17,7...24,4 °С, сумма температур выше +5 °С и +10 °С была на уровне от 248,2 до 341,2 °С, максимальная среднесуточная температура воздуха составляла от 23,5 до 32,4 °С, относительная влажность воздуха – от 40,5 до 81,9%. За период в 7 дней до сбора урожая ягод по годам исследований изучаемых сортов земляники садовой среднесуточная температура воздуха изменялась от 16,3 до 26,5 °С, сумма температур воздуха выше +5 °С и +10 °С – от 113,9 до 185,3 °С, максимальная среднесуточная температура воздуха – от 22,1 до 34,6 °С, а относительная влажность воздуха – от 41,2 до 79,7%.

Таблица 1. Агрометеорологические условия в период вегетационного периода сортов земляники садовой

Показатели	Годы			
	2021	2022	2023	2024
За май месяц				
Среднесуточная температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), °С	20,1	10,2	17,4	11,8
$\Sigma t \geq 5,0$ °С	622,8	325,5	539,7	355,5
$\Sigma t \geq 10,0$ °С	622,8	183,0	514,5	281,3
Максимальная температура воздуха (T_{max}), °С	27,6	17,0	24,6	18,8
Относительная влажность воздуха (ОВВ), %	58,3	73,4	37,8	40,1
За период в 14 дней до сбора урожая				
Среднесуточная температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), °С	18,7-19,3	18,0-20,1	17,7-21,2	23,8-24,4
$\Sigma t \geq 5,0$ °С	261,5- 270,1	252,6- 281,8	248,2- 296,5	333,2- 341,2
$\Sigma t \geq 10,0$ °С	261,5- 270,1	252,6- 281,8	248,2- 296,5	333,2- 341,2
Максимальная температура воздуха (T_{max}), °С	25,1-25,8	24,0-26,5	23,5-28,3	31,9-32,4
Относительная влажность воздуха (ОВВ), %	69,7-78,6	77,2-81,9	40,5-44,9	46,9
За период в 7 дней до сбора урожая				
Среднесуточная температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), °С	16,5-20,6	17,7-20,6	16,3-19,1	25,5-26,5
$\Sigma t \geq 5,0$ °С	117,6- 143,9	123,9- 144,3	113,9- 134,0	178,4- 185,3
$\Sigma t \geq 10,0$ °С	117,6- 143,9	123,9- 144,3	113,9- 134,0	178,4- 185,3
Максимальная температура воздуха (T_{max}), °С	22,1-27,8	24,1-26,7	23,0-26,2	34,0-34,6
Относительная влажность воздуха (ОВВ), %	72,4-79,7	70,8-79,6	41,2-45,4	42,1-43,6

Объектом изучения являлись ягоды следующих сортов земляники садовой:

Зенга Зенгана (Германия). Сеянец от скрещивания сеянца Марке × сорт Зигер. Средняя масса плода 14,8 г, к концу сбора сильно мельчают. Мякоть темно-красная, средней плотности. Вкус приятный, кисло-сладкий. Поздний срок созревания (16-30 июня).

Азия (Италия). Средняя масса плода до 18,0 г. Мякоть нежно-красного цвета с глянцевым покрытием, сладкая, без внутренних пустот, сочная, плотная. Среднеранний срок созревания (5-10 июня).

Жанна (ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»). Сеянец от свободного опыления сорта Гигантелла Максима, сочная, плотная. Средняя масса плода 15,4-20,0 г. Мякоть темно-красная, сочная, плотная. Вкус кисло-сладкий с ароматом. Поздний срок созревания (19-20 июня).

Кармен (Чехия). Сеянец от скрещивания сортов Georg Soltwedel × Sparkle. Средняя масса плода 13,4-20,0 г. Мякоть красная, плотная. Вкус кисло-сладкий, десертный, с приятным ароматом. Среднепоздний срок созревания (15-25 июня).

Моллинг Сентинэри (Шотландия). Создан в 2006 году под номером ЕМ 1754. Точное происхождение сорта не установлено. Средняя масса плода 12,5-20,0 г. Мякоть красная, плотная. Вкус сладкий с гармоничным ароматом. Средний срок созревания (8-20 июня).

Содержание растворимых сухих веществ (РСВ) проводили с помощью рефрактометра лабораторного ИРФ-454 Б2М по ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ». Статистическую обработку данных исследований проводили с помощью пакетов программ «Microsoft Excel 2007» и «Аппроксимация экспериментальных данных с автоматическим подбором оптимального типа функции» – многофакторный нелинейный регрессионный анализ.

Результаты исследований и их обсуждение

К основным показателям, определяющим качество плодов земляники садовой, относятся содержание сухих веществ, которые характеризуют такие свойства ягод, как плотность и их транспортабельность. Важным компонентом биохимического состава плодов земляники садовой является содержание в них растворимых сухих веществ (РСВ). Сорта земляники с содержанием в плодах растворимых сухих веществ 10,0% и более относятся к группе «с отличным уровнем РСВ», с 8,5...9,9% – «с достаточным уровнем РСВ», с содержанием 7,5...8,4% - к «среднему уровню» и с содержанием 4,7...6,6% – «к низкому уровню». Сорта земляники садовой с отличным уровнем содержания в плодах растворимых сухих веществ обеспечивают их высокий уровень транспортабельности, с хорошим уровнем РСВ - удовлетворительный уровень транспортабельности [11].

В наших опытах сумма растворимых сухих веществ в плодах земляники садовой в годы исследований изменялась от 7,45 % у сорта Моллинг Сентинэри до 11,74% у сорта Кармен (табл. 2). Количество растворимых сухих веществ, превышающее средние значения по культуре, в погодных условиях 2021 года выявлено в плодах сорта Кармен, в 2022 году – в плодах сорта Азия и Жанна, в 2023 году – в плодах сорта Кармен и Моллинг Сентинэри, в 2024 году – в плодах сорта Моллинг Сентинэри. В среднем за годы исследований все исследуемые сорта земляники садовой накапливали в плодах достаточное количество растворимых сухих веществ, обеспечивающих удовлетворительный уровень транспортабельности ягод. Отмечено также, что в плодах сортов Жанна, Кармен и Моллинг Сентинэри содержание растворимых сухих веществ, в среднем по годам, превышает 9,0 %. Наибольшее количество растворимых сухих веществ отмечено в плодах сорта Кармен и равнялось в среднем $9,42 \pm 1,86$ %.

Таблица 2. Содержание растворимых сухих веществ в ягодах при выращивании сортов земляники садовой в лесостепи Среднего Поволжья, %

Сорта	Год				$M_{cp} \pm \sigma$	V, %
	2021	2022	2023	2024		
Зенга Зенгана	9,26	7,97	8,85	7,98	$8,51 \pm 0,64$	7,52
Азия	10,19	8,42	9,03	7,94	$8,90 \pm 0,97$	10,90
Жанна	9,91	9,98	8,71	7,76	$9,09 \pm 1,06$	11,66
Кармен	11,74	7,86	10,09	7,97	$9,42 \pm 1,86$	19,74
Моллинг Сентинэри	10,17	7,45	9,62	9,90	$9,28 \pm 1,24$	13,36
$M_{cp} \pm \sigma$	$10,25 \pm 0,91$	$8,34 \pm 0,98$	$9,26 \pm 0,58$	$8,31 \pm 0,89$		
V, %	8,88	11,75	6,26	10,71		

Незначительное варьирование содержания растворимых сухих веществ в плодах изучаемых сортов земляники садовой отмечено в агрометеорологических условиях 2021 ($V=8,88\%$) и 2023 ($V=6,26\%$) годов. Среднюю изменчивость и пограничную с низкой вариативностью количества в плодах растворимых сухих веществ от изменяющихся погодных условий вегетационного периода имеют сорта Азия ($V=10,90\%$) и Жанна ($V=11,66\%$), что позволяет, наравне с сортом Кармен, рекомендовать их для дальнейшего использования в селекции при создании для условий Среднего Поволжья сортов земляники садовой со стабильным содержанием в плодах растворимых сухих веществ.

Результаты корреляционного анализа изменения в плодах содержания растворимых сухих веществ от агрометеорологических условий, складывающихся в годы исследований по периодам роста растений и формирования урожая, свидетельствуют (табл. 3), что у сортов Зенга Зенгана и Азия их количество в большей мере зависит от суммы среднесуточных температур воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$ за май месяц ($r=0,9203\dots 0,9966$) и за период в 14 дней до сбора ягод ($r=-0,4288\dots -0,4754$), а в период за 7 дней до сбора урожая соответственно от значений относительной влажности воздуха ($r=0,3416$) и суммы среднесуточных температур воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$ ($r=-0,7059$).

Таблица 3. Степень тесноты корреляционной связи содержания в ягодах растворимых сухих веществ с агрометеорологическими условиями при выращивании сортов земляники садовой в лесостепи Среднего Поволжья, 2021-2024 гг.

Показатели	Сорта				
	Зенга Зенгана	Азия	Жанна	Кармен	Моллинг Сентинэри
Погодные условия в мае месяце					
Среднесуточная температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), $^{\circ}\text{C}$	0,9908	0,9039	0,2196	0,9849	0,7000
$\Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C}$	0,9966	0,9203	0,2680	0,9895	0,6594
$\Sigma t \geq 10,0^{\circ}\text{C}$	0,9808	0,8783	0,1606	0,9742	0,7394
Максимальная температура воздуха (T_{max}), $^{\circ}\text{C}$	0,9898	0,9041	0,2166	0,9854	0,7064
Относительная влажность воздуха (ОВВ), %	-0,1654	0,1525	0,8528	-0,1181	-0,7329
Погодные условия за период в 14 дней до сбора ягод					
Среднесуточная температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), $^{\circ}\text{C}$	-0,4165	-0,4661	-0,6337	-0,3634	0,4596
$\Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C}$	-0,4288	-0,4754	-0,6338	-0,3700	0,4561
$\Sigma t \geq 10,0^{\circ}\text{C}$	-0,4288	-0,4754	-0,6338	-0,3700	0,4561
Максимальная температура воздуха (T_{max}), $^{\circ}\text{C}$	-0,3971	-0,4643	-0,6357	-0,3412	0,4586
Относительная влажность воздуха (ОВВ), %	0,0581	0,2997	0,9017	0,0713	-0,6503
Погодные условия за период в 7 дней до сбора ягод					
Среднесуточная температура воздуха ($T_{\text{ср}}$), $^{\circ}\text{C}$	-0,2424	-0,7014	-0,6976	-0,5611	0,0377
$\Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C}$	-0,2466	-0,7059	-0,7023	-0,5649	0,0302
$\Sigma t \geq 10,0^{\circ}\text{C}$	-0,2466	-0,7059	-0,7023	-0,5649	0,0302
Максимальная температура воздуха (T_{max}), $^{\circ}\text{C}$	-0,2225	-0,6376	-0,5577	-0,5010	0,0219
Относительная влажность воздуха (ОВВ), %	0,3416	0,3962	0,9079	0,1186	-0,4422

Содержание растворимых сухих веществ в плодах сорта Жанна во многом связано со значениями относительной влажности воздуха в мае месяце ($r=0,8528$), в период за 14 дней ($r=0,9017$) и в течение 7 дней до уборки урожая ($r=0,9079$). В плодах сорта Кармен количество растворимых сухих веществ наибольшую степень корреляционной связи по периодам вегетации растений имеет с суммой среднесуточных температур воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$, которая за май месяц является весьма высокой положительной ($r=0,9895$), в период за 14 дней - умеренной отрицательной ($r=-0,3700$) и заметной отрицательной ($r=-0,5649$) в течение 7 дней до уборки урожая ягод. Наибольшее накопление растворимых сухих веществ в плодах

сорта Моллинг Сентинэри имеет высокую положительную корреляционную связь ($r=0,7394$) с суммой среднесуточных температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ за май месяц, заметную ($r= - 0,6503$) и умеренную ($r= - 0,4422$) отрицательную корреляционную связь со значениями относительной влажности воздуха соответственно за 14 и 7 дней до сбора урожая ягод.

На основании наиболее значимых агрометеорологических условий по периодам роста и развития растений и, особенно, в период формирования количества и качества урожая нами разработаны уравнения регрессии, которые с большой долей вероятности позволяют прогнозировать содержание растворимых сухих веществ в плодах при выращивании сортов земляники садовой в условиях Среднего Поволжья (табл. 4).

Таблица 4. Прогностические модели содержания в ягодах растворимых сухих веществ при выращивании сортов земляники садовой в условиях Среднего Поволжья

Сорт	Уравнения регрессии
Зенга Зенгана	$Y = 7,128 + 0,0043X_1 - 0,002X_2 - 0,0006X_3$ $X_1 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за май месяц (а и б - } 325,5 \dots 622,8^{\circ}\text{C);}$ $X_2 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за 14 дней до сбора ягод (а и б - } 261,5 \dots 333,2^{\circ}\text{C);}$ $X_3 - \text{ОВВ за 7 дней до сбора ягод (а и б - } 42,1 \dots 77,5 \text{ \%)}.$
Азия	$Y = 7,989 + 0,0074X_1 - 0,0198X_2 + 0,0218X_3$ $X_1 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за май месяц (а и б - } 325,5 \dots 622,8^{\circ}\text{C);}$ $X_2 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за 14 дней до сбора ягод (а и б - } 252,6 \dots 333,2^{\circ}\text{C);}$ $X_3 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за 7 дней до сбора ягод (а и б - } 113,9 \dots 177,1^{\circ}\text{C)}.$
Жанна	$Y = 11,04 + 0,10X_1 - 1,259X_2 + 1,187X_3$ $X_1 - \text{ОВВ за май месяц (а и б - } 37,8 \dots 73,4 \text{ \%);}$ $X_2 - \text{ОВВ за 14 дней до сбора ягод (а и б - } 43,7 \dots 78,6 \text{ \%);}$ $X_3 - \text{ОВВ за 7 дней до сбора ягод (а и б - } 41,2 \dots 77,5 \text{ \%)}.$
Кармен	$Y = 3,848 + 0,0151X_1 - 0,0254X_2 + 0,0399X_3$ $X_1 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за май месяц (а и б - } 325,5 \dots 622,8^{\circ}\text{C);}$ $X_2 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за 14 дней до сбора ягод (а и б - } 252,6 \dots 341,2^{\circ}\text{C);}$ $X_3 - \Sigma t \geq 5,0^{\circ}\text{C} \text{ за 7 дней до сбора ягод (а и б - } 113,9 \dots 185,3^{\circ}\text{C)}.$
Моллинг Сентинэри	$Y = 21,72 - 0,0116X_1 - 0,706X_2 + 0,563X_3$ $X_1 - \Sigma t \geq 10,0^{\circ}\text{C} \text{ за май месяц (а и б - } 183,0 \dots 622,8^{\circ}\text{C);}$ $X_2 - \text{ОВВ за 14 дней до сбора ягод (а и б - } 44,9 \dots 80,7 \text{ \%);}$ $X_3 - \text{ОВВ за 7 дней до сбора ягод (а и б - } 43,6 \dots 79,7 \text{ \%)}.$
Коэффициент множественной корреляции – 0,999...1,000	
Коэффициент детерминации – 100,0%	

При выращивании сорта Жанна селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» по предложенному уравнению регрессии с высоким уровнем значимости можно прогнозировать содержание в ягодах содержание растворимых сухих веществ в пределах от 7,76 до 9,98 % при изменяющихся значениях относительной влажности воздуха в среднем за май месяц от 37,8 до 73,4 %, за период в 14 дней до уборки урожая – от 43,7 до 78,6 % и за 7 дней до сбора ягод – от 41,2 до 77,5 %.

Выводы

1. Сорта земляники садовой при выращивании в условиях Среднего Поволжья накапливают в плодах достаточное количество растворимых сухих веществ, обеспечивающее удовлетворительный уровень транспортабельности ягод. В плодах сортов Жанна, Кармен и Моллинг Сентинэри содержание растворимых сухих веществ в среднем по годам превышает 9,0 %. Наибольшее количество растворимых сухих веществ в плодах сорта Кармен и равняется в среднем $9,42 \pm 1,86$ %.

2. Содержание растворимых сухих веществ в плодах земляники садовой сортов Зенга Зенгана, Азия и Кармен в большей мере зависит от суммы среднесуточных температур воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$ за май месяц ($r=0,9203 \dots 0,9966$), в плодах сорта Жанна – от относительной

влажности воздуха в течение периода за 14 и 7 дней до уборки урожая ($r=0,9017\dots0,9079$). Наибольшее накопление растворимых сухих веществ в плодах сорта Моллинг Сентинэри имеет высокую положительную корреляционную связь ($r=0,7394$) с суммой среднесуточных температур воздуха выше $+10^0\text{C}$ за май месяц.

3. Применение уравнений регрессии с учетом наиболее весомых значений агрометеорологических условий по периодам роста растений и формирования урожая с большой долей вероятности позволяют прогнозировать содержание растворимых сухих веществ в плодах при выращивании сортов земляники садовой в условиях Среднего Поволжья.

Список источников

1. Блинникова О.М., Новикова И.М., Елисеева Л.Г. Перспективы развития рынка ягод земляники // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 303.
2. Войцеховский В. И., Ребезов М. Б., Войцеховская Е. В. Формирование биологически ценных полифенолов в ягодах земляники садовой // Экология и природопользование: Материалы Международной научно-практической конференции, Магас, 21-23 октября 2020 года. Магас: ООО «КЕП». 2020. С. 117-121.
3. Дулов М.И., Антипенко М.И. Влияние сорта и агрометеорологических условий на биохимический состав ягод земляники садовой в среднем Поволжье // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4(80). С. 31-40.
4. Дулов М.И., Сергеев М.С. Изменение биохимического состава ягод земляники садовой при хранении в неохлажденном состоянии // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 1(59). С. 48-52.
5. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Пак Н.А. Оценка отборных форм земляники по содержанию в плодах растворимых сухих веществ // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 45. С. 72-76.
6. Макаркина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2017. № 2(22). С. 10-16.
7. Мегердичев Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различных видов консервирования. Москва: Россельхозакадемия, 2003. 95 с.
8. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России / И.М. Куликов, С.Д. Айтжанова, Н.В. Андропова [и др.] // Садоводство и виноградарство. 2020. № 3. С. 5-10.
9. Новик Г.А., Криворот А.М. Оценка пригодности промышленных сортов земляники садовой к изготовлению продуктов переработки // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 77-82.
10. Новик Г.А., Клакоцкая Н.В. Товарные показатели новых интродуцированных сортов земляники садовой / Плодоводство: сборник научных трудов // РУП «Институт плодководства». Том 33. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука», 2021. С. 101-105.
11. Новикова И.М. Формирование и сохранение потребительских свойств ягод земляники садовой органического производства и продуктов их переработки: специальность 05.18.15 «Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2019. 199 с.
12. Новикова И.М., Блинникова О.М., Ильинский А.С. Оценка качества ягод земляники садовой зарубежной селекции // Новые технологии. 2024. Т. 20. № 1. С. 98-109.
13. Оценка биохимических показателей ягод земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa Duchesne*) в условиях Юга Амурской области / А. П. Пакусина, Т. П. Платонова, Е. И. Решетник [и др.] // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2024. № 68. С. 89-97.

14. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) / М.Ю. Акимов, И.В. Лукьянчук, Е.В. Жбанова, А.С. Лыжин // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 5-18.
15. Садовая земляника – ценное сырье для производства здоровых продуктов питания / Т. А. Исригова, М. М. Салманов, С. С. Исригов [и др.] // Высокоэффективные научно-технологические разработки в области производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции (в рамках реализации программы «Приоритет – 2030»): Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, Махачкала, 19 октября 2022 года. Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джембулатова, 2022. С. 277-286.
16. Садоводство в Среднем Поволжье / А.Н. Минин, А.А. Кузнецов, М.И. Антипенко [и др.]. Самара: ООО «Слово», 2021. 635 с.
17. Сазонова И.Д. Оценка уровня накопления биологически активных веществ в плодах ягодных культур в условиях Брянской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 57. С. 121-127.

References

1. Blinnikova O.M., Novikova I.M., Eliseeva L.G. Prospects for the development of the strawberry berry market. Science and Education, 2020, vol. 3, no. 2, p. 303.
2. Voitsekhovskiy V.I., Rebezov M.B., Voitsekhovskaya E.V. Formation of biologically valuable polyphenols in strawberries. Ecology and Nature Management: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Magas, October 21-23, 2020. Magas: KEP LLC, 2020, pp. 117-121.
3. Dulov M.I., Antipenko M.I. The influence of varieties and agrometeorological conditions on the biochemical composition of garden strawberries in the Middle Volga region. Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy, 2024, no. 4(80), pp. 31-40.
4. Dulov M.I., Sergeev M.S. Changes in the biochemical composition of wild strawberry berries during storage in an uncooled state. Theoretical and Applied problems of the agro-industrial complex, 2024, no. 1(59), pp. 48-52.
5. Zhbanova E.V., Lukyanchuk I.V., Pak N.A. Evaluation of selected strawberry forms by the content of soluble solids in fruits. Fruit and berry growing in Russia, 2016, vol. 45, pp. 72-76.
6. Makarkina M.A., Pavel A.R. Biologically active substances in strawberries grown in the Orel region. Modern horticulture, 2017, no. 2 (22), pp. 10-16.
7. Megerdichev E.Ya. Technological requirements for varieties of vegetable and fruit crops intended for various types of canning. Moscow: Russian agricultural academy, 2003. 95 p.
8. Model of the industrial strawberry variety for the conditions of the middle zone of Russia. I.M. Kulikov, S.D. Aitzhanova, N.V. Andronova [et al.]. Horticulture and viticulture, 2020, no. 3, pp. 5-10.
9. Novik G.A., Krivorot A.M. Assessment of the suitability of industrial strawberry varieties for the production of processed products. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy, 2021, no. 3, pp. 77-82.
10. Novik G.A., Klakotskaya N.V. Commodity indicators of new introduced strawberry varieties. Fruit growing : collection of scientific papers. RUE «Institute of Horticulture», vol. 33. Minsk: Republican Unitary Enterprise Publishing House «Belarusian Science», 2021, pp. 101-105.
11. Novikova I.M. Formation and preservation of consumer properties of organic strawberry berries and their processed products: specialty 05.18.15 «Technology and commodity science of food products and functional and specialized purposes and catering»: dissertation for the degree of candidate of technical sciences, 2019. 199 p.
12. Novikova I.M., Blinnikova O.M., Ilyinsky A.S. Assessment of the quality of strawberry berries of horticultural foreign breeding. New technologies, 2024, vol. 20, no. 1, pp. 98-109.
13. Assessment of biochemical parameters of garden strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) in the conditions of the South of the Amur region. A.P. Pakusina, T.P. Platonova, E.I. Reshetnik [et al.]. Bulletin of the Kamchatka State Technical University, 2024, no. 68, pp. 89-97.

14. Fruits of garden strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.) as a valuable source of food and biologically active substances (review). M.Yu. Akimov, I.V. Lukyanchuk, E.V. Zhibanova, A.S. Lyzhin. Chemistry of plant raw materials, 2020, no. 1, pp. 5-18.

15. Garden strawberries – valuable raw materials for the production of healthy food. T.A. Isrigova, M.M. Salmanov, S.S. Isrigov [et al.]. Highly effective scientific and technological developments in the field of production, processing and storage of agricultural products (within the framework of the Priority 2030 program): Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference, Makhachkala, October 19, 2022. Makhachkala: Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, 2022, pp. 277-286.

16. Gardening in the Middle Volga region. A.N. Minin, A.A. Kuznetsov, M.I. Antipenko [et al.]. Samara: Slovo LLC, 2021. 635 p.

17. Sazonova I.D. Assessment of the level of accumulation of biologically active substances in the fruits of berry crops in the Bryansk region. Fruit and berry growing in Russia, 2019, vol. 57, pp. 121-127.

Информация об авторе

М. И. Дулов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела.

Information about the author

M.I. Dulov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher of the Scientific Research Department.

Научная статья

УДК 632.934.1

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-105-111

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ ИНСЕКТИЦИДОВ В БОРЬБЕ С ВРЕДИТЕЛЯМИ ЯБЛОНИ

Скрылёв Алексей Анатольевич

Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Тамбовская область, Мичуринск,
Россия

skrylevaa@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается способ биологизации садоводства как современного подхода к сельскохозяйственному производству, основанного на отказе от химических удобрений и пестицидов в пользу биологических методов и органических материалов. Представлены экспериментальные данные по эффективности применения биоинсектицида в борьбе с яблонной плодовой жоркой. Детально описывается механизм действия гриба *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, его кишечное воздействие на вредителей. В данной работе представлены экспериментальные данные по эффективности применения нового биоинсектицида на основе штаммов *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208 в борьбе с яблонной плодовой жоркой в насаждениях яблони ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» в условиях вегетационных периодов 2023-2024 гг. Применение инсектицида проводилось против каждого поколения яблонной плодовой жорки: 1-я обработка – в начале отрождения гусениц, 2-я в период массового отрождения гусениц. Таким образом, за вегетационный период было проведено 4 обработки насаждений яблони данным инсектицидом. В зависимости от нормы расхода пестицида и вегетационного периода процент снижения поврежденности плодов относительно контроля составлял от 80,7 до 93,8%.

Ключевые слова: яблоня, биоинсектицид, инсектицид, вредители, биологическая эффективность, биологизация

Для цитирования: Скрылёв А.А. Эффективность новых инсектицидов в борьбе с вредителями яблони // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 105-111. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-105-111>.

Original article

EFFECTIVENESS OF NEW INSECTICIDES IN CONTROL OF APPLE PESTS

Alexey A. Skryljov

I.V. Michurin FSC, Tambov region, Michurinsk, Russia

skrylevaa@gmail.com

Abstract. The article considers the method of biologization of gardening as a modern approach to agricultural production based on the rejection of chemical fertilizers and pesticides in favor of biological methods and organic materials. Experimental data on the effectiveness of using a bioinsecticide in the fight against codling moth are presented. The mechanism of action of the fungus *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, and its intestinal effect on pests is described in detail. This paper presents experimental data on the effectiveness of using a new bioinsecticide based on strains *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 and *Beauveria bassiana* HG208 in the fight against codling moth in apple tree plantations of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center named after I.V. Michurin» under the conditions of the vegetation periods of 2023-2024. The insecticide was applied against each generation of the codling moth: the 1st treatment – at the beginning of the caterpillar hatching, the 2nd during the period of mass caterpillar hatching. Thus, during the vegetation period, 4 treatments of apple tree plantations with this insecticide were carried out. Depending on the rate of pesticide consumption and the vegetation period, the percentage of fruit damage reduction relative to the control ranged from 80.7 to 93.8%.

Keywords: apple tree, bioinsecticide, insecticide, pests, biological efficiency, biologization

For citation: Skryljov A.A. Effectiveness of new insecticides in control of apple pests. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 2(36), pp. 105-111. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-105-111>.

Введение

Биологизация садоводства представляет собой современный подход к сельскохозяйственному производству, основанный на отказе от химических удобрений и пестицидов в пользу биологических методов и органических материалов. Данный подход способствует сохранению биоразнообразия и природных ресурсов.

В основе этого глобального тренда лежит стремление к экологически безопасному земледелию и производству качественной продукции. Растущий спрос на органическую продукцию со стороны потребителей, заинтересованных в здоровом образе жизни, дополнительно стимулирует развитие биологизации [3].

Особое место в экопроизводстве занимают биопестициды – инновационные препараты, содержащие живые микроорганизмы вирусной, бактериальной или грибной природы. Бактериальные компоненты этих препаратов вырабатывают особые кристалловидные токсины, обладающие высокой эффективностью против вредителей, что делает их отличной альтернативой химическим средствам защиты растений [10].

Такой комплексный подход к земледелию позволяет не только получать экологически чистую продукцию, но и поддерживать естественный баланс в агроэкосистемах, что крайне важно для устойчивого развития сельского хозяйства в будущем [1, 2, 9].

Биопестициды демонстрируют ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными химическими препаратами:

- высокая экологическая безопасность для окружающей среды, человека, животных и растений;
- избирательное действие, минимизирующее негативное влияние на нецелевые организмы;
- комплексное воздействие на вредителей (подавление аппетита, нарушение развития, токсическое действие);
- отсутствие резистентности у вредных организмов благодаря многофакторному воздействию;
- отсутствие риска загрязнения воды, почвы и пищевых продуктов.

Однако, несмотря на значимые преимущества, имеются и недостатки:

- зависимость эффективности от внешних условий (температуры, влажности);
- уязвимость к ультрафиолетовому излучению и радиации;
- короткий срок хранения и особые требования к условиям хранения;
- необходимость специального оборудования и особых методов нанесения;
- потенциальное снижение эффективности при высокой конкуренции с естественной микрофлорой.

Эти особенности определяют специфику применения биопестицидов в сельском хозяйстве и требуют особого подхода к их использованию для достижения максимальной эффективности защиты растений [4, 7, 11].

Гриб *Bacillusthuringiensis*, var. *kurstaki* обладает кишечным действием, его эффективность проявляется только при попадании в кишечник насекомого в процессе активного питания. Токсин, активированный в кишечном тракте гусеницы, повреждает внутреннюю оболочку кишечника, в результате нарушается осмотическое равновесие и щелочное содержимое кишечника просачивается в тело гусеницы [6, 12].

Цель исследования – оценка эффективности влияния биоинсектицида «БиомечИнсекто, СП» на основе штаммов *Bacillusthuringiensis* var. *kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208 в борьбе с яблонной плодовой жоржкой в условиях вегетационных периодов 2023-2024 гг.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили во второй почвенно-климатической зоне в насаждениях яблони ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» на сорте Рождественское в условиях вегетационных периодов 2023-2024 гг. Схема посадки 5х3 м; размер опытных делянок – 5 деревьев, повторность 4-кратная.

Учеты яблонной плодовой жорки проводились в соответствии с Методическими указаниями (2022 г.) по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и рентицидов в растениеводстве [8]:

- подсчет упавших с дерева и поврежденных яблонной плодовой жоркой плодов на площадке, равной проекции кроны учетного дерева;
- подсчет поврежденных яблонной плодовой жоркой плодов съёмного урожая из 300 просмотренных с каждого учетного дерева;
- поврежденность плодов в падалице: каждые 7 суток после первого применения препарата до съёма урожая;
- поврежденность съёмного урожая: в период уборки.

Результаты исследований и их обсуждение

Применение «БиомечИнсекто, СП» проводилось против каждого поколения яблонной плодовой жорки: 1-я обработка – в начале отрождения гусениц, 2-я в период массового отрождения гусениц. Таким образом, за вегетационный период было проведено 4 обработки насаждений яблони данным инсектицидом:

- 1 обработка – в начале отрождения гусениц первой генерации (при сумме эффективных температур=230°C и пороге +10°C);
- 2 обработка – через 12-14 суток;
- 3 обработка – в начале отрождения гусениц второй генерации (при сумме эффективных температур =680-700°C и пороге +10°C);
- 4 обработка – через 12-14 суток.

Яблонная плодовая жорка – наиболее распространенный и известный вредитель плодовых садов. Вредит на стадии личинки (гусеницы) яблоням, грушам, абрикосам, персикам, айве, сливе, грецкому ореху. Поврежденные плоды кажутся преждевременно созревшими, большей частью они опадают, часто вместе с гусеницами [5].

Погодные условия вегетационных периодов были различными (см. рис. 1-2).

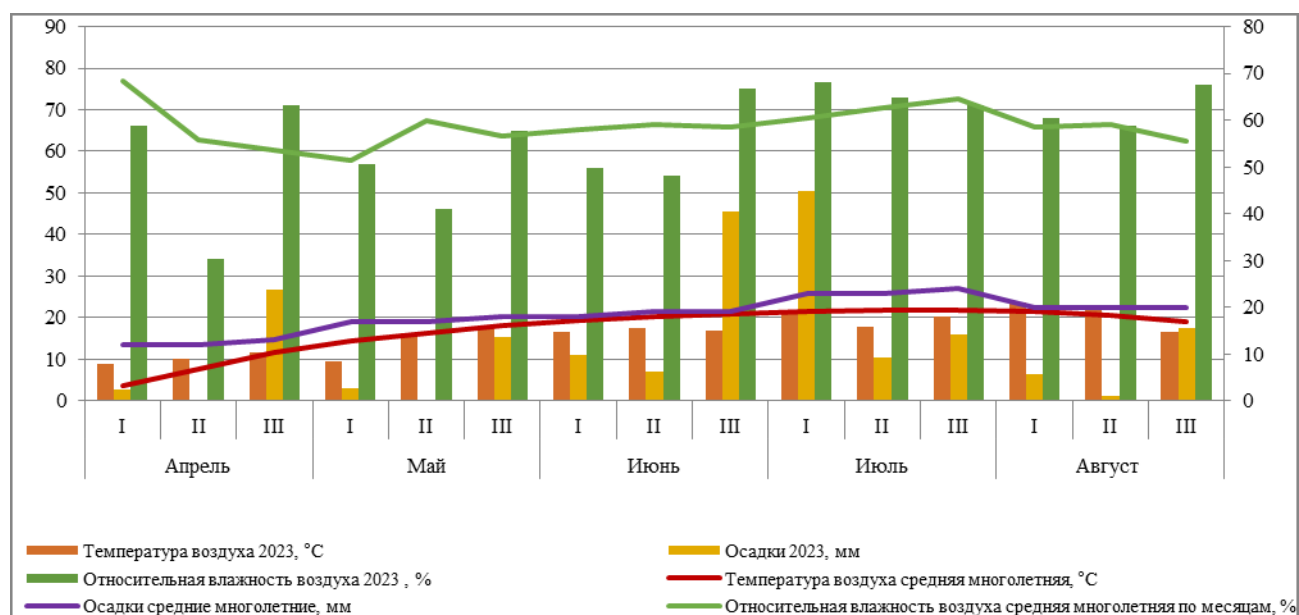


Рисунок 1. Погодные условия вегетационного периода 2023 г.

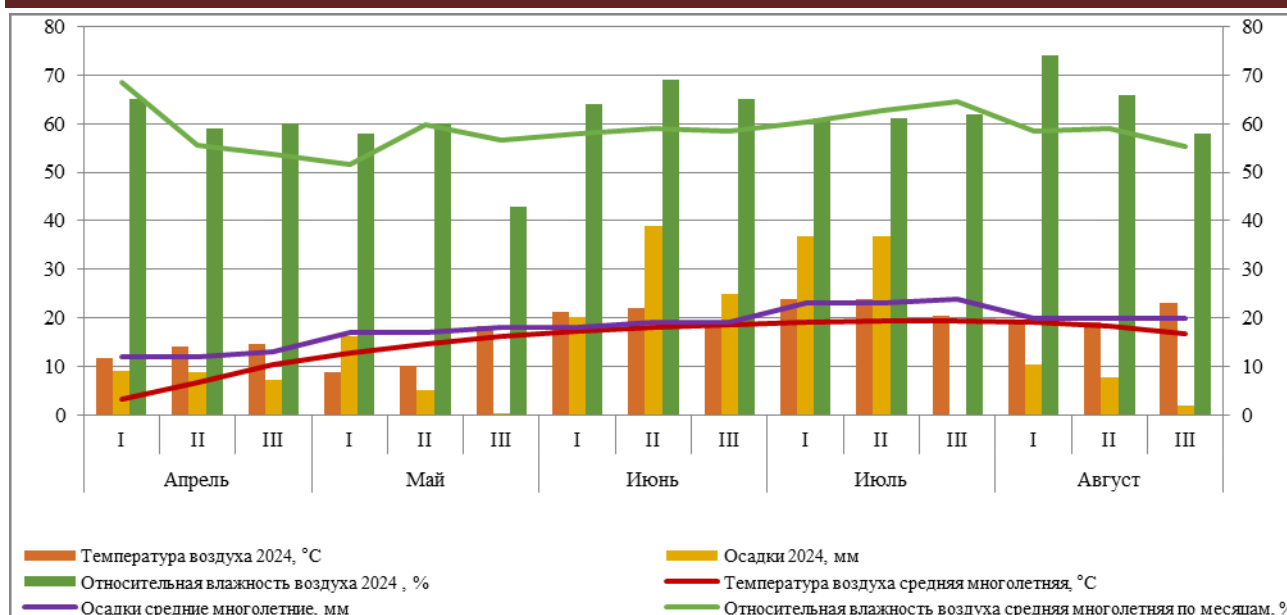


Рисунок 2. Погодные условия вегетационного периода 2024 г.

В результате проведенных учётов установлено, что испытуемый препарат, в зависимости от вегетационного периода, показал высокую эффективность относительно контрольного варианта.

В условиях вегетационного периода 2023 г. применение «БиомечИнсекто, СП» способствовало снижению поврежденности плодов относительно контроля (средние значения за вегетационный период) при норме расхода 2,0 кг/га: в падалице значение данного показателя составило 54,7% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 39,4% до 75,0%), а в съёмном урожае – 88,9% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 85,7% до 92,0%) (см. табл. 1).

Таблица 1. Биологическая эффективность инсектицида «БиомечИнсекто, СП» в борьбе с яблонной плодовой жоркой на яблоне, сорт Рождественское, 2023 г.

Вариант	Норма расхода, кг/га	Учтено плодов в падалице за сезон, шт.		Повреждено плодов, %		Снижение поврежденности плодов относительно контроля, %	
		всего	из них повреждено	в падалице	в съёмном урожае	в падалице	в съёмном урожае
«БиомечИнсекто, СП»	0,7	17,8	8,3	46,7	4,3	15,6	80,7
«БиомечИнсекто, СП»	2,0	18,8	4,8	25,0	2,5	54,7	88,9
Контроль	-	24,0	13,5	57,0	22,8	-	-

При этом отмечается незначительное снижение эффективности при норме применения пестицида 0,7 кг/га: в падалице 15,6% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 6,7% до 33,3%), в съёме 80,7% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 70,0% до 92,0%). Число поврежденных плодов в контроле в падалице 57%, а в съёме 22,8% (среднее по варианту за вегетационный период).

В условиях вегетационного периода 2024 г. эффективность применения «БиомечИнсекто, СП» в также показало довольно высокие значения (средние значения за вегетационный период): при норме расхода 0,7 кг/га снижение поврежденности плодов относительно кон-

троля в падалице составило 72,4% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 70,9% до 89,1%), а в съёмном урожае – 82,9% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 77,8% до 90,0%) (см. табл. 2).

Таблица 2. Биологическая эффективность инсектицида «БиомечИнсекто, СП» в борьбе с яблонной плодовой жоркой на яблоне, сорт Рождественское, 2024 г.

Вариант	Норма расхода кг/га	Учтено плодов в падалице за сезон, шт.		Повреждено плодов, %		Снижение поврежденности плодов относительно контроля, %	
		всего	из них повреждено	в падалице	в съёмном урожае	в падалице	в съёмном урожае
«БиомечИнсекто, СП»	0,7	12,5	2,0	15,6	3,5	72,4	82,9
«БиомечИнсекто, СП»	2,0	13,3	4,8	36,6	1,3	41,5	93,8
Контроль		18,5	11,8	65,1	20,5	-	-

При норме расхода пестицида 2,0 кг/га: в падалице 41,5% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 17,9% до 58,8%), в съёме 93,8% (биологическая эффективность в зависимости от повторности составляла от 88,9% до 100%). Число поврежденных плодов в контроле в падалице 65,1%, а в съёме 20,5% (среднее по варианту за вегетационный период).

Выводы

В результате проведенных опытов по применению биоинсектицида «БиомечИнсекто, СП» в условиях Тамбовской области в борьбе с яблонной плодовой жоркой установлено, что в зависимости от вегетационного периода и нормы расхода:

- 1) процент поврежденности плодов в съёмном урожае составлял 2,5-4,3% (при значениях в контроле 22,8%);
- 2) процент поврежденности плодов в падалице 25,0-46,7% (при значениях в контроле 57,0%);
- 3) процент снижения поврежденности плодов относительно контроля составлял 15,6-54,7% в падалице и 80,7-88,9% в съёмном урожае.

Список источников

1. Давыдов М.Я., Митина Е.В., Игнатова Г.А. Значение биопестицидов для экологии // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы Международной научной конференции, Майский, 14-15 марта 2023 года. Том 1. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. С. 261-262.
2. Догадина М.А., Правдюк А. И., Криворотова Е. И. Вызовы и тренды рынка биопестицидов // Вестник аграрной науки. 2024. № 2(107). С. 40-48.
3. Жемчужин С.Г., Спиридонов Ю. Я., Босак Г. С. Биопестициды: современное состояние проблемы (дайджест публикаций за 2012-2017 гг.) // Агрохимия. 2019. № 11. С. 77-85.
4. Живых А. В., Проскурякова М. Ю. Биологический метод: не сдавать позиции // Защита и карантин растений. 2014. № 6. С. 9-10.
5. Кименазаров С.К., Ахмедова З.Ю. Биология яблонная плодовая жорка – *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) // Путь науки. 2024. № 6(124). С. 9-12.
6. Климова Е.В. Состояние, проблемы и перспективы биологической защиты растений от вредителей // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2001. № 3. С. 753.

7. Лысов А.К., Корнилов Т.В. Совершенствование технологий применения средств защиты растений методом опрыскивания // Вестник защиты растений. 2017. № 2(92). С. 50-53.
8. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве: информ. изд. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 508 с.
9. Обзор рынка биопестицидов в России / Д.А. Алибалаев, Т.С. Астарханова, Л.И. Алибалаева, Т.И. Абасова // Worldscience: problems and innovations: Сборник статей LXXVIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 апреля 2024 года. Пенза: Международный центр научного сотрудничества «Наука и Просвещение», 2024. С. 71-75.
10. Применение препарата Лебозол Нутриплант 5-20-5 на яблоне в условиях Тамбовской области / А. А. Скрылев, Е. М. Цуканова, Т. Ю. Вознесенская, А. В. Трифонова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 1(31). С. 99-105.
11. Соболева О. М. Роль ризосферных бактерий в повышении экологизации агроценозов // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 19-22.
12. Эффективность биоинсектицида на основе энтомопатогенных бактерий *B. thuringiensis* для защиты винограда / В. И. Долженко, О. В. Шаповал, Ю. Н. Плескачев, Т. С. Астарханова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 493-500.

References

1. Davydiv M.Ya., Mitina E.V., Ignatova G.A. The importance of biopesticides for ecology. Gorin readings. Innovative solutions for agriculture: Proceedings of the International Scientific Conference, Maysky, March 14-15, 2023. Vol. 1. Maysky: Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2023, pp. 261-262.
2. Dogadina M.A., Pravdyuk A. I., Krivorotova E. I. Challenges and trends of the biopesticides market. Bulletin of agricultural science, 2024, no. 2 (107), pp. 40-48.
3. Zhemchuzhin S. G., Spiridonov Yu. Ya., Bosak G. S. Biopesticides: current state of the problem (digest of publications for 2012-2017). Agrochemistry, 2019, no. 11, pp. 77-85.
4. Zhivykh A.V., Proskuryakova M.Yu. Biological method: do not give up positions. Plant protection and quarantine, 2014, no. 6, pp. 9-10.
5. Kimenazarov S.K., Akhmedova Z.Yu. Biology of the codling moth – *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). The Path of Science, 2024, no. 6 (124), pp. 9-12.
6. Klimova E.V. Status, problems and prospects of biological protection of plants from pests. Environmental safety in the agro-industrial complex. Abstract journal. 2001, no. 3, pp. 753.
7. Lysov A.K., Kornilov T.V. Improvement of technologies for the application of plant protection products by spraying. Bulletin of Plant Protection, 2017, no. 2(92), pp. 50-53.
8. Guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, pheromones, molluscicides and rodenticides in plant growing: information publ. Moscow: FSBSI «The Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on engineering and technical support of the agro-industrial complex», 2022. 508 p.
9. Review of the biopesticide market in Russia. D.A. Alibalaev, T.S. Astarkhanova, L.I. Alibalaeva, T.I. Abasova. Worldscience: problems and innovations: Collection of articles of the LXXVIII International scientific and practical conference, Penza, April 30, 2024. Penza: International Center for Scientific Cooperation «Science and Education», 2024, pp. 71-75.
10. Application of Lebozol Nutriplant 5-20-5 on apple trees in the Tambov region. A.A. Skrylev, E.M. Tsukanova, T.Yu. Voznesenskaya, A.V. Trifonova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 1 (31), pp. 99-105.
11. Soboleva O.M. The role of rhizosphere bacteria in improving the greening of agroecosystems. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2018, vol. 32, no. 5, pp. 19-22.
12. Efficiency of a bioinsecticide based on entomopathogenic bacteria *B. thuringiensis* for the protection of grapes. V.I. Dolzhenko, O.V. Shapoval, Yu.N. Pleskachev, T.S. Astarkhanova. Bulletin of the Russian Academy of Sciences, 2023, no. 4, pp. 493-500.

tin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry, 2023, vol. 18, no. 4, pp. 493-500.

Информация об авторе

А.А. Скрылёв – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела агротехники и агрохимии сада.

Information about the author

A.A. Skryljov – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Agricultural Technology and Agrochemistry of the Garden.

Научная статья

УДК 633.491:631.82

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-112-120

НОВЫЕ ФОРМЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**Федотова Людмила Сергеевна^{1✉}, Тимошина Наталья Александровна²,
Князева Елена Валерьевна³, Арсентьев Илья Александрович⁴,
Визирская Мария Михайловна⁵**

^{1,2,3,4}Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха,
Московская область, Люберецкий район, д. п. Красково, Россия

⁵Минерально-химическая компания ЕвроХим, Московская область, Москва, Россия

¹ldfedotova@gmail.com ✉

²n-timoshina-1@yandex.ru

³elenak-73@rambler.ru

⁴ilya.arsentev29@gmail.com

⁵mariya.vizirskaya@eurochem.ru

Аннотация. Представлены данные полевых опытов с картофелем за 2020-2022 гг. в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы на территории экспериментальной базы «Коренёво» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» Московской области. Изучалась реакция сорта картофеля Жуковский ранний на применение следующих агрохимикатов: аммиачная селитра (34% азота), карбамид ЮТЕК (46% азота), азотно-известняковое удобрение (27% азота), гранулированные нитроаммофоски марок 10-26-26 и 14-14-23. Установлено, что при возделывании картофеля сорта Жуковский ранний на дерново-подзолистой супесчаной почве и климатических условиях 2020-2022 гг., применение современных форм азотных удобрений в качестве подкормки (N_{100}) до начала бутонизации картофеля, таких как карбамид ЮТЕК и удобрение азотно-известняковое (УАИ), а также внесение перед посадкой гранулированной нитроаммофоски с соотношением элементов 14-14-23 (1:1:1,6) в дозе $N_{56}P_{56}K_{92}$ повышали урожайность культуры на 14-21%, качество продукции, структуру урожая, выход крахмала с единицы площади на 28-36%, обеспечивали получение экономической выгоды и сохраняли плодородие почвы, относительно широко применяемых в хозяйствах удобрений: нитроаммофоски с соотношением 10-26-26 и аммиачной селитры: $N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (ам. селитра). В варианте с предпосадочным внесением нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 в дозе $N_{56}P_{56}K_{92}$ и подкормки удобрением азотно-известняковым N_{100} при окучивании рядков сформировалась максимальная урожайность – 39,8 т/га, прибавка 6,8 т/га или 21% к варианту: $N_{40}P_{104}K_{104}$ (нитроаммофоска 10-26-26) + N_{100} (аммиачная селитра), принятому за контроль.

Ключевые слова: картофель, урожайность, качество, нитроаммофоска 10-26-26, нитроаммофоска 14-14-23, карбамид ЮТЕК, аммиачная селитра, азотно-известняковое удобрение

Для цитирования: Новые формы минеральных удобрений при возделывании картофеля / Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, Е.В. Князева, И.А. Арсентьев, М.М. Визирская // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 112-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-112-120>.

Original article

NEW FORMS OF MINERAL FERTILIZERS IN POTATO CULTIVATION

**Lyudmila S. Fedotova^{1✉}, Natalia A. Timoshina², Elena V. Knyazeva³, Ilya A. Arsentiev⁴,
Maria M. Vizirskaya⁵**

^{1,2,3,4}Russian Potato Research Centre, Moscow region, Lyuberetsky district, Kraskovo, Russia

⁵EuroChem Mineral and Chemical Company, Moscow region, Moscow, Russia

¹ldfedotova@gmail.com ✉

²n-timoshina-1@yandex.ru

³elenak-73@rambler.ru

⁴ilya.arsentev29@gmail.com

⁵mariya.vizirskaya@eurochem.ru

Abstract. The data of field experiments with potatoes for 2020-2022 in the conditions of sod-podzolic sandy loam soil, on the territory of the experimental base «Korenevo» of the Russian Potato Research Centre in the Moscow region are presented. The reaction of the Zhukovsky early potato variety to the use of the following agrochemicals was studied: ammonium nitrate (34% nitrogen), UTEK carbamide (46% nitrogen), nitrogen-limestone fertilizer (27% nitrogen), granular nitroammophoska of grades 10-26-26 and 14-14-23. It was found that when cultivating Zhukovsky early potatoes on sod-podzolic sandy loam soil and climatic conditions in 2020-2022, the use of modern forms of nitrogen fertilizers as top dressing (N_{100}) before potato budding, such as UTEK carbamide and nitrogen-limestone fertilizer (UAI), as well as the application of granular nitroammophoska with a ratio of elements before planting on 14-14-23 (1:1:1.6) at a dose of $N_{56}P_{56}K_{92}$, crop yield increased by 14-21%, product quality, crop structure, starch yield per unit area by 28-36%, they provided economic benefits and preserved soil fertility, relatively widely used fertilizers in farms: nitroammophoska with a ratio of 10-26-26 and ammonium nitrate: $N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (am. saltpeter). In the variant with the pre-planting application of nitroammophoska with a ratio of 14-14-23 at a dose of $N_{56}P_{56}K_{92}$ and top dressing with nitrogen-limestone fertilizer N_{100} , when hoeing the rows, the maximum yield was 39.8 t/ha, an increase of 6.8 t/ha or 21% to the variant: $N_{40}P_{104}K_{104}$ (nitroammophoska 10-26-26) + N_{100} (ammonium nitrate), taken as a control.

Keywords: potatoes, yield, quality, nitroammophoska 10-26-26, nitroammophoska 14-14-23, UTEK carbamide, ammonium nitrate, nitrogen-limestone fertilizer

For citation: New forms of mineral fertilizers in potato cultivation. L.S. Fedotova, N.A. Timoshina, E.V. Knyazeva, I.A. Arsentiev, M.M. Vizirskaya. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 2(36), pp. 112-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-112-120>.

Введение

Выбор формы удобрения – важная составляющая любой технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Ассортимент минеральных удобрений, предлагаемых сельскому хозяйству, весьма разнообразен и постоянно расширяется благодаря вкладу ведущих компаний, в том числе АО МХК «ЕвроХим».

Эффективность применения единицы д. в. удобрений зависит от множества составляющих, таких как почвенно-климатические условия, вид возделываемой культуры и свойства самих туков – концентрации питательных веществ и физико-химических параметров [4, 6, 7]. В Нечерноземной зоне обеспеченность почв доступными формами азота является определяющим фактором формирования высоких урожаев картофеля, при этом он одинаково хорошо поглощает нитратную и аммиачную формы азота удобрений [3].

Известно, что аммиачная форма азота за счет нитрификационной активности почв переходит в нитратную, которая обладает высокой подвижностью. На посадках картофеля происходят большие потери питательных веществ (прежде всего $N-NO_3$) при инфильтрации осадков, а применение высоких доз удобрений увеличивает их выщелачивание. Также существуют газообразные потери, которые наносят ущерб окружающей среде и приводят к глобальному потеплению. В результате антропогенной деятельности в сельскохозяйственном производстве примерно от 50 до 60 % эмиссии закиси азота (N_2O) в атмосферу поступает из почв за счет внесения минеральных и органических удобрений. В технологиях возделывания культур все эти аспекты необходимо учитывать – растения должны быть обеспечены достаточным количеством азота, чтобы развить необходимый объем продуктивной биомассы [3, 8, 10], а для снижения потерь азотные удобрения следует вносить во время вегетации, приближая к периоду их активного потребления [1, 8, 9].

Цель исследования – изучить и оценить эффективность применения гранулированных нитроаммофосок двух марок: 10-26-26 и 14-14-23, подкормок аммиачной селитрой, карбамидом ЮТЕК и удобрением азотно-известняковым (УАИ) при возделывании картофеля.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлся сорт картофеля – Жуковский ранний. Посадку картофеля проводили клоновой сажалкой КСКН-4 – 05-07.05. 2020-2022 гг. в предварительно нарезанные гребни, схема посадки 75 x 30 см, густота стояния растений – 44000 шт./га. Общая площадь варианта 144 м², учетной – 108 м². Уборка проводилась вручную с каждой делянки – 16-18.08. 2020-2022 гг.

Формы удобрений и содержание элементов: удобрение азотно-известняковое (УАИ): 27% азота, 6% СаО, 4% MgO; карбамид ЮТЕК: 46% азота, стабилизированный ингибитором уреазы (НБТФТ – (н-бутил)тиофосфорный триамид); аммиачная селитра: 34% азота; нитроаммофоска гранулированная марка N-P-K=10-26-26; нитроаммофоска гранулированная марка N-P-K=14-14-23.

В пахотном слое почвы определяли: гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-2021); P₂O₅ и K₂O – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011); рН_{KCl} потенциометрически (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-2021); сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-2020); степень насыщенности почвы основаниями – ГОСТ 26487-85; нитратный азот почвы – ГОСТ 26951-86.

Полевые исследования осуществляли в соответствии со стандартными методами [5]. Учет и структуру урожая клубней картофеля проводили с каждой повторности, взвешивая фракции отдельно: мелкая фракция – клубни по поперечному диаметру меньше 30 мм; средняя (семенная) – от 30 до 60 мм по поперечному диаметру; продовольственная – клубни по поперечному диаметру более 60 мм (ГОСТ Р 51808-2013 и ГОСТ 33996-2016).

В клубнях картофеля определяли: содержание крахмала весовым методом (ГОСТ 7194-81); содержание сухого вещества весовым методом (ГОСТ 31640-2012); содержание витамина С по И.К. Мурри [5]; содержание нитратов ионоселективным методом (ГОСТ 26951-86). Достоверность различий между средними вычисляли методом однофакторного дисперсионного анализа при 5% уровне значимости.

Метеорологические условия. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2020 г. составила 17,1 °С, при норме 16,7 °С, осадков выпало 395,7 мм или 149,7% от нормы. ГТК в 2020 г. составил 2,35 (влажный год). Средняя температура воздуха за вегетацию 2021 г. составила 19,7 °С, осадков выпало 258,0 мм или 99,04 % от нормы. ГТК в 2021 г. – 1,096 (слабо засушливый год). Средняя температура воздуха за вегетационный период 2022 года – 18,5 °С, осадков выпало 203,5 мм или 78,1% от нормы. ГТК в 2022 г. составил 0,93 (засушливый).

Пахотный горизонт дерново-подзолистой почвы перед закладкой опыта характеризовался кислой-слабокислой реакцией среды (рН_{KCl} = 4,4-4,9); низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими (S = 2,4-3,1 мг-экв/100 г почвы; V = 40-49%); высоким содержанием подвижного фосфора (424-497 мг/кг почвы) и ниже среднего-среднее содержание обменного калия (130-155 мг/кг почвы); низкой гумусированностью (1,7-1,9%). Внесение удобрений по схеме опыта (табл. 1) проводили вручную с последующей заделкой удобрений в почву культиватором КОН-2,8.

Таблица 1. Схема опыта с формами удобрений

№ варианта	Формы удобрений	Дозы удобрений		Время внесения
		по физ. массе	по д. в.	
1	Нитроаммофоска 10-26-26	400 кг/га	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄	перед посадкой в гребни
2	Нитроаммофоска 10-26-26 + аммиачная селитра (34% N)	400 кг/га + 300 кг/га	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄ + N ₁₀₀	перед посадкой в гребни + перед смыканием ботвы в рядке
3	Нитроаммофоска 14-14-23 + аммиачная селитра (34% N)	400 кг/га + 300 кг/га	N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N ₁₀₀	перед посадкой в гребни + перед смыканием ботвы в рядке

4	Нитроаммофоска 14-14-23 + карбамид ЮТЕК (46% N)	400 кг/га + 220 кг/га	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$	перед посадкой в гребни + перед смыканием ботвы в рядке
5	Нитроаммофоска 14-14-23 + азотно-известняковое (УАИ, 27% N)	400 кг/га + 370 кг/га	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$	перед посадкой в гребни + перед смыканием ботвы в рядке

Уход за посадками картофеля общепринятый для зоны возделывания: два довсходовых боронования, два послевсходовых и одно окучивание перед смыканием ботвы (МТЗ-80/82, КОН-2,8 ПМ). Во время вегетации растений картофеля проводились обработки ботвы инсектицидами и фунгицидами. Против личинок колорадского жука (препарат Бискай в дозе 200 мл/га) и фитофтороза (препараты: Метаксил 2,5 кг/га и Манкоцеб 1,2 л/га). Посадки картофеля на опыте также обрабатывались гербицидами: до всходов картофеля – гербицидом «Лазурит» (1,5 л/га) + «Рифус» (50 г/га); по всходам – гербицидом «Титус» (50 г/га) + «Тренд 90» (200 г/га). Опрыскивание растений картофеля фунгицидами и инсектицидами проводили общим фоном, начиная с профилактической обработки (3-я декада июня).

Результаты исследований и их обсуждение

Рациональное применение минеральных удобрений при выращивании картофеля практически в любых почвенно-климатических условиях обеспечивает рост урожайности (рис. 1). Распространенная форма нитроаммофоски – с соотношением 10:26:26 ($N_{40}P_{104}K_{104}$) была взята нами за контроль, за годы исследований урожайность раннего сорта картофеля в этом варианте составила около 30 т/га, повышаясь на 37% от среднего значения в 2020 году и опускаясь на 40% в 2021 году.

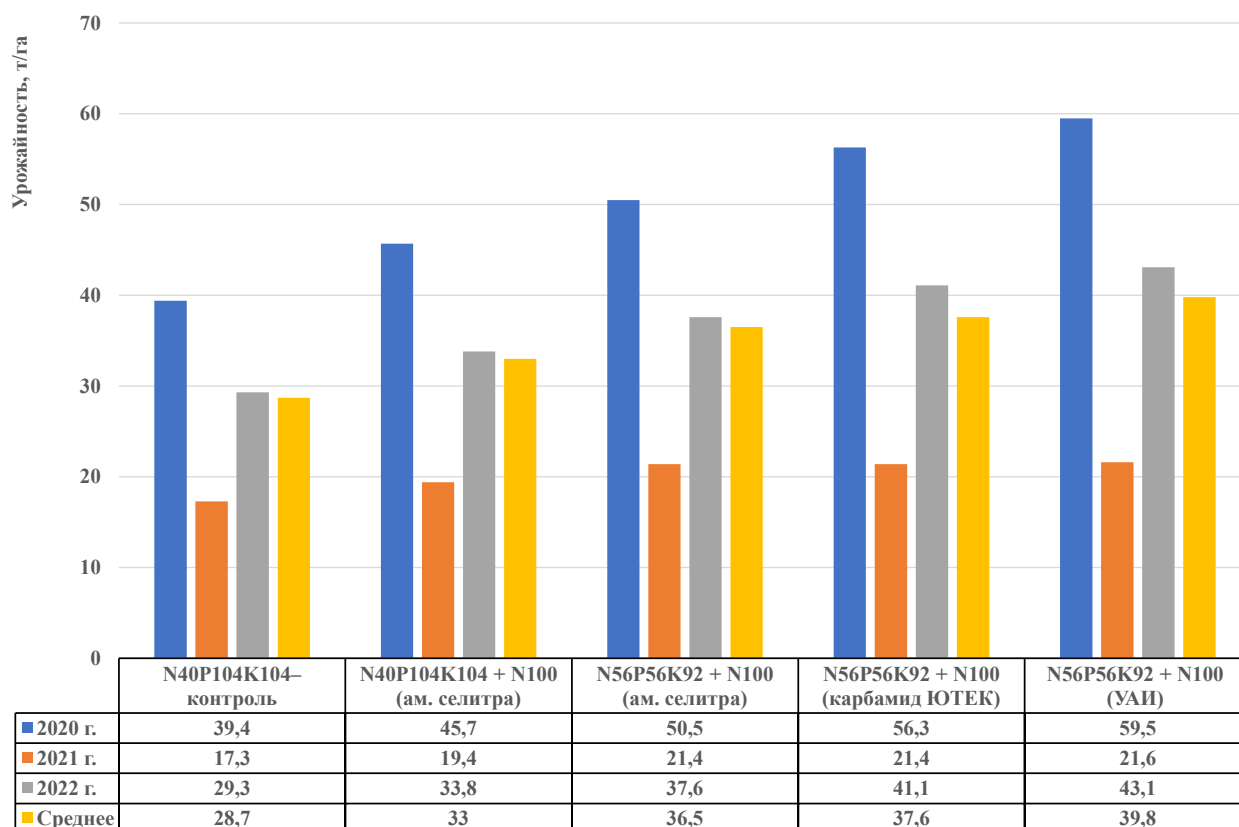


Рисунок 1. Урожайность (т/га) картофеля в зависимости от применения удобрений

Азотная подкормка в форме аммиачной селитры (наиболее распространенная форма азотных удобрений) в дозе N_{100} во 2-ом варианте способствовала повышению урожайности на 4,3 т/га или 15 %; замена в третьем варианте нитроаммофоски с соотношением элементов

10-26-26 (400 кг/га по физ. массе) на нитроаммофоску с соотношением 14-14-23 (400 кг/га по физ. массе) позволила получить прибавку урожайности 3,5 т/га или 10,8 % к уровню 2-го варианта, а в сумме двойная замена форм удобрений в 3-ем варианте позволила получить прибавку 7,8 т/га (27,2%) к контролю. Замена аммиачной селитры на карбамид ЮТЕК (4-ый вариант) и УАИ (5-ый вариант) при проведении подкормок в засушливом 2021 году было не достоверным, в остальные годы подкормки карбамидом ЮТЕК и УАИ оказали наибольшее положительное влияние на продуктивность картофеля. В 4-ом варианте с подкормкой карбамидом ЮТЕК в дозе N_{100} на фоне нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 получены следующие прибавки урожайности в 2020 году 5,8 т/га (11,5%), в 2022 году – 3,5 т/га (9,3%) к 3-ему варианту с подкормкой аммиачной селитрой. Полученные данные по росту урожайности картофеля от применения карбамида ЮТЕК – формы «медленного» азота, согласуются с результатами, полученными в опытах Жеворы С.В. (2021) и Khan I., Zaman M., Khan M.J. et al. (2014).

В варианте с внесением удобрения азотно-известнякового (УАИ) N_{100} (5-ый вариант) на фоне нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 наблюдались максимальные прибавки урожайности в 2020 г. – 9,0 т/га (17,8%), в 2022 г. – 5,5 т/га (14,6%), а в среднем за 3 года – 3,3 т/га или 9% к 3-ему варианту с подкормкой аммиачной селитрой. Такая высокая эффективность УАИ объясняется присутствием в удобрении помимо азота таких необходимых элементов минерального питания, как кальций и магний, которые находятся в дефиците в почве с рН 4,4-4,9 (что очень часто наблюдается в севооборотах с картофелем). Динамика фракционного состава клубней в урожае (среднее за 2020-2022 гг.) по вариантам опыта представлена в табл. 2.

Таблица 2. Фракционный состав по массе и количество клубней в зависимости от удобрений

№ п/п	Фракционный состав клубней, %			Количество клубней, шт./1 растение			
	> 60 мм	30-60 мм	<30 мм	всего	> 60 мм	30-60 мм	<30 мм
1	32,3	61,9	5,8	10,7	1,5	7,1	2,1
2	30,3	65,6	4,1	10,7	1,3	7,3	2,1
3	27,7	68,1	4,2	11,7	1,4	8,0	2,3
4	28,7	67,8	3,5	11,9	1,3	8,4	2,2
5	27,1	68,4	4,5	13,9	1,4	9,4	3,1
НСР ₀₅	0,6	0,7	0,4	1,0	0,4	0,4	0,2

Проведение азотных подкормок различными формами удобрений во 2-ом и 3-5-ом вариантах на фоне двух форм нитроаммофосок приводило к снижению содержания фракции крупных клубней (по массе) при одновременном повышении средней фракции клубней (30-60 мм в диаметре), что свидетельствует об усилении азотного питания и удлинении периода формирования товарного урожая. Замена в третьем варианте нитроаммофоски с соотношением элементов 10-26-26 на нитроаммофоску с соотношением 14-14-23 привело к увеличению общего количества клубней на 1,0 шт., в т.ч. средней фракции – на 0,7 шт. /растение.

В 4-ом варианте с внесением карбамида ЮТЕК в дозе N_{100} на фоне нитроаммофоски 14-14-23 получено минимальное количество (3,5%) не стандартных клубней по массе.

Под влиянием азотных подкормок различными формами удобрений (3-5 варианты): аммиачная селитра, карбамид ЮТЕК и УАИ, общее количество клубней в расчете на 1 растение увеличилось на 1,0-3,2 шт., в том числе средней фракции – на 0,9-2,3 шт. по сравнению с контролем. В 5-ом варианте [$N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (УАИ)] образовывалось наибольшее количество клубней, в основном, за счет увеличения средней фракции.

Замена традиционной нитроаммофоски (10-26-26) на нитроаммофоску с соотношением 14-14-23, а также проведение азотных подкормок приводило к изменению биохимических характеристик клубней (среднее за 2020-2022 гг., табл. 3).

Таблица 3. Показатели качества клубней картофеля и сбор крахмала в зависимости от применения удобрений

№ п/п	Варианты опыта	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг на 1 кг клубней	Сбор крахмала, т/га
1	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄	18,7	13,3	18,2	140	3,6
2	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄ + N ₁₀₀ (ам. селитра)	18,3	12,8	18,0	178	4,0
3	N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N ₁₀₀ (ам. селитра)	18,6	13,1	18,3	159	4,6
4	N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N ₁₀₀ (карбамид ЮТЕК)	18,0	12,6	20,0	143	4,6
5	N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N ₁₀₀ (УАИ)	18,5	13,0	19,3	35	4,9

Наиболее высокая крахмалистость клубней отмечена в 1-ом, 3-ем и 5-ом вариантах, а содержание витамина С в 4-ом и 5-ом вариантах, т.е. на фоне нитроаммофоски 14-14-23 в сочетании с подкормками. За счет существенного роста продуктивности картофеля в 3-5 вариантах повышался выход крахмала – на 1,0-1,3 т/га или на 28-36% выше контроля (N₄₀P₁₀₄K₁₀₄) и на 0,6-0,9 т/га (на 15-22%) к значению 2-го варианта. Концентрация нитратов в продукции при проведении азотных подкормок повышалась в пределах ПДК (250 мг/кг сырых клубней) во 2-ом и 3-ем вариантах, тогда как на фоне нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 в сочетании с подкормкой карбамидом ЮТЕК (4-ый вариант) и УАИ (5-ый вариант) концентрация NO₃ была на уровне контроля или снижалась.

Экономическая эффективность рассчитывалась согласно методическим рекомендациям по определению годового экономического эффекта от использования НИР и ОКР в АПК. В расчётах использовались данные по урожайности с учётом фракционного состава клубней. Средняя цена реализации продовольственного картофеля [клубни двух фракций (> 60 мм) + (30-60 мм в диаметре)] в 2020 году составила 15 руб./кг, в 2021 году – 25, в 2022 году – 20 руб./кг. Основные технологические затраты, связанные с обработкой почвы, посадкой картофеля, междурядными обработками, применением пестицидов и т.д., были одинаковы для всех вариантов опыта. В дополнительных затратах была учтена стоимость удобрений и затраты на уборку и доработку дополнительной продукции: подготовка к уборке, уборка технологическими средствами, подвозка с поля до хранилища, первичная переборка и загрузка в хранилище (табл. 4).

Таблица 4. Экономические показатели производства картофеля в зависимости от применения удобрений, 2020-2022 гг.

Варианты опыта	Условный доход от доп. продукции, руб./га	Окупаемость затрат дополнительной продукцией	Себестоимость, руб./кг	Рентабельность, %
N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄ – контроль	-	-	6,53	220
N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄ + N _{aa100}	54382	2,16	6,04	253
N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N _{aa100}	113900	4,32	5,48	288
N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N _{v100}	158380	5,13	5,30	307
N ₅₆ P ₅₆ K ₉₂ + N ₁₀₀ (УАИ)	174028	5,50	5,23	316

Примечание: N_{aa} – аммиачная селитра; N_v – карбамид ЮТЕК

Стоимость удобрений с 2020 по 2022 годы выросла в 1,30-1,59 раз, что отразилось на увеличении дополнительных затрат на 17-18%. Экономические показатели производства

картофеля в вариантах применения нитроаммофоски 14-14-23 в сочетании с подкормками различными формами азота: аммиачная селитра (N_{aa}), карбамид УТЕС (N_v), удобрение азотно-известняковое (УАИ), были существенно выше, чем в вариантах с наиболее распространенными удобрениями в хозяйствах: 1-ый вариант (без подкормок) и 2-ой вариант [$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра)] с нитроаммофоской 10-26-26.

Условный доход от дополнительной продукции в вариантах с испытуемыми агрохимикатами колебался от 54,4 (на фоне традиционных удобрений) до 174,0 тыс. руб./га [в 5-ом варианте $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)], то есть практически увеличивался в три раза. Окупаемость затрат была наиболее высокая в 5-ом варианте с подкормкой УАИ – 5,5, а наименьшая – 2,16, в варианте с применением нитроаммофоски 10-26-26 в сочетании с подкормкой аммиачной селитрой. Себестоимость продукции была наибольшей в контроле ($N_{40}P_{104}K_{104}$) 6,53, снижаясь до 5,23 руб./кг в пятом варианте, при одновременном росте рентабельности производства с 220% в контроле $N_{40}P_{104}K_{104}$, до 316 % в 5-ом варианте с комплексным минеральным питанием [$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)].

Внесение испытуемых агрохимикатов в почву весной и проведение азотных подкормок при окучивании рядков сопровождалось улучшением агрохимических характеристик (табл. 5).

Таблица 5. Агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от применения удобрений, среднее за 2020-2022 гг.

Варианты опыта	pH_{KCl}	N- NO_3	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
		мг/кг почвы				
1. $N_{40}P_{104}K_{104}$ – контроль	4,69	13,1	395	115	466	131
2. $N_{40}P_{104}K_{104} + N_{aa100}$	4,59	15,7	403	127	471	133
3. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{aa100}$	4,70	17,5	367	143	476	130
4. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{v100}$	4,73	18,9	376	149	486	129
5. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)	4,90	18,2	368	147	504	134
HCP ₀₅	0,16	2,1	26	14	23	15

Ко времени уборки картофеля обменная кислотность почвы (pH_{KCl}) наиболее заметно снижалась в 5-ом варианте с применением удобрения азотно-известнякового (УАИ) – до 4,90 ед. pH по сравнению с 1-ым вариантом (технология хозяйства). В этом же варианте с подкормкой УАИ в дозе N_{100} отмечено наиболее существенное увеличение обменного кальция – до 504 мг/кг или на 38 мг/кг относительно контроля. Содержание подвижного фосфора в вариантах (с 3-го по 5-ый) с внесением нитроаммофоски 14-14-23 (1:1:1,6) было в интервале от 367 до 376 мг/кг, что на 19-36 мг ниже, чем в вариантах с применением нитроаммофоски с соотношением 10-26-26 (1:2,6:2,6) – 1 и 2-ой варианты. Эти данные говорят об оптимизации экологической ситуации на поле, поскольку почва опытного участка за многие годы использования традиционных NPK-удобрений перешла в разряд «зафосфаченной».

В минеральном питании растений определяющая роль принадлежит нитратному азоту, выявлены тесные взаимосвязи между его содержанием и отзывчивостью культур на внесение азотных удобрений [1]. В нашем эксперименте минимальное содержание нитратного азота (N- NO_3) наблюдалось в контроле, повышаясь до среднего уровня обеспеченности этим элементом (15,7 мг/кг почвы) во 2-ом варианте и высокого значения (17,5-18,9 мг/кг) в 3-ем, 4-ом и 5-ом вариантах с внесением азотных подкормок (ам. селитра, карбамид ЮТЕК и УАИ) на фоне нитроаммофоски 14-14-23.

Выводы

Исследования, проведенные в полевом опыте при возделывании картофеля сорта Жуковский ранний на дерново-подзолистой супесчаной почве и климатических условиях 2020-2022 гг., позволили установить:

1. Применение современных форм азотных удобрений в качестве подкормки в дозе N_{100} до начала бутонизации картофеля, таких как карбамид ЮТЕК и удобрение азотно-

известняковое (УАИ), а также внесение перед посадкой гранулированной нитроаммофоски с соотношением элементов 14-14-23 (1:1:1,6), повышали урожайность культуры на 14-21%, качество продукции, структуру урожая, обеспечивали получение экономической выгоды и сохраняли плодородие почвы, относительно широко применяемых в хозяйствах удобрений – нитроаммофоски с соотношением 10-26-26 (1:2,6:2,6) и аммиачной селитры: $N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (ам. селитра).

2. Результаты по сбору крахмала, который вырос на 15-22%, в вариантах с комплексным минеральным питанием [$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ), или N_{100} (карбамид ЮТЕК)], позволяют рекомендовать новые формы удобрений для широкого использования как в практике возделывания продовольственного картофеля в обычных СХО, так и картофелеперерабатывающих предприятиях.

Список источников

1. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 48 с.

2. Жевора С. В. Реакция сортов картофеля на введение в систему минерального питания стабилизированного карбамида UTEC46 // Плодородие. 2021. № 3(120). С. 76-80.

3. Картофель: для научных сотрудников, агрономов, фермеров ученых / Б. В. Анисимов, К. В. Аршин, Г. Л. Белов [и др.] // Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха. Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», 2022. 570 с.

4. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК, №3, 2016. С. 19-25.

5. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С.В. Жевора, Л.С. Федотова, В.И. Старовойтов [и др.]; ФГБНУ ВНИИКХ. Москва: ФГУП «Издательство «Наука»», 2019. 120 с.

6. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Методические аспекты разработки основных элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия для условий Северо-Запада России // Плодородие. 2021. № 6(123). С. 33-37.

7. Продуктивность и энергетическая эффективность различных сортов картофеля в зависимости от систем удобрений / А.А. Моляко, А.В. Марухленко, Н. П. Борисова [и др.] // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 27-30.

8. How to improve yield and quality of potatoes: effects of two rates of urea N, urease inhibitor and cytozyme nutritional program / I. Khan, M. Zaman, M.J. Khan, M. Iqbal, M.N. Babar // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2014. Vol. 14 (2). Pp. 268-276.

9. Responsiveness of potatoes to the use of mineral fertilizers depending on the cultivation conditions / S. E. Geist, Y. I. Grechishkina, Y. A. Bezgina [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 6. Pp. 1921-1926.

10. The importance of nutrient management for potato production. Part I: Plant Nutrition and Yield / M. Koch, M. Naumann, E. Pawerzik et al. // Potato Research. 2020. Vol. 63. Part I. No. 1. Pp. 97-119.

References

1. Gamzikov G.P. Practical recommendations on soil diagnostics of nitrogen nutrition of field crops and the use of nitrogen fertilizers in Siberian agriculture. Moscow: FSBSI «Rosinformagrotech», 2018. 48 p.

2. Zhevora S. V. The reaction of potato varieties to the introduction of stabilized UTEC46 carbamide into the mineral nutrition system. Fertility, 2021, no. 3(120), pp. 76-80.

3. Potatoes: for researchers, agronomists, farmers and scientists. B. V. Anisimov, K. V. Arshin, G. L. Belov [and others]. Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Potato Research Center named after A.G. Lorch», 2022. 570 p.

4. Kiryushin V.I. Mineral fertilizers as a key factor in agricultural development and environmental management optimization. Achievements of Science and technology of the Agroindustrial Complex, no. 3, 2016, pp. 19-25.
5. Methods of conducting agrotechnical experiments, records, observations and analyses on potatoes. S.V. Zhevora, L.S. Fedotova, V.I. Starovoitov [et al.]. Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch. Moscow: FSUE Nauka Publishing House, 2019. 120 p.
6. Pasinkov A.V., Pasinkova E.N. Methodological aspects of the development of basic elements of adaptive landscape farming systems for the conditions of the North-West of Russia. Fertility, 2021, no. 6(123), pp. 33-37.
7. Productivity and energy efficiency of various potato varieties depending on fertilizer systems. A.A. Molyavko, A.V. Marukhlenko, N. P. Borisova [et al.]. Agrochemical Bulletin, 2021, no. 3, pp. 27-30.
8. How to improve yield and quality of potatoes: effects of two rates of urea N, urease inhibitor and cytozyme nutritional program. I. Khan, M. Zaman, M.J. Khan, M. Iqbal, M.N. Babar. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2014, vol. 14 (2), pp. 268-276.
9. Responsiveness of potatoes to the use of mineral fertilizers depending on the cultivation conditions. S. E. Geist, Y. I. Grechishkina, Y. A. Bezgina [et al.]. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018, vol. 9, no. 6, pp. 1921-1926.
10. The importance of nutrient management for potato production. Part I: Plant Nutrition and Yield. M. Koch, M. Naumann, E. Pawerzik et al. Potato Research, 2020, vol. 63, part i, no. 1, pp. 97-119.

Информация об авторах

Л.С. Федотова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела агротехнологий;

Н.А. Тимошина – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела агротехнологий;

Е.В. Князева – старший научный сотрудник отдела агротехнологий;

И.А. Арсентьев – младший научный сотрудник отдела агротехнологий;

М.М. Визирская – кандидат биологических наук, начальник отдела агрохимического сервиса.

Information about the authors

L.S. Fedotova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Agricultural Technologies;

N.A. Timoshina – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Agricultural Technology;

E.V. Knyazeva – Senior Researcher at the Department of Agricultural Technologies;

I.A. Arsentiev – Junior Researcher at the Department of Agricultural Technologies;

M.M. Vizirskaya – Candidate of Biological Sciences, Head of the Agrochemical Service Department.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 631.365.22

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-121-129

РАЗРАБОТКА ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО АППАРАТА С КОНВЕКТИВНО-КОНДУКТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕНОМ

Добрин Сергей Александрович^{1✉}, Шубкин Сергей Юрьевич², Бунеев Сергей Сергеевич³,
Чудинов Евгений Сергеевич⁴

^{1,2,3,4}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹dsa250499@gmail.com✉

²shubkin.92@mail.ru

³limes88@mail.ru

⁴chudinov.evgenij@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследований по различным аспектам функционирования зерносушильного аппарата с псевдооживленным слоем. Исследования показали, что наиболее эффективен процесс сушки, совмещающий в себе перемещение частиц с помощью механических вибраций и потока сушильного агента, а также за счет трубчатых теплообменников, установленных внутри зерносушильного аппарата. Подобное техническое решение позволяет регулировать температуру внутри камеры зерносушильного аппарата и подачу сушильного агента, что положительно сказывается на средней скорости сушки, а, следовательно, и на эффективности процесса. Установлено, что интенсивность вибрации является наиболее существенным фактором, влияющим на среднее время пребывания частиц и скорости сушки. По требуемой производительности зерносушильного аппарата был составлен материальный баланс, и определено количество испаряемой влаги по готовому продукту. По приведенному тепловому балансу найдено необходимое количество теплоты, расход топлива, пара, сушильного агента. Определена поверхность теплообмена, обеспечивающая заданную производительность зерносушильного аппарата. Установлено, что применение механической вибрации позволяет псевдооживлять слой при довольно низких расходах сушильного агента. Теплоизоляция сушилки была подобрана с учетом того, чтобы температура наружной стенки не превышала 40-50°C. Для определения максимальной поверхности теплообмена были приняты удельные потери теплоты в окружающую среду в диапазоне $q_0 = 125 \div 420$ кДж на 1 кг испаренной влаги. В статье представлены уравнения, адекватно описывающие рассматриваемый процесс. Спроектирована модель зерносушильного аппарата с псевдооживленным слоем, показана его принципиальная схема функционирования. Представлено описание конструктивного исполнения разрабатываемого зерносушильного аппарата, а также приведены результаты инженерных расчетов основных параметров. Установлено, что сочетание конвективного и кондуктивного теплоподвода повышает производительность зерносушильного аппарата.

Ключевые слова: псевдооживленный слой, кондукция, конвекция, комбинированный теплоподвод, сушильный агент

Для цитирования: Разработка зерносушильного аппарата с конвективно-кондуктивным теплообменом / С.А. Добрин, С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев, Е.С. Чудинов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 121-129. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-121-129>.

Original article

DEVELOPMENT OF A GRAIN DRYER WITH CONDUCTIVE-CONVECTIVE HEAT EXCHANGE

Sergej A. Dobrin¹, **Sergey Yu. Shubkin²**, **Sergey S. Buneev³**, **Evgeniy S. Chudinov⁴**

^{1,2,3,4}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹dsa250499@gmail.com

²shubkin.92@mail.ru

³limes88@mail.ru

⁴chudinov.evgenij@mail.ru

Abstract. This article presents the results of research on various aspects of the functioning of a grain dryer with a fluidized bed. Studies have shown that the drying process is most effective, combining the movement of particles using mechanical vibrations and the flow of a drying agent, as well as due to tubular heat exchangers installed inside the grain dryer. Such a technical solution allows you to regulate the temperature inside the chamber of the grain dryer and the supply of the drying agent, which has a positive effect on the average drying speed, and, consequently, on the efficiency of the process. It has been established that the intensity of vibration is the most significant factor affecting the average residence time of particles and the drying rate. According to the required performance of the grain dryer, a material balance was compiled and the amount of evaporated moisture for the finished product was determined. According to the given thermal balance, the required amount of heat, fuel consumption, steam, and drying agent were found. The heat and mass transfer surface has been determined, which provides a given performance of the grain dryer. It has been established that the use of mechanical vibration allows fluidization of the layer at a fairly low cost of the drying agent. The thermal insulation of the dryer was selected taking into account that the temperature of the outer wall did not exceed 40-50°C. To determine the maximum heat transfer surface, specific heat losses to the environment in the range $q_0 = 125 \div 420$ kJ per 1 kg of evaporated moisture were taken. The article presents equations that adequately describe the process under consideration. A model of a grain dryer with a fluidized bed is designed, and its schematic diagram of operation is shown. A description of the design of the grain dryer being developed is presented, as well as the results of engineering calculations of the main parameters. It is established that the combination of convective and conductive heat supply increases the productivity of the grain dryer.

Keywords: fluidized bed, conduction, convection, combined heat supply, drying agent

For citation: Development of a grain dryer with conductive-convective heat exchange. S.A. Dobrin, S.Yu. Shubkin, S.S. Buneev, E.S. Chudinov. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2026, no. 2(36), pp. 121-129. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-121-129>.

Введение

Сушка на основе псевдооживления – это эффективная и проверенная технология сушки зерна в непрерывном режиме [7]. Данная технология представляет собой процесс частичного удаления влаги, присутствующей в продукте, что повышает показатели качества готового продукта [8, 11]. Как известно, для безопасного хранения продукта (зерна) содержание влаги в нем не должно превышать 14%. Высокое содержание влаги в продовольственном зерне отрицательно влияет на его хранимостпособность [1].

Одним из наиболее экономически выгодных способов является сушка в псевдооживленном или виброкипящем слое [2]. Проектирование современных зерносушильных комплексов и аппаратов основано на оптимизации технологических процессов и сокращении энергетических затрат, что требует создания эффективных математических моделей [9, 10].

Разработка математических моделей для описания процессов сушки являлась предметом исследований в течение нескольких десятилетий, при этом проектирование зерносушильных аппаратов по-прежнему остается актуальной задачей [3, 5]. В значительной степени проектирование основывается на практическом опыте. Сложность модели зависит от цели рассматриваемого технического задания [6].

Цель исследования – разработка зерносушильного аппарата с кондуктивно-конвективным теплообменом.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- представить математическое описание процесса сушки с кондуктивно-конвективным теплообменом;
- определить ключевые факторы, оказывающие влияние на скорость сушки;
- разработать модель зерносушильного аппарата с кондуктивно-конвективным теплообменом;
- представить принципиальную схему функционирования разрабатываемого аппарата;
- произвести расчет основных параметров проектируемого аппарата.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2024-2025 гг. на базе кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. На кафедре ведется научно-исследовательская работа по теме «Динамика, прочность и надёжность машин, агрегатов и промышленного технологического оборудования в агропромышленном комплексе», один из разделов которой посвящен оптимизации сельскохозяйственных процессов методами математического и компьютерного моделирования.

Объект исследования – зерносушильный аппарат с конвективно-кондуктивным теплообменом.

В основе исследования – системный подход, позволивший установить связь между параметрами разработанной перспективной конструкции зерносушильного аппарата с кондуктивно-конвективным теплообменом.

Использованы сведения земледельческой (сельскохозяйственной) механики теоретического и экспериментального характера, а также законы классической механики.

Результаты исследований и их обсуждение

Был проведен ряд исследований по различным аспектам работы сушилки с виброкипящим слоем. Процесс такого способа сушки заключается в поддержании твердых частиц (зерен) в псевдооживленном состоянии в результате совместного воздействия потока сушильного агента и вибраций. Следовательно, они естественным образом перемещаются по сушилке от загрузочного патрубка к разгрузочному.

Математически описать рассматриваемый процесс конвективно-кондуктивного теплообмена позволяет дифференциальное уравнение Фурье-Кирхгофа [4]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + W_x \frac{\partial t}{\partial x} + W_y \frac{\partial t}{\partial y} + W_z \frac{\partial t}{\partial z} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

здесь t – температура, К;

τ – продолжительность процесса сушки, с;

W_x, W_y, W_z – проекции скорости сушильного агента на соответствующие координатные оси, м/с;

a – коэффициент температуропроводности, м²/с.

Уравнение (1) можно записать в другом виде, с использованием оператора Лапласа:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + (\vec{W}, \text{grad} t) = a \nabla^2 t. \quad (2)$$

В уравнении (2) конвективные слагаемые представлены скалярным произведением вектора скорости $\vec{W}$ и градиента температуры $\text{grad} t$, а кондуктивные – оператором Лапласа $\nabla^2 t$.

Интенсивность механической вибрации является наиболее существенным фактором, влияющим на увеличение производительности процесса псевдооживления за счет ускорения тепло-массообмена в камере зерносушильного аппарата, а это, в конечном счете, приводит к сокращению продолжительности процесса сушки.

Безразмерная интенсивность вибрации определяется соотношением:

$$\Gamma_v = \frac{A\omega^2}{g}, \quad (3)$$

где A – амплитуда вибрации, м; ω – угловая скорость, рад/с; g – ускорение свободного падения, м/с².

Это свойство служит показателем механического воздействия на систему. Диапазон интенсивности вибрации, при котором скорость сушки наибольшая $\Gamma_v = 2-3$.

Непосредственно при расчете параметров зерносушильного аппарата соблюдалась следующая последовательность действий.

1. По требуемой производительности составляем материальный баланс сушилки, определяем количество испаряемой влаги в час по зонам, а также расход сушильного агента.

Материальный баланс имеет целью определение количества (расхода) испаренной влаги и расхода сушильного агента. Его составляют для потоков высушиваемого материала и сушильного агента. Обычно задается годовая производительность сушилки по готовому продукту.

Часовая производительность сушилки:

$$G_2 = \frac{G}{ab}, \quad (4)$$

где G – годовая производительность по готовому продукту, кг;

a – число часов работы сушилки в сутки;

b – число рабочих дней в году.

Принимаем, $a = 22$ ч, $b = 330$ сут (для непрерывно действующего производства).

В процессе сушки происходят безвозвратные потери материала, однако они достаточно малы, вследствие чего можно пренебречь ими.

Количество удаляемой влаги W (кг/ч) определяем из уравнения материального баланса:

$$W = \frac{G_2(w_1 - w_2)}{(1 - w_1)}, \quad (5)$$

где w_1 и w_2 – начальная и конечная влажность материала, %.

Производительность сушильной установки определяем по следующей зависимости:

$$G_1 = G_2 + W. \quad (6)$$

2. Составляем тепловой баланс с определением расхода тепла, сушильного агента.

Для испарения влаги и проведения совместно с сушкой других термических процессов к материалу необходимо подвести определенное количество теплоты. Суммарный расход теплоты в сушилке выражается через общую зависимость:

$$\sum Q = Q_{исп} + Q_M + Q_n + Q_\Gamma + Q_D + Q_T, \quad (7)$$

где $Q_{исп}$, Q_M – количество теплоты соответственно на испарение влаги и нагревание материала, Дж;

Q_n и Q_Γ – потери теплоты соответственно в окружающую среду и с отходящими газами, Дж;

Q_D – расход теплоты на дегидратацию, разрушение энергии связи с материалом и другие эндотермические процессы, Дж;

Q_T – расход теплоты на нагревание дополнительно вводимых сред (пара, сжатого воздуха и транспортных средств), Дж.

В свою очередь расход теплоты на нагревание материала и испарение влаги определяется через следующие зависимости:

$$\begin{aligned} Q_{исп} &= 4,19W(595 + 0,49t_\Gamma - \theta_1) \\ Q_M &= G_2 c_M (\theta_2 - \theta_1) \\ Q_n &= F_{nc} K (t_{cp} - t_0) \\ Q_\Gamma &= L J_2 \\ Q_M &= \overline{q_D} G_2 \end{aligned}, \quad (8)$$

где c_M – теплоемкость абсолютно сухого материала, кДж/(кг К);

θ_1 – начальная температура материала, К;

θ_2 – температура материала, уходящего из сушильной камеры, К;

K – коэффициент теплопередачи через стенку сушилки, Вт/(м²·К);

$F_{н.с.}$ – наружная поверхность сушилки, $м^2$;

$t_{ср.}$ – средняя температура в сушилке, К,

t_0 – температура окружающей среды, К.

$\overline{q_d}$ – средняя удельная теплота дегидратации, отнесенная к 1 кг готового (сухого)

продукта, Дж/кг.

3. Производим гидродинамический расчет сушилки.

К основным гидродинамическим характеристикам кипящего слоя следует отнести:

- сопротивление кипящего слоя,
- скорости начала псевдооживления и уноса (витания) частиц,
- рабочую скорость теплоносителя и высоту псевдооживленного слоя.

Критическая скорость кипения для частиц материала максимального диаметра d (м) определяем из соотношений:

$$v_k = \frac{Re \cdot v_t}{d_{max}}, \quad (9)$$

$$Re = \frac{Ar}{(1400 + 5,22\sqrt{Ar})}, \quad (10)$$

где v_t – коэффициент кинематической вязкости теплоносителя (в нашем случае воздуха), $м/с^2$.

Для обеспечения устойчивого режима кипения средняя скорость сушильного агента в аппарате равна:

$$v = (2...3)v_k, \quad (11)$$

Одними из важнейших показателей процесса сушки в аппарате являются минимальная высота слоя продукта и высота высушиваемого материала, которая обеспечивает требуемую среднюю продолжительность сушки в проектируемом зерносушильном аппарате с ковективно-кондуктивным теплообменом.

$$h_{min} = \frac{V}{F}, \quad (12)$$

$$h = \frac{G\tau}{\rho_1 F (1 - \varepsilon)},$$

где h_{min} и h – минимальная высота слоя продукта в аппарате и высота слоя высушиваемого материала соответственно, м.

4. Определяем поверхность тепло- и массообмена, обеспечивающую заданную производительность сушилки.

Площадь газораспределительной решетки рассчитываем, исходя из среднего объема воздуха в сушильной камере и средней скорости кипения, и округляем до стандартного значения:

$$F = L/v = 5,2(м^2). \quad (13)$$

Теплоизоляцию сушилки подбираем с учетом того, чтобы температура наружной стенки не превышала 40-50°C. В качестве материала для теплоизоляции выбираем минеральную вату.

Для определения максимальной поверхности сушилки приближенно принимаем удельные потери теплоты в окружающую среду $q_0 = 125 \div 420$ кДж на 1 кг испаренной влаги в зависимости от влажности материала.

Уменьшение средней продолжительность времени сушки влияет на повышение производительности и пропускной способности сушилки. Более эффективно справляться с задачей сушки помогает конвективно-кондуктивный теплообмен, используемый в конструкции проектируемой зерносушилки (см. рис. 1 и 2).

Проектируемый зерносушильный аппарат с конвективно-кондуктивным теплообменом состоит из воздушной камеры 1, камеры продукта 2, воздухораспределительной пластины 3, втяжной колпак 4, и теплообменника 5.

Воздушная камера 1 разделена на несколько секций, каждая из которых имеет сопло, через которое подается воздух или инертный газ для псевдоожижения. Равномерное распределение воздуха обеспечивает воздухораспределительная пластина 3, которая отделяет камеру продукта 2 от воздушной камеры 1. Камера продукта 2 является центральной частью установки, где и происходит интенсивное движение частиц, так называемый процесс псевдоожижения. Слой псевдоожиженных частиц обеспечивает оптимальную тепло- и массопередачу.

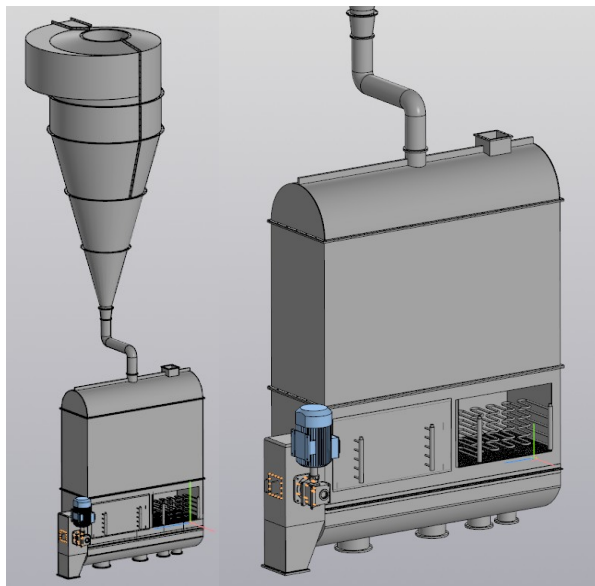


Рисунок 1. Модель проектируемого зерносушильного аппарата с конвективно-кондуктивным теплообменом

Секции сушки и охлаждения объединены в одном устройстве, так как в камере продукта 2 установлены и используются различные типы теплообменников 4, чтобы система сушки и охлаждения была более эффективной. На камеру продукта 2 устанавливается вытяжной колпак 5, имеющий сопло для загрузки влажного неотработанного продукта, а также сопло для вытяжки отработанного воздуха. Камера продукта оснащена механическим приводом 6, что позволяет производить автоматическую выгрузку отработанных, просушенных частиц, а также обеспечивает необходимые вибрации для поддержания продукта в псевдоожиженном состоянии.

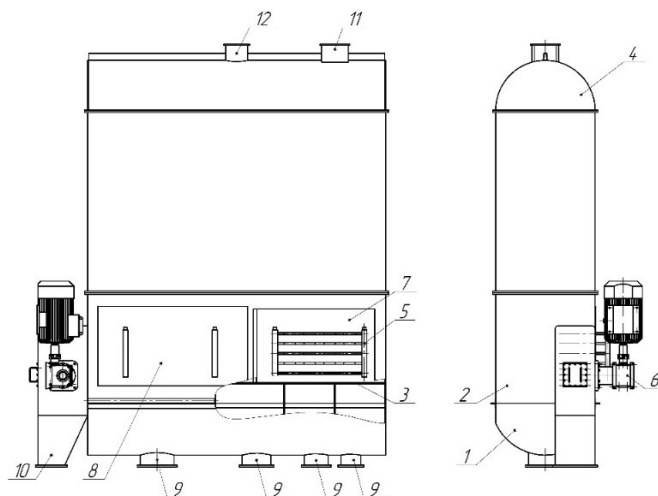


Рисунок 2. Принципиальная схема проектируемого зерносушильного аппарата с кондуктивно-конвективным теплообменом:

- 1 – воздушная камера; 2 – камера продукта; 3 – воздухораспределительная пластина;
4 – вытяжной колпак; 5 – теплообменники; 6 – привод; 7 – секция сушки;
8 – секция охлаждения; 9 – сопла для подачи воздуха/газов;

10 – сопло для выгрузки продукта; 11 – сопло для загрузки продукта; 12 – вытяжка

Процесс сушки заключается в подаче и равномерном распределении воздуха с помощью воздухораспределительной пластины. Воздушный поток попадает в камеру продукта 2, где также установлены теплообменники 4. Воздушный поток преобразует слой частиц в псевдоожиженное состояние, при этом помимо данного эффекта, воздух также обеспечивает тепловую энергию для сушки и охлаждения. Количество подаваемого воздуха регулируется в зависимости от свойств продукта и требований к процессу сушки. Температура продукта и воздуха регулируется конкретной конфигурацией разделительных стенок в камере продукта 2. Оптимизация кривой температуры происходит за счет теплообменников 4. Высокая эффективность достигается путем объединения конвективной теплопередачи по воздуху и проводящей теплопередачи с помощью нагреваемых теплообменников. Направленный поток воздуха или инертного газа толкает более крупные частицы продукта из зоны подачи, при этом происходит процесс сушки в сторону зоны выгрузки, где находится вращающийся клапан и механический привод. Исследования показали, что наиболее эффективен процесс сушки, совмещающий в себе перемещение частиц с помощью механических вибраций и газов, а также, благодаря разным теплообменникам, установленным внутри сушильного агрегата, возможно регулирование температуры внутри камеры и подачу воздушной смеси, что положительно влияет на среднюю скорость сушки, а также на производительность данного процесса. В табл. 1 приведены основные параметры проектируемого зерносушильного аппарата с конвективно-кондуктивным теплообменом.

Таблица 1. Основные параметры проектируемого зерносушильного аппарата с конвективно-кондуктивным теплообменом

Параметр	Единицы измерения	Расчетная формула	Значение
Эквивалентный диаметр зерна, d_s	$м$	$d_s = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$	0,0034
Критическая скорость кипения, v_k	$м/с$	$v_k = Re \cdot v_t / d_s$	0,45
Расход теплоты в сушильном аппарате, Q	$кДж/м^2$	$\sum Q = Q_{учн} + Q_M + Q_n + Q_r + Q_d + Q_T$	$6,43 \cdot 10^4$
Коэффициент межфазного теплообмена, α	$Вт/м^2 \cdot K$	$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_s}$	323,11
Площадь газораспределительной пластины, F	$м^2$	$F = L / v$	5,2
Средняя продолжительность сушки зерна, τ	$ч$	$\tau = \frac{G_3}{0,5(G_1 + G_2)}$	0,54
Производительность сушилки по исходному материалу, G	$кг/ч$	$G_1 = G_2 + \frac{G_2 \left(\frac{w_1}{1-w_1} - \frac{w_2}{1-w_2} \right)}{\left(1 - \frac{w_2}{1-w_2} \right)}$	2361
Безразмерная интенсивность вибрации, Γ_v	-	$\Gamma_v = \frac{A\omega^2}{g}$	3
Мощность, потребляемая приводом, N_e	$кВт$	$N_e = \frac{V \cdot H}{1000\eta}$	3,78
Мощность электродвигателя привода, N	$кВт$	-	4,0 Модель 4А 100L4

Выводы

1. Исследования показали, что наиболее эффективен процесс сушки, совмещающий в себе перемещение частиц с помощью механических вибраций и потока сушильного агента, а также за счет теплообменников, установленных внутри зерносушильного аппарата. Представлены математические зависимости, адекватно описывающие рассматриваемый процесс.

2. Установлено, что интенсивность вибрации является наиболее существенным фактором, влияющим на среднее время пребывания частиц и скорости сушки. Применение механической вибрации позволяет псевдоожигать слой при довольно низких расходах сушильного агента. Теплоизоляция сушилки была подобрана с учетом того, чтобы температура наружной стенки не превышала 40-50°C. Для определения максимальной поверхности теплообмена были приняты удельные потери теплоты в окружающую среду в диапазоне $q_0 = 125 \div 420$ кДж на 1 кг испаренной влаги.

3. Спроектирована модель зерносушильного аппарата с кондуктивно-конвективным теплообменом, приведена его принципиальная схема функционирования. Представлено описание конструктивного исполнения разрабатываемого зерносушильного аппарата, а также приведены результаты инженерных расчетов основных параметров. Установлено, что сочетание конвективного и кондуктивного теплоподвода повышает производительность зерносушильного аппарата.

Список источников

1. Белкина Р.И., Казак А.А., Губанова В.М. Качество зерна новых сортов яровой пшеницы в Северном Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 9. С. 1116-1127.
2. Коношин И.В., Волженцев А.В., Башкирев А.П. Оптимальные параметры сушилки кипящего слоя // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 211-214.
3. Митрофанов А.В. Математическая модель эволюции состояния слоя дисперсного топлива при нагреве и сушке в плотном и псевдоожиженном слое // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2015. № 2. С. 67-70.
4. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Москва: Энергия, 1972. 320 с.
5. Масалимов И.Х., Каримов Х.Т., Павленко В.А. Математическая модель сушки зерна ячменя инфракрасным нагревом в вакууме // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3(32). С. 95-101.
6. Обоснование математических моделей переменного теплоподвода при сушке зерна / М. Г. Загоруйко, М. Е. Бельштина, Р. А. Марин, И. А. Башмаков // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 87-92.
7. Обоснование рационального метода сушки гранул в кипящем слое и гидродинамического режима их взаимодействия с ожижающим агентом / А. А. Нугманова, И. Ю. Алексанян, А. Х. Х. Нугманов [и др.] // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2021. Т. 24. № 3. С. 287-298.
8. Обоснование рационального метода сушки гранул клейковины пшеничной в кипящем слое и установка для его осуществления / А. А. Покопцева, И. Ю. Алексанян, А. Х. Х. Нугманов [и др.] // Современная наука и инновации. 2022. № 2(38). С. 110-119.
9. Полубояринов Н.А., Сибирина Т.Ф. Построение математической модели оптимизации процесса сушки зерна в шахтной зерносушилке // Эпоха науки. 2019. № 17. С. 101-104.
10. Разработка конструкции установки для сушки зерна в кипящем слое и закономерности процесса / С. Б. Садыкова, Р. Умирзаков, А. Мергалимова, Н. Р. Картджанов // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия: Технические науки и технологии. 2019. № 4(129). С. 77-84.
11. Сушка зерна пшеницы в псевдоожиженном слое / А. В. Волженцев, И. В. Коношин, Р. А. Булавинцев, А. В. Звекон // Агротехника и энергообеспечение. 2020. № 4(29). С. 42-48.

References

1. Belkina R.I., Kazak A.A., Gubanova V.M. Grain quality of new varieties of spring wheat in the Northern Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2024, vol. 24, no. 9, pp. 1116-1127.
2. Konoshin I.V., Volzhentsev A.V., Bashkirev A.P. Optimal parameters of the fluidized bed dryer. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2018, no. 8, pp. 211-214.
3. Mitrofanov A.V. Mathematical model of the evolution of the state of a dispersed fuel layer during heating and drying in a dense and fluidized bed. *Bulletin of the Ivanovo State Power Engineering University*, 2015, no. 2, pp. 67-70.
4. Lebedev P.D. Heat exchange, drying and refrigeration units. Moscow: Energiya Publ., 1972. 320 p.
5. Masalimov I.Kh., Karimov Kh.T., Pavlenko V.A. Mathematical model of drying barley grain by infrared heating in vacuum. *Innovations in agriculture*, 2019, no. 3(32), pp. 95-101.
6. Substantiation of mathematical models of variable heat supply during grain drying. M. G. Zagoruyko, M. E. Belyshkina, R. A. Marin, I. A. Bashmakov. *Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 11, pp. 87-92.
7. Substantiation of a rational method of drying granules in a fluidized bed and the hydrodynamic regime of their interaction with a liquefying agent. A. A. Nugmanova, I. Y. Aleksanyan, A. H. H. Nugmanov [and others]. *Bulletin of the Moscow State Technical University. Proceedings of the Murmansk State Technical University*, 2021, vol. 24, no. 3, pp. 287-298.
8. Substantiation of a rational method for drying wheat gluten granules in a boiling layer and an installation for its implementation. A. A. Pokoptseva, I. Y. Aleksanyan, A. H. H. Nugmanov [et al.]. *Modern science and innovation*, 2022, no. 2(38), pp. 110-119.
9. Poluboyarinov N.A., Sibirina T.F. Construction of a mathematical model for optimizing the grain drying process in a mine grain dryer. *Epoch of Science*, 2019, no. 17, pp. 101-104.
10. Design development of a grain drying unit in a fluidized bed and process patterns. S. B. Sadykova, R. R. Umirzakov, A. Mergalimova, N. R. Kartdzhanov. *Bulletin of the L.N.Gumilyov Eurasian National University. Series: Technical Sciences and Technologies*, 2019, no. 4(129), pp. 77-84.
11. Drying of wheat grain in a fluidized bed. A.V. Volzhentsev, I. V. Konoshin, R. A. Bulavintsev, A.V. Zvekov. *Agrotechnics and energy supply*, 2020, no. 4(29), pp. 42-48.

Информация об авторах

С.А. Добрин – старший преподаватель кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;

С.С. Бунеев – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

Е.С. Чудинов – обучающийся.

Information about the authors

S.A. Dobrin – Senior lecturer at the Department of Agroengineering, Mechatronic and Radioelectronic Systems;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;

S.S. Buneev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering, Mechatronic and Radioelectronic Systems;

E.S. Chudinov – Student.

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Научная статья

УДК 631.445.42

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-130-141

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В ИНТЕНСИВНЫХ ЯБЛОНЕВЫХ САДАХ В ЛИПЕЦКОЙ И ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТЯХ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Пугачев Григорий Николаевич²,
Шубкин Сергей Юрьевич³, Бунеев Сергей Сергеевич⁴, Добрин Сергей Александрович⁵,
Барышникова Анастасия Владимировна⁶

^{1,3,4,5,6}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

²Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Тамбовская область, Мичуринск, Россия

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

⁵dsa250499@gmail.com

⁶nastya181997@icloud.com

Аннотация. Исследования проводили в 2020-2025 гг. в интенсивных неорошаемых яблоневых садах Липецкой и Тамбовской области. Междурядья всех садов содержались под чёрным паром. Почвы анализировались перед раскорчёвкой интенсивных садов, то есть в возрасте деревьев 16 лет. Из почв, занятых интенсивными яблоневыми садами без орошения на период 2020-2025 гг. в Липецкой и Тамбовской областях, самый мощный гумусовый аккумулятивный горизонт (A_1) имеется у чернозёма выщелоченного в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский» и составляет 80 см. Из изученных почв самый мощный гумусовый горизонт $A+B$ имеется у чернозёма оподзоленного в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский» и составляет 140 см. Самый мощный иллювиальный горизонт (B) имеет чернозёмно-луговая выщелоченная слабооглеенная почва в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский». Элювиальный (оподзоленный) генетический горизонт ($A_1A_2+A_2B$) мощностью 40 см имеется лишь у тёмно-серых лесных почв в интенсивном саду яблони ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября». Самый поверхностный карбонатный горизонт имеется у чернозёмов типичных в интенсивном саду яблони АО «Дубовое» - 60 см от поверхности почвы. Пятна оглеения наиболее близко к поверхности почвы – у чернозёмно-луговой оподзоленной сильнооглеенной почвы в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский» - в слое 40-120 см. Псевдофибры имеются только на луговато-чернозёмной слабооподзоленной малоомощной почве в интенсивном саду яблони ФНЦ им. И.В. Мичурина в слое 110-200 см. Причина появления в СПССПК «Тимирязевский» чернозёмно-луговой почвы с признаками оглеения уже в гумусовом горизонте вызвана поверхностным переувлажнением; очень плотный глинистый локальный водоупорный слой на глубине 120-200 см не затрудняет дренаж, а весенние воды близлежащей западины подтапливают почву и создают процесс оглеения.

Ключевые слова: яблоня, тип почвы, морфология почвы, интенсивные сады, профиль почвы

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

Для цитирования: Морфологические свойства почв в интенсивных яблоневых садах в Липецкой и Тамбовской областях / В.Л. Захаров, Г.Н. Пугачев, С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев, С.А. Добрин, А.В. Барышникова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 130-141. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-130-141>.

Original article

MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS IN INTENSIVE APPLE ORCHARDS IN LIPETSK AND TAMBOV REGIONS

Vyacheslav L. Zaharov^{1✉}, Grigorij N. Pugachev², Sergej Yu. Shubkin³, Sergej S. Buneev⁴,
Sergej A. Dobrin⁵, Anastasia V. Baryshnikova⁶

^{1,3,4,5,6}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

²Michurin Federal Scientific Center, Tambov region, Michurinsk, Russia

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

⁵dsa250499@gmail.com

⁶nastya181997@icloud.com

Abstract. The research was conducted in 2019-2025 in intensive non-irrigated apple orchards in the Lipetsk and Tambov regions. The aisles of all the gardens were kept under black steam. The soils were analyzed before uprooting intensive gardens, that is, at the age of the trees 16 years. Of the soils occupied by intensive apple orchards without irrigation for the period 2020-2025 in the Lipetsk and Tambov regions, the most powerful humus accumulative horizon (A1) is found in chernozem leached in the intensive apple orchard of the Timiryazevsky cooperative and is 80 cm. Of the studied soils, the most powerful humus horizon A+B is found in chernozem podzolized in the intensive apple orchard of the Timiryazevsky cooperative and is 140 cm. The most powerful illuvial horizon (C) is the chernozem meadow leached slightly clay soil in the intensive apple orchard of the Timiryazevsky cooperative. An eluvial (podzolic) genetic horizon (A1A2+A2B) with a thickness of 40 cm is available only in dark gray forest soils in the intensive apple orchard of the Agrofirma named after 15 let Oktyabrya. The most superficial carbonate horizon is found in chernozems typical of the intensive apple orchard of the Oak joint-stock company - 60 cm from the soil surface. The gluing spots are closest to the soil surface – in the chernozem-meadow podzolized heavily glued soil in the intensive apple orchard of the Timiryazevsky cooperative - in a layer of 40-120 cm. Pseudofibres are found only on meadow-chernozem slightly saline, low-yielding soil in the intensive apple orchard of the I.V. Michurin Scientific Center in a layer of 110-200 cm. The reason for the appearance of chernozem meadow soil in the Timiryazevsky cooperative with signs of cleavage already in the humus horizon is caused by surface water-logging; a very dense clay local water-resistant layer at a depth of 120-200 cm does not impede drainage, and the spring waters of a nearby depression flood the soil and create the process of cleavage.

Keywords: apple tree, soil type, soil morphology, intensive gardens, soil profile

Funding: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

For citation: Morphological properties of soils in intensive apple orchards in Lipetsk and Tambov regions. V.L. Zakharov, G.N. Pugachev, S.Yu. Shubkin, S.S. Buneev, S.A. Dobrin, A.V. Baryshnikova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 2(36), pp. 130-141. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-130-141>.

Введение

Оптимальные морфологические признаки почвы (влажность, плотность, засоление) определяют экологию функционирования почв [15]. По величине гумусового горизонта можно оценить степень эродированности почвы [3]. Внешний облик гумусового горизонта позволяет также зафиксировать почвовосстановительную роль залежи [11] и отследить криогенез [7]. Иллювиальный горизонт играет большую роль на склоновых землях. При этом, чем он более мощный, тем более устойчивы почвы к смыву [10]. По структуре почвы в условиях смешанных лесов на территории Ярославской области показано нарушение и скорость восстановления почв после антропогенного преобразования [2]. Изменение глубины оподзоливания и глубины проявления цветковых признаков оглеения характеризует продолжительность и эффективность дренажа почвы [13]. По внешнему виду материнской породы можно

понять историю возникновения почвы. Например, если почвы образованы на морских отложениях, то новообразования карбонатов и гипса видны в горизонтах В₂ и ВС [12].

Установлено, что в условиях частичного промывного режима почв на антропогенно преобразованных почвах активизируются процессы накопления гумуса в переходных горизонтах (В₂ и ВС) [1]. Наиболее измененными в строении почвенного профиля являются почвы примагистральных посадок [8]. В условиях Ставропольского края большинство пахотных почв имеют мощный профиль, но происходит метаморфоз почв. Для целины характерно слабое присутствие признаков слитизации [14].

В условиях Удмуртии установлено, что по истечении 30-40-летнего периода зарастания первоначально однородный пахотный слой превратился в постагрогенный горизонт, в котором четко выделяются два подгоризонта Р₁ра светло-серой окраски, комковатой структуры и Р₂ра белесовато-светло-серой окраски, комковато-чешуйчатой структуры, что обусловлено более интенсивным течением в верхней части пахотного горизонта процесса гумусообразования и в нижней его части - кислотного гидролиза [4].

На основе морфологических признаков разрабатывается электронная база данных [5]. При поверхностном механическом техногенезе дерново-подзолистые почвы по морфологическим признакам превращались в агроземы, при глубокопрофильном механическом техногенезе - в реплантоземы. По изменению морфологических признаков почв определяется интенсивность проведения рекультивационных мероприятий [9].

Цель исследования – сопоставить морфологические свойства разных садопригодных типов и подтипов почвы, на которых сейчас заложены интенсивные яблоневые сады в Липецкой и Тамбовской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2020-2025 гг. Объектами исследований являлись почвы в интенсивных яблоневых садах, заложенных по схеме 4,5х2,5 м в Липецкой области: СПССПК «Тимирязевский» (чернозём выщелоченный, чернозём оподзоленный, чернозёмно-луговая оподзоленная, чернозёмно-луговая выщелоченная), ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» (тёмно-серая лесная почва) и Тамбовской области: АО «Дубовое» (чернозём типичный), в ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (луговато-чернозёмная оподзоленная). Междурядья садов содержались под чёрным паром, без капельного орошения. Подвой 62-396.

Для морфологического описания были заложены по 4 опорных профиля в каждом хозяйстве на глубину 2 м. Оценку почв проводили по пособию В.Д. Иванова [6].

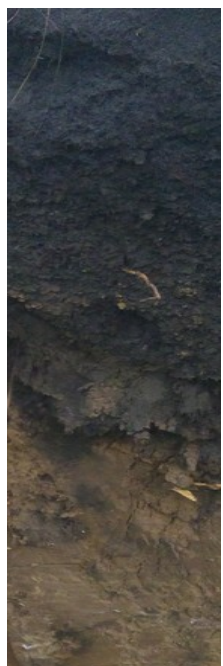
Результаты исследований и их обсуждение

По мощности гумусового горизонта (А+В) чернозем выщелоченный в СПССПК «Тимирязевский» считается мощным, а по глубине залегания карбонатов – глубокоокарбончатый (табл. 1).

Иллювиальный горизонт почвы имеет мощность 70 см. Метровый слой гумусового горизонта наряду с глубоким залеганием верхней границы карбонатов делает эту почву идеальной для роста корней яблони как на карликовом, так и на полукарликовом подвоях. Недостаток этого подтипа лишь в том, что твёрдые карбонатные конкреции являются преградой для мелких активных корней, так как при соприкосновении с ними у последних появляются ожоги, и как следствие – опробковение в местах контакта с мелом. Профиль чернозёма выщелоченного в саду яблони плотный, очень слабо насыщен дождевыми червями, но до глубины 170 см обильно пронизан корнями яблони

Профили чернозёмов оподзоленных в садах яблони также довольно плотные и мало пронизаны ходами червей и кротов. Здесь гумусовый горизонт (А+В) имеет ещё большую мощность - 140 см. Иллювиальный горизонт имеет толщину 30 см. Весь 2-метровый профиль почвы свободен от карбонатов, поэтому данный подтип почвы является для яблони самым идеальным. Ведь именно этот подтип почвы является природной средой обитания яблони лесной – предка всех северных сортов яблони.

Таблица 1. Морфологические признаки чернозёма выщелоченного в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский»

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-80	Чёрный, влажный, плотный, тяжелосуглинистый, ореховато-призматический. Обилие корней яблони. Граница карманная, переход ясный.
	AB ₁ 80-100	Чёрный с бурыми пятнами. Плотный, влажный, тяжелосуглинистый, комковатый. Обилие корней яблони и кротовин. Граница карманная, переход заметный.
	B ₂ 100-120	Коричневый с бурыми и чёрными пятнами. Очень плотный, влажный, тяжелосуглинистый, комковатый. Обилие корней яблони и кротовин. Граница карманная, переход заметный.
	B _{3Ca} 120-170	Коричневый с чёрными прожилками. Вскипает. Карбонатные журавчики и пятна. Очень плотный, влажный, тяжелосуглинистый, комковатый. Обилие корней яблони и кротовин. Ржавый песок. Граница карманная, переход заметный.
	BC _{Ca} 170-200	Светло-коричневый с белыми пятнами карбонатов. Вскипает. Очень плотный, влажный, тяжелосуглинистый, глыбистый. Кротовины, журавчики, пятна ржавого песка. Граница волнистая, переход ясный.

Согласно классификации почв по мощности гумусовых горизонтов (A+B) чернозём оподзоленный в СПССПК «Тимирязевский» считается мощным, а поскольку на протяжении всей 2-метровой глубины нет карбонатов, то почва глубинноокарбоначенная (табл. 2).

Таблица 2. Морфологические признаки чернозёмов оподзоленных в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский»

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-50	Чёрный, влажный, слабо уплотнённый, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый. Обилие корней яблони. Граница волнистая, переход резкий.
	AB 50-140	Светло-коричневый, влажный, уплотнённый, комковатый, тяжелосуглинистый. Живые и отмершие корни яблони, кротовины, гумусовые затёки по ходам корней. Граница волнистая, переход постепенный.
	B 140-170	Светло-коричневый, влажный, плотный, комковатый, глинистый. Кротовины, кутаны, гумусовые затёки по ходам корней. Граница волнистая, переход заметный.
	C 170-200	Светло-коричневый, влажный, очень плотный, бесструктурный, тяжелосуглинистый, в нижней части среднесуглинистый.

Профиль чернозёмно-луговой оподзоленной почвы в саду яблони также очень плотный и малонаселён дождевыми червями. Следы кротовин очень старые, что говорит о том, что местное переувлажнение весенними талыми водами давно не позволяет проживать здесь землеройным животным. Переувлажнение здесь не грунтовое, а поверхностное. Оно вызвано наличием локального водоупора из плотной тяжёлой глины на глубине 120 см и глубже. Рядом с местом закладки этого разреза имеется замкнутое понижение, залитое водой весной и осенью. Иллювиальный горизонт почвы имеет мощность 40 см. Мощность гумусового горизонта (А+В) в 120 см относит её к мощным, а отсутствие карбонатов – к глубинноокисленным. Эта почва пригодна только для сортов яблони на суперкарликовых подвоях. Сорта на карликовых подвоях в полноводные вёсны будут страдать от переувлажнения (табл. 3).

Таблица 3. Морфологические признаки чернозёмно-луговой оподзоленной сильнооглеенной почвы в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский»

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-40	Чёрный, влажный, уплотнённый, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый. Обилие корней яблони. Граница карманообразная, переход резкий.
	AB 40-120	Неоднородный: светло-коричневый с чёрными пятнами и прожилками. Влажный, очень плотный, глыбистый, тяжелосуглинистый. Пятна оглеения, живые и отмершие корни яблони, кротовины, гумусовые затёки по ходам корней, кутаны. Граница карманообразная, переход постепенный.
	B 120-160	Светло-коричневый, влажный, очень плотный, глыбистый, глинистый. Пятна оглеения, живые и отмершие корни яблони, кутаны, гумусовые затёки по ходам корней. Граница волнистая, переход постепенный.
	C 160-200	Светло-коричневый, сырой, очень плотный, бесструктурный, глинистый, в нижней части среднесуглинистый. Пятна оглеения, кутаны.

Имеется в данном хозяйстве и выщелоченный аналог чернозёмно-луговой почвы. Она расположена дальше от замкнутого понижения и поэтому имеет более слабое оглеение. Оно здесь затрагивает только почвообразующую породу. Иллювиальный горизонт этой почвы имеет большую мощность – 90 см. Согласно мощности гумусового горизонта (А+В) почву следует отнести к маломощной, а по залеганию карбонатов – к неглубокоокисленной (табл. 4).

Этот подтип почвы вполне садопригоден для сортов яблони на суперкарликовых и карликовых подвоях.

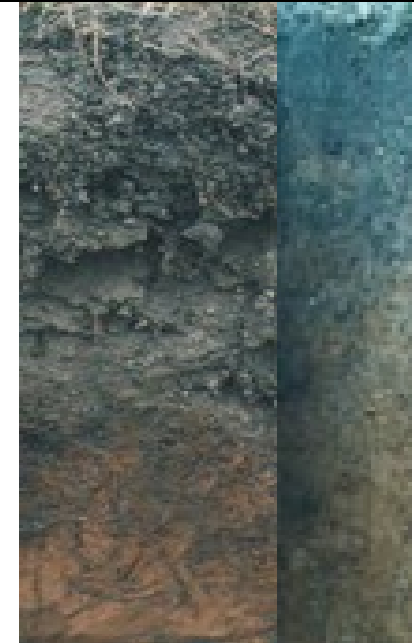
Уровень залегания грунтовых вод в данном хозяйстве очень низкий - составляет 40 м. Опасность для деревьев могут представлять только весенние воды, скапливающиеся на замкнутых понижениях.

Таблица 4. Морфологические признаки чернозёмно-луговой выщелоченной слабооглеенной почвы в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский»

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-40	Тёмно-серый, сухой, рыхлый, пылевато-зернистый, тяжело-суглинистый. Обилие корней яблони. Граница языковатая, переход резкий
	AB 40-60	Бурый с чёрными пятнами гумуса, тяжелосуглинистый, плотный, свежий, комковато-зернистый. Обилие корней яблони. Граница волнистая, переход постепенный.
	B ₁ 60-80	Светло-бурый с тёмно-бурыми пятнами, влажный, тяжелосуглинистый, плотный, призматически-комковатый. Граница волнистая, переход ясный.
	B ₂ 80-150	Светло-бурый с тёмно-бурыми пятнами, влажный, тяжелосуглинистый, плотный, призматически-комковатый. С глубины 100 см вскипает от кислоты. Граница волнистая, переход ясный.
	C 150-200	Светло-бурый с сизыми пятнами оглеения, сырой, очень плотный, бесструктурный, тяжелосуглинистый.

Гумусовый горизонт тёмно-серых лесных почв в ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» имеет малую мощность (40 см), что относит их к маломощным, отсутствие карбонатов во всем профиле – к глубинноокарбоначенным. Оподзоленный элювиальный горизонт имеет толщину 40 см и является причиной разделения корней на 2 яруса: верхний – расположен в гумусовом горизонте и нижний – в иллювиальном на глубине 80 см. Сам иллювиальный горизонт толщиной 70 см (табл. 5).

Таблица 5. Морфологические признаки тёмно-серых лесных почв в интенсивном саду яблони ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября»

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-40	Тёмно-серый, сухой, рыхлый, зернистый, тяжело-суглинистый. Обилие корней яблони и ходов червей. Граница ровная, переход заметный.
	A ₁ A ₂ 40-60	Тёмно-серый, сухой, слабоуплотнённый, зернистый, тяжелосуглинистый. Обилие корней яблони. Граница волнистая, переход заметный.
	A ₂ B 60-80	Тёмно-белёсый, свежий, слабоуплотнённый, зернистый, тяжелосуглинистый. Обилие корней яблони. Кремнезёмистая присыпка SiO ₂ . Граница волнистая, переход заметный.
	B 80-150	Неоднородный: бурый с тёмными пятнами кротовин, свежий, очень плотный, зернисто-комковатый, тяжелосуглинистый. Обилие корней яблони и кротовин. Граница языковатая, переход заметный.
	C 150-200	Красноватый, среднесуглинистый, влажный, очень плотный, бесструктурный.

Тёмно-серая лесная почва – это наряду с чернозёмом оподзоленным самый идеальный подтип почвы для роста всех сортов яблони, независимо от силы роста подвоя.

Чернозём типичный в АО «Дубовое» имеет очень большой гумусовый горизонт и считается мощной почвой. Иллювиальный горизонт имеет толщину 50 см. По верхней границе карбонатов почва относится к высокоокислованной (табл. 6).

Таблица 6. Морфологические признаки чернозёмов типичных в интенсивном саду яблони АО «Дубовое»

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-60	Чёрный, рыхлый, сухой, легкосуглинистый, зернисто-комковатый. Обилие корней яблони. Граница ровная, переход заметный.
	AB _{Ca} 60-120	Неоднородный: чёрный с бурым оттенком, свежий, уплотнённый, легкосуглинистый, зернисто-комковатый, реже призматически. Обилие корней яблони. Вскипает от соляной кислоты. Граница волнистая, переход постепенный.
	B _{Ca} 120-170	Неоднородный: бурый с чёрными пятнами кротовин, слабоуплотнённый, свежий, легкосуглинистый, зернисто-комковатый. Кротовины. По всему горизонту карбонатный мицелий, редкие круглые карбонатные твёрдые конкреции.
	C _{Ca} 170-200	Неоднородный: от бурого до палевого, влажный, плотный, легкосуглинистый, бесструктурный. Весь горизонт бурно вскипает от соляной кислоты. Встречаются твёрдые карбонатные округлые конкреции.

В отличие от чернозёма выщелоченного здесь карбонаты оформлены в рыхлый и пронизываемый для корней яблони мицелий, поэтому не являются препятствием для них. Этот подтип чернозёма считается самой плодородной в мире почвой для полевых культур, но не для всех подвоев яблони: оптимален для северных сортов на карликовых и полукарликовых подвоев.

Луговато-чернозёмная слабооподзоленная почва в ФНЦ им. И.В. Мичурина по величине гумусового горизонта (А+В) является мощной, а по наличию карбонатов – глубинноокислованной. Иллювиальный горизонт здесь имеет большую мощность - 85 см (см. табл. 7).

Отсутствие карбонатов по всему профилю, очень мощный гумусовый горизонт и наличие слабой оподзоленности делает этот тип почвы практически идеальным для всех типов подвоя яблони. Он уступает только лесным почвам (тёмно-серая лесная и чернозём оподзоленный), поскольку лишён лесной микрофлоры, очень оптимальной для яблони, которая сформировалась как порода в лесных фитоценозах.

Таблица 7. Морфологические признаки луговато-чернозёмной слабоподзоленной мощной почвы в интенсивном саду яблони ФНЦ им. И.В. Мичурина

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-70	Очень плотный, тёмно-серый, тяжелосуглинистый, сухой, зернистый, копролиты, пятна оподзоливания. Обилие корней яблони. Граница карманная, переход ясный.
	AB 70-95	Кротовины, неоднородный, бурый, с чёрными полосами и пятнами, очень плотный, тяжелосуглинистый, корни растений, комковатый. Граница карманная, переход ясный.
	B ₁ 95-180	Бурый, кротовины, чёрные пятна, линзы ожелезнённого песка, очень плотный в линзах, вне их – плотный, в кротовинах менее плотный. Влажный, комковатый, тяжелосуглинистый. Граница карманная, переход ясный.
	C 180-200	Светло-жёлтый, влажный, плотный, бесструктурный, легкосуглинистый.

В этом же научном центре имеется и маломощный аналог луговато-чернозёмной слабоподзоленной почвы. Гумусовый горизонт (A+B) здесь в 1,5 раза тоньше, чем у мощного аналога. Иллювиальный горизонт тоже менее мощный – 50 см. Отсутствие карбонатов по всему профилю ставит эту почву в группу глубинноокрабоначенных (см. табл. 8).

Таблица 8. Морфологические признаки луговато-чернозёмной слабоподзоленной маломощной почвы в интенсивном саду яблони ФНЦ им. И.В. Мичурина

Фото профиля	Горизонт и слой, см	Морфологические признаки
	A ₁ 0-37	Тёмно-серый, комковато-пылеватый, скелетаны, сухой, книзу свежий, тяжелосуглинистый. Корни растений. В нижней части влажный, комковато-призматический, чёрный, уплотнённый, переход постепенный, граница затёчная.
	AB 37-60	Неоднородный: чёрный с бурыми пятнами, гумусовые затёки, кутаны, очень плотный, свежий, тяжелосуглинистый, комковато-призматический, граница карманная, переход резкий.
	B ₁ 60-110	Неоднородный: бурый с чёрными пятнами кротовин, гумусовые затёки, кутаны, очень плотный, свежий, тяжелосуглинистый, комковато-призматический, граница карманная, переход резкий.
	C 110-200	Песок, влажный, неоднородный, рыхлые линзы ожелезнённого песка, слои жёлтого песка, очень плотные псевдофибры, рыхлые светлые карманы песка, бесструктурный, песчаный.

Особый интерес представляют здесь псевдофибры – очень плотные прослойки песка, пропитанные оксидами железа на глубине 110-200 см. Они являются локальным водоупором и препятствуют хорошему дренажу (см. рис. 1).



Рис. 1. Псевдофибры луговато-чернозёмной маломощной почвы

Почва менее садопригодна, чем мощный её аналог, так как укороченный гумусовый горизонт не позволит проникать легко корневой системе вглубь, и слабовзрослые карликовые подвои будут подвержены подмерзанию.

Выводы

1. Из почв, занятых интенсивными яблоневыми садами без орошения на период 2020-2025 гг. в Липецкой и Тамбовской областях самый мощный гумусовый аккумулятивный горизонт (A_1) имеется у чернозёма выщелоченного в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский» и составляет 80 см.
2. Из изученных почв самый мощный гумусовый горизонт $A+B$ имеется у чернозёма оподзоленного в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский» и составляет 140 см.
3. Самый мощный иллювиальный горизонт (B) имеет чернозёмно-луговая выщелоченная слабооглеенная почва в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский».
4. Элювиальный (оподзоленный) генетический горизонт ($A_1A_2+A_2B$) мощностью 40 см имеется лишь у тёмно-серых лесных почв в интенсивном саду яблони ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября».
5. Самый поверхностный карбонатный горизонт имеется у чернозёмов типичных в интенсивном саду яблони АО «Дубовое» - 60 см от поверхности почвы.
6. Пятна оглеения расположены наиболее близко к поверхности почвы – у чернозёмно-луговой оподзоленной сильнооглеенной почвы в интенсивном саду яблони СПССПК «Тимирязевский» - в слое 40-120 см.
7. Псевдофибры имеются только на луговато-чернозёмной слабооподзоленной маломощной почве в интенсивном саду яблони ФНЦ им. И.В. Мичурина в слое 110-200 см.
8. Причина появления в СПССПК «Тимирязевский» чернозёмно-луговой почвы с признаками оглеения уже в гумусовом горизонте вызвана поверхностным переувлажнением; очень плотный глинистый локальный водоупорный слой на глубине 120-200 см не затрудняет дренаж, а весенние воды близлежащей западины подтапливают почву и создают процесс оглеения.

Список источников

1. Влияние различных биоценозов на отдельные морфологические признаки почв черноземного типа / Л.Б. Сайфуллина, И.Ф. Медведев, А.С. Белякова, К.А. Азаров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2013. № 6. С. 45-49.
2. Гусева О.А., Титова М.М. Восстановление морфологических признаков дерново-подзолистых глеевых остаточно-карбонатных почв после механического нарушения (на

примере Ярославской области) // Фундаментальные и прикладные вопросы естественных и технических наук: Сборник научных трудов. Том 1. Смоленск: Общество с ограниченной ответственностью «Новаленсо», 2017. С. 7-11.

3. Джалилова Г.Т., Мягкова Н.В. Диагностика степени эродированности горных почв по морфологическим признакам // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 1(61). С. 85-90.

4. Дмитриев А.В. Морфологические признаки дерново-подзолистых среднесуглинистых почв залежных земель, извлеченных из активного сельскохозяйственного оборота // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России, Ижевск, 24-26 февраля 2021 года. Том I. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. С. 39-42.

5. Залибеков З.Г., Галимова У.М. О принципах составления информационной базы данных по морфологическим признакам почв аридных экосистем // Вестник Дагестанского государственного университета. 2009. № 6. С. 49-57.

6. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учеб. пособ. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.

7. Коркина Е.А. Морфологические признаки криогенеза в структуре таёжных почв Западно-Сибирской равнины // Почвы - стратегический ресурс России: Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, Сыктывкар, 22 апреля – 08 июня 2021 года / Отв. редакторы С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Том Часть 3. Москва-Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2021. С. 935-937.

8. Кочнева А.А., Кочнев А.В., Воронова В.В. Морфологические признаки почв в насаждениях г. Набережные Челны // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 16–19 февраля 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». Том 1. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. С. 50-53.

9. Леднев А.В., Леднев Н.А. Влияние механического техногенеза на морфологические признаки дерново-подзолистых почв // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2009. № 1(12). С. 63-67.

10. Николаева Т.А., Абдушева Я.М., Карниз А.А. Морфологические признаки и основные свойства дерново-карбонатных почв Новгородской области // Повышение эффективности использования и воспроизводства природных ресурсов: Материалы научно-практической конференции, Великий Новгород, 24-25 ноября 2016 года / Редколлегия: М.В. Никонов [и др]. Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2016. С. 227-231.

11. Симонова Ю.В., Русаков А.В., Лебедева М.П. Морфологические признаки почв под разновозрастными залежами на мезо- и микроуровне (Ярославская область) // Почвы – опора России: тезисы докладов IX съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Казань, 12-16 августа 2024 года. Москва, Казань: МАКС-Пресс, 2024. С. 519-521.

12. Сравнительная характеристика морфологических признаков современных и погребённых почв кургана «Иноземцево» / В. С. Цховребов, М. М. Ал-Дарраджи, В. Я. Лысенко, А. А. Токарев // Биологизация земледелия – основа продовольственной безопасности России в длительной перспективе: сборник научных статей, Ставрополь, 12-14 ноября 2024 года. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2024. С. 179-184.

13. Тюлькин А.В. Устойчивость морфологических признаков дерново-подзолистых почв северных увалов к длительному воздействию дренажа // Мелиорация почв для

устойчивого развития сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева, Киров, 26-27 февраля 2019 года. Том Часть 2. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 291-295.

14. Цховребов В.С., Калугин Д.В., Марьин А.Н. Изменение морфологических признаков почв опытной станции СтГАУ в результате их сельскохозяйственного использования // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции, Ставрополь, 13-15 октября 2015 года. – Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2015. С. 66-68.

15. Экологические функции морфологических признаков почв и их приложения мелиорации земель / Э.М.Р. Мирзоев, И.А. Магомедов, З.Д. Бийболатова [и др.] // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 116-119.

References

1. The influence of various biocenoses on individual morphological features of chernozem-type soils. L.B. Sajfullina, I.F. Medvedev, A.S. Belyakova, K.A. Azarov. Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2013, no. 6, pp. 45-49.

2. Guseva O.A., Titova M.M. Restoration of morphological features of sod-podzolic gley residual carbonate soils after mechanical disturbance (on the example of the Yaroslavl region). Fundamental and applied issues of natural and technical sciences: A collection of scientific papers. Vol. 1. Smolensk: Limited Liability Company «Novalenso» Publ., 2017, pp. 7-11.

3. Dzhililova G.T., Myagkova N.V. Diagnosis of the degree of erosion of mountain soils by morphological features. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture, 2016, no. 1(61), pp. 85-90.

4. Dmitriev A.V. Morphological features of sod-podzolic medium loamy soils of fallow lands extracted from active agricultural turnover. Technological trends in the sustainable functioning and development of the agro-industrial complex: proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology in Russia, Izhevsk, February 24-26, 2021. Vol. I. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy Publ., 2021, pp. 39-42.

5. Zalibekov Z.G., Galimova U.M. On the principles of compiling an information database on the morphological characteristics of soils of arid ecosystems. Bulletin of Dagestan State University, 2009, no. 6, pp. 49-57.

6. Ivanov V.D., Kuznecova E.V. Soil assessment: textbook. the manual. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publ, 2004. 287 p.

7. Korkina E.A. Morphological signs of cryogenesis in the structure of taiga soils of the West Siberian plain. Soils - a strategic resource of Russia: Abstracts of the VIII Congress of the V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification, Syktyvkar, April 22 – June 08, 2021. Editors S.A. Shoba, I.Yu. Savin. Volume Part 3. Moscow-Syktyvkar: Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021, pp. 935-937.

8. Kochneva A.A., Kochnev A.V., Voronova V.V. Morphological features of soils in plantings of Naberezhnye Chelny. Scientific and personnel support of agriculture for food import substitution: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Izhevsk, February 16-19, 2016. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Izhevsk State Agricultural Academy. Vol. 1. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy Publ., 2016, pp. 50-53.

9. Lednev A.V., Lednev N.A. The influence of mechanical technogenesis on the morphological features of sod-podzolic soils. Agrarian Science of the Euro-North-East, 2009, no. 1(12), pp. 63-67.

10. Nikolaeva T.A., Abdusheva YA.M., Karniz A.A. Morphological features and basic properties of sod-carbonate soils of the Novgorod region. Improving the efficiency of the use and reproduction of natural resources: Proceedings of a scientific and practical conference, Great Novgorod,

November 24-25, 2016. Editorial Board: M.V. Nikonov [et al.]. Great Novgorod: Yaroslav the Wise Novgorod State University, 2016, pp. 227-231.

11. Simonova Yu.V., Rusakov A.V., Lebedeva M.P. Morphological features of soils under deposits of different ages at the meso- and microlevel (Yaroslavl region). Soils – support of Russia: Abstracts of the IX Congress of the V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists, Kazan, August 12-16, 2024. Moscow, Kazan: MAKS-Press Publ., 2024, pp. 519-521.

12. Comparative characteristics of morphological features of modern and buried kurgan soils «Inozemcevo». V.S. Ckhovrebov, M.M. Al-Darradzi, V.YA. Lysenko, A.A. Tokarev. Biologization of agriculture is the basis of Russia's food security in the long term: collection of scientific articles, Stavropol, November 12-14, 2024. Stavropol: Stavropol State Agrarian University Publ., 2024, pp. 179-184.

13. Tyul'kin A.V. The stability of morphological features of sod-podzolic soils of the northern hills to the prolonged effects of drainage. Soil reclamation for sustainable agricultural development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Alexander Filippovich Timofeev, Kirov, February 26-27, 2019. Vol. Part 2. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy Publ., 2019, pp. 291-295.

14. Ckhovrebov V.S., Kalugin D.V., Mar'in A.N. Changes in the morphological features of soils at the SSAU experimental station as a result of their agricultural use. Evolution and degradation of soil cover: A collection of scientific articles based on the materials of the IV International Scientific Conference, Stavropol, October 13-15, 2015. Stavropol: AGRUS Publ., 2015, pp. 66-68.

15. Ecological functions of morphological features of soils and their applications of land reclamation. E.M.R. Mirzoev, I.A. Magomedov, Z.D. Bijbolatova [et al]. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2014, no. 63, pp. 116-119.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Г.Н. Пугачев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;

С.С. Бунеев – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

С.А. Добрин – аспирант;

А.В. Барышникова – аспирант.

Information about the authors

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products;

G.N. Pugachev – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;

S.S. Buneev – Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering, Mechatronic and Radioelectronic Systems;

S.A. Dobrin – Postgraduate student;

A.V. Baryshnikova – Postgraduate student.

Научная статья

УДК 631.95

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-142-150

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

Леонова Юлия Валерьевна^{1✉}, Спасская Татьяна Аркадьевна²,
Тютюнькова Маргарита Викторовна³

^{1,2}Калужский филиал Российского государственного аграрного университета –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Калужская область, Калуга, Россия

³Калужский филиал Московского государственного технического университет
имени Н.Э. Баумана, Калужская область, Калуга, Россия

¹natrolit@mail.ru✉

²ta_spasskaya@mail.ru

³tyutyunkova82@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ эффективности применения нетрадиционных удобрений, таких как осадок сточных вод (ОСВ) и органоминеральный препарат «Гумитон», при возделывании ячменя сорта «Владимир». Исследование выявило, что использование отходов в качестве удобрений может стать перспективным решением для повышения урожайности. Широкое внедрение ОСВ в сельском хозяйстве сдерживается наличием в них тяжелых металлов, среди которых наиболее биологически опасными являются кадмий и свинец. В статье изучается влияние нетрадиционных удобрений на урожайность и качественный состав зерна ячменя сорта «Владимир», включающий накопление в зерне кадмия и свинца. Применение в качестве удобрения ОСВ обеспечило рост урожайности в 1,4 раза и повышение содержания сырого протеина на 12,6%, также отмечено накопление свинца и кадмия в количествах ниже допустимых уровней. Максимальные урожайность (17,01 ц/га) и содержание сырого протеина (9,27%) были получены при совместном применении нетрадиционных удобрений, тяжелых металлов в зерне ячменя не обнаруживалось. Использование органоминерального препарата «Гумитон» привело к наибольшему накоплению сырого жира, золь и клетчатки, а также к 9% росту урожая на фоне варианта без внесения удобрений.

Ключевые слова: нетрадиционные удобрения, органоминеральный препарат «Гумитон», осадки сточных вод, ячмень, урожайность, тяжелые металлы

Для цитирования: Леонова Ю.В., Спасская Т.А., Тютюнькова М.В. Агроэкологическая оценка влияния нетрадиционных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 142-150. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-142-150>.

Original article

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF NON-TRADITIONAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF OAT GRAIN

Yulia V. Leonova^{1✉}, Tatyana A. Spasskaya², Margarita V. Tyutyunkova³

^{1,2}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
(Kaluga Branch), Kaluga region, Kaluga, Russia

³Bauman Moscow State Technical University» (Kaluga Branch), Kaluga region, Kaluga, Russia

¹natrolit@mail.ru✉

²ta_spasskaya@mail.ru

³tyutyunkova82@mail.ru

Abstract. The article presents an analysis of the efficiency of using non-traditional fertilizers, such as sewage sludge (SWS) and the organomineral preparation «Gumiton», in the cultivation of Vladimir barley. The study revealed that the use of waste as fertilizers can be a promising solution for increasing crop yields.

The widespread introduction of SWS in agriculture is constrained by the presence of heavy metals in them, among which the most biologically hazardous are cadmium and lead. The article studies the effect of non-traditional fertilizers on the yield and qualitative composition of Vladimir barley grain, including the accumulation of cadmium and lead in grain. The use of SWS as a fertilizer ensured a 1.4-fold increase in yield and a 12.6% increase in crude protein content; lead and cadmium accumulation in quantities below permissible levels was also noted. The maximum yield (17.01 c/ha) and crude protein content (9.27%) were obtained with the combined use of non-traditional fertilizers; heavy metals were not detected in barley grain. The use of the organomineral preparation «Gumiton» led to the greatest accumulation of crude fat, ash and fiber, as well as to a 9% increase in yield compared to the option without fertilizer application.

Keywords: non-traditional fertilizers, organic mineral preparation «Gumiton», sewage sludge, barley, yield, heavy metals

For citation: Leonova Yu.V., Spasskaya T.A., Tyutyunkova M.V. Agroecological assessment of the influence of non-traditional fertilizers on the yield and quality of oat grain. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 2(36), pp. 142-150. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-142-150>.

Введение

Рост численности населения и повышение его потребностей приводят к значительному увеличению отходов производства и потребления. В структуре городских отходов от трети до почти половины их объема представлено осадками сточных вод (ОСВ). Несмотря на множество способов обезвреживания и утилизации ОСВ, предлагаемых специалистами, традиционным и наиболее распространенным способом обращения с осадками остается их захоронение на полигонах [13, 14].

Проведение захоронения ОСВ на полигонах позволяет временно решить проблему их хранения, однако этот подход имеет свои недостатки. Во-первых, использование больших участков земли для захоронения приводит к отчуждению ценного земельного фонда, который мог бы быть использован для других нужд. Во-вторых, захоронение отходов может провоцировать загрязнение окружающей среды. Процессы деполимеризации, сбраживания, гумификации органического вещества, сульфатредукции и другие, протекающие в теле свалок и полигонов, приводят к образованию фильтрата, который загрязняет поверхностные и подземные воды. В результате жизнедеятельности бактерий образуется биогаз – экологически опасная смесь меркаптанов, сероводорода, аммиака, метана, диоксида углерода, окислов азота, водорода и других газов, загрязняющих атмосферу [2, 11, 17, 19].

По данным Росприроднадзора, на территории России площадь, занятая свалками и полигонами, составляет более 4 миллионов гектаров. Ежегодно эта площадь увеличивается на 400 тысяч гектаров. В связи с этим поиск новых путей эффективной и безопасной утилизации осадков сточных вод является весьма актуальным [8, 10, 18].

Нами предлагается экологически значимый и потенциально эффективный способ применения ОСВ в качестве нетрадиционного удобрения сельскохозяйственных культур. Осадок сточных вод богат органическими веществами, а также такими элементами, как азот, фосфор и калий, которые являются ключевыми для растений. Применение ОСВ в качестве удобрения позволяет значительно увеличить урожайность культур. Так, в опытах с зерновыми и пропашными культурами при внесении ОСВ наблюдалось увеличение урожайности в 1,5-2 раза по сравнению с контрольным вариантом (без внесения удобрений) [3, 6, 9].

Широкое применение ОСВ в сельском хозяйстве ограничивает наличие в их составе тяжелых металлов (ТМ), таких как свинец, кадмий, никель, медь, цинк и хром. Наиболее биологически опасными из них являются свинец и кадмий. Они оказывают негативное воздействие на фотосинтез и транспирацию, нарушают обмен веществ, снижают численность почвенных микроорганизмов, доступность основных элементов питания [1]. Свинец и кадмий обладают способностью накапливаться в тканях растений, животных, человека, передаваясь по цепям питания [8, 9].

Снижение уровня концентрации ТМ в продукции растениеводства достигается различными способами [7, 16]. При внесении извести в кислые почвы тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, кобальт, никель и другие, переходят в практически нерастворимые формы

(гидроксиды и карбонаты). Глинование легких по гранулометрическому составу почв и применение цеолитов повышает буферную способность почв, снижая поступление ТМ в растениеводческую продукцию. На почвах, загрязненных тяжелыми металлами, применяется выращивание технических культур и подбор культур, которые меньше всего накапливают ТМ. Одним из способов также является повышение урожайности («биологическое разбавление»). Данный способ основан на распределении ТМ в большем объеме полученного урожая [12].

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – одна из основных задач растениеводческого направления агропромышленного комплекса. С целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур используются различные методы и препараты, стимулирующие их рост и развитие [5, 15, 20]. Одним из таких препаратов является «Гумитон», разработанный на базе ФГБОУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии национального исследовательского центра «Курчатовский институт» [4].

Цель исследования – оценка влияния совместного и раздельного использования осадков сточных вод как удобрений и органоминерального препарата «Гумитон» на урожайность и качество зерна ярового ячменя, а также на содержание в нём таких элементов, как свинец и кадмий.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнялись на опытном поле Калужского филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в период с 2022 по 2024 гг. В качестве объектов исследования использовались яровая ячмень (сорт «Владимир»), а также нетрадиционные удобрения – осадки сточных вод (ОСВ) и органоминеральный препарат «Гумитон».

Разработка препарата «Гумитон» велась с использованием торфа низинных болот Калужской области, бурого угля и сапропеля. В препарате содержится 20% органических веществ, 12% азота, 23% фосфора, 30% калия. «Гумитон» также содержит следующие микроэлементы: В – 0,27%, Мо – 0,10%, Мп – 0,13%.

Химический состав ОСВ включал: азот (N) – 2,5%, фосфор (P_2O_5) – 5,8%, калий (K_2O) – 0,4%, органические вещества – 45%. Влажность осадков составляла 80%, уровень pH – 8,5. Анализ показал наличие тяжелых металлов в ОСВ: свинец – $27,8 \pm 3,3$ мг/кг, кадмий – $7,8 \pm 0,9$ мг/кг.

Препарат «Гумитон» применялся для обработки растений в фазу кущения и начала выхода в трубку. Дозировка составила 1 литр препарата, разведенного в 300 литрах воды, на 1 гектар. ОСВ вносились в почву перед посевом во время вспашки в количестве 15 тонн сухого вещества на гектар.

Для определения содержания тяжелых металлов в ОСВ и зерне ячменя использовался метод атомно-абсорбционной спектроскопии. Качество зерна оценивалось с помощью инфракрасного анализатора, который измерял коэффициенты диффузного отражения подготовленных образцов в ближней инфракрасной области спектра. Полученные данные рассчитывались на основе градуировочных кривых. Оценивалось процентное содержание в зерне овса белка, золы и клетчатки.

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно полученным данным, представленным на рис. 1, как раздельное, так и совместное применение нетрадиционных удобрений (ОСВ и органоминерального препарата «Гумитон») позволило увеличить урожайность ячменя.

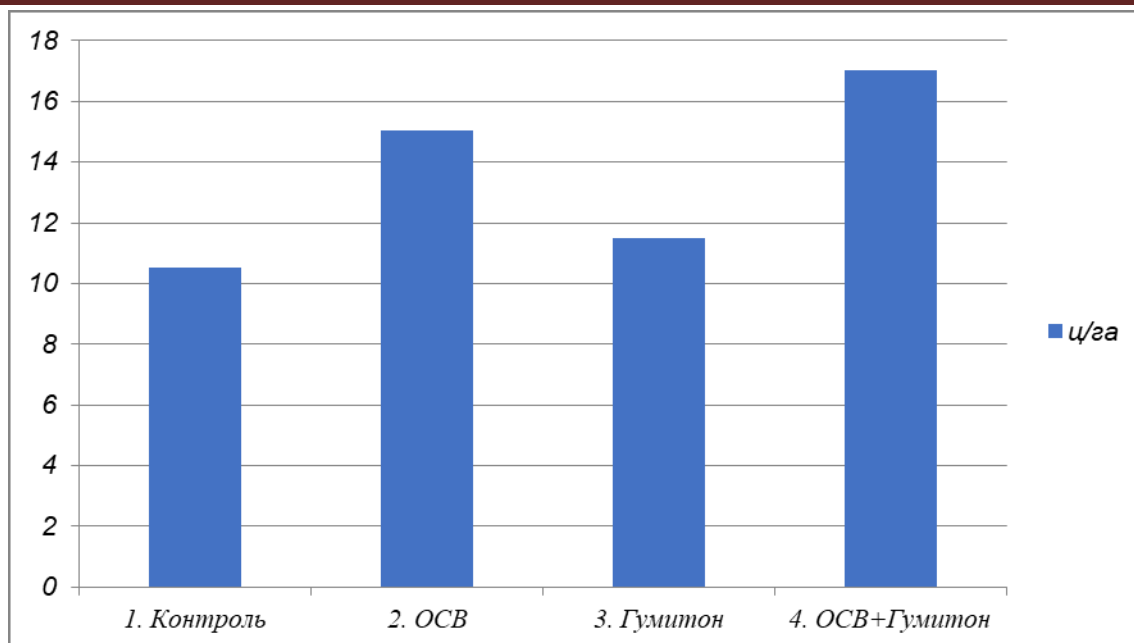


Рисунок 1. Урожайность ячменя в условиях применения нетрадиционных удобрений

Совместное использование нетрадиционных удобрений позволило получить максимальную урожайность зерна ячменя сорта «Владимир» (17,01 ц/га), это в 1,6 раза больше в сравнении с вариантом без удобрений. При применении ОСВ было отмечено увеличение урожайности зерна в 1,4 раза, органоминерального препарата «Гумитон» - на 9%.

Динамика показателей качества зерна ячменя сорта «Владимир» в различных вариантах опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1. Влияние нетрадиционных удобрений на качество зерна ячменя

Вариант опыта	Показатели			
	сырой протеин, %	сырой жир, %	зола, %	клетчатка, %
1. Контроль	8,09	2,43	2,68	6,35
2. ОСВ	9,11	2,47	2,72	6,49
3. Гумитон	8,12	2,57	2,80	6,82
4. ОСВ+Гумитон	9,27	2,51	2,74	6,59
НСР ₀₅	0,39	0,05	0,05	0,18

Наибольшее процентное содержание сырого протеина было зафиксировано при совместном использовании препарата «Гумитон» и осадков сточных вод (ОСВ). Этот показатель оказался более чем на 14% выше, чем в контрольном варианте. Одновременное применение нетрадиционных удобрений также способствовало увеличению содержания сырого жира, золы и клетчатки: на 3,3%, 2,2% и 3,8% соответственно по сравнению с вариантом без удобрений.

При использовании только органоминерального препарата «Гумитон» было получено максимальное количество сырого жира, золы и клетчатки. Эти показатели превысили контрольные значения на 5,8%, 4,5% и 7,4% соответственно. В варианте с внесением ОСВ содержание сырого протеина увеличилось на 12,6%, при этом уровень сырого жира, золы и клетчатки по сравнению с контрольным вариантом изменился незначительно.

Результаты исследования, касающиеся влияния нетрадиционных удобрений на содержание в зерне тяжелых металлов (кадмия и свинца), представлены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние нетрадиционных удобрений на содержание тяжелых металлов в зерне ячменя

Токсичный элемент	Количество ТМ в зерне ячменя по вариантам опыта, мг/кг		Норматив, мг/кг	Погрешность (неопределенность)
	ОСВ	контроль, ОСВ+Гумитон		
Кадмий	0,06	не обнаружено на уровне определения метода (менее 0,03)	$\leq 0,1$	$\pm 0,01$
Свинец	0,34	не обнаружено на уровне определения метода (менее 0,08)	$\leq 0,5$	$\pm 0,14$

В зерне ячменя сорта «Владимир», выращенного с использованием осадков сточных вод (ОСВ), концентрация тяжелых металлов оказалась ниже допустимых норм. Содержание свинца было в 1,5 раза ниже установленного норматива, а кадмия – в 1,7 раза. В варианте без применения удобрений следы кадмия и свинца обнаружены не были. При совместном использовании нетрадиционных удобрений наблюдалось дальнейшее снижение содержания тяжелых металлов в зерне ячменя сорта «Владимир» до уровней, которые не определяются используемым методом анализа.

Выводы

1. Применение осадков сточных вод, являющихся ценным органическим удобрением, позволяет решить сразу несколько задач – повышение урожайности сельскохозяйственных культур и снижение нагрузки на полигоны. Отрицательной стороной их применения является наличие в ОСВ тяжелых металлов. Наиболее биологически опасными из них являются свинец и кадмий. Они оказывают негативное воздействие на сельскохозяйственные культуры и почвенные микроорганизмы, способны передвигаться по цепи питания и накапливаться в живых организмах. Одним из способов снижения содержания тяжелых металлов в продукции растениеводства является повышение урожайности сельскохозяйственных культур («биологические разбавление»).

2. При применении осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения в зерне ячменя сорта «Владимир» наблюдалось накопление тяжелых металлов, однако их концентрация оставалась ниже допустимых норм: 0,06 мг/кг кадмия и 0,34 мг/кг свинца. При одновременном использовании ОСВ и органоминерального препарата «Гумитон» тяжелые металлы в зерне ячменя сорта «Владимир» не были обнаружены в пределах чувствительности метода анализа.

3. Одновременное применение нетрадиционных удобрений привело к увеличению урожайности ячменя в 1,6 раза по сравнению с контрольным вариантом. При раздельном внесении ОСВ и препарата «Гумитон» урожайность ячменя сорта «Владимир» повысилась в 1,4 раза и на 9% соответственно.

4. Наибольшее количество сырого протеина в зерне ячменя было зафиксировано при совместном использовании нетрадиционных удобрений, что на 14,6% превысило показатели контрольного варианта. Этот же вариант продемонстрировал увеличение содержания сырого жира, золы и клетчатки на 3,3%, 2,2% и 3,8% соответственно по сравнению с вариантом без удобрений. Наибольшие значения этих показателей были достигнуты при применении органоминерального препарата «Гумитон» – выше, чем в контрольном варианте на 5,8%, 4,5% и 7,4%. При применении ОСВ в качестве удобрения количество сырого протеина увеличилось на 12,6%, содержание сырого жира, золы и клетчатки по сравнению с контрольным вариантом существенно не изменилось.

Список источников

1. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в условиях применения нетрадиционных удобрений / М.В. Тютюнькова, Ю.В. Леонова, Т.А. Спасская, О.И. Сюняева // АгроЭкоИнфо. 2019. № 3(37). С. 8.
2. Бузылев А. В., Тихонова М. В. Возможности выявления зон техногенной экологической напряженности на территории полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с применением ГИС-технологий и дистанционных данных // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 100-летию И. С. Шатилова: Сборник статей, Москва, 06–07 июня 2017 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. С. 89-90.
3. Васильева В.А., Сюняев Н.К., Филиппова А.В. Сравнительная эффективность доз применения осадков сточных вод при создании обыкновенных газонов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5(49). С. 157-158.
4. Влияние органо-минерального комплекса Гумитон на урожайность и качество горохо-овсяной смеси на различных типах почв / Д. Г. Свириденко, С. П. Арышева, К. В. Петров [и др.] // Научные основы устойчивого развития сельскохозяйственного производства в современных условиях: Сборник научных трудов по материалам XVI научно-практической конференции с международным участием, Калуга, 07 апреля 2023 года. Под редакцией В.Н. Мазурова. Калуга: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», 2023. С. 40-46.
5. Демьяненко Е. В. Применения современных гуминовых удобрений в посевах сои сорта Георгия в условиях Калужской области // Научные труды по агрономии. 2022. № 1. С. 5-9.
6. Кокорева В. В., Сюняева О. И., Слипец А. А. Влияние нетрадиционных удобрений на параметры плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы // Материалы Научно-практической конференции КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с международным участием: Материалы докладов, Калуга, 25 апреля 2018 года. Том Выпуск 12. Калуга: ИП Якунин Алексей Викторович, 2018. С. 62-64.
7. Леонова Ю.В., Слипец А.А. Агроэкологическая оценка влияния нетрадиционных удобрений на состояние плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв Калужской области // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева, Киров, 26-27 февраля 2019 года. Том Часть 2. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 167-171.
8. Леонова Ю.В., Овчаренко Я.Э., Тихонова М.В. Агроэкологическая и экономическая оценка применения нетрадиционных удобрений в посевах овса // Тимирязевский биологический журнал. 2024. № 3. С. 44-51.
9. Леонова Ю.В., Сюняева О.И. Агроэкологическая оценка применения отходов быта и производства в качестве удобрения овса // Доклады ТСХА: Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева, Москва, 06-08 декабря 2018 года. Том Выпуск 291, Часть IV. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. С. 674-678.
10. Леонова Ю.В. Агроэкологическая оценка применения отходов кофейного производства при возделывании овса на дерново-подзолистых супесчаных почвах калужской области: специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Москва, 2017. 176 с.
11. Наилучшие доступные почво- и углерод-сберегающие технологии природопользования, экологического мониторинга и контроля / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. Москва: Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. 240 с.
12. Оценка воздействия городской инфраструктуры и строительства на биоту / Е.Б. Таллер, М.В. Тихонова, А.В. Бузылев [и др.]. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «ДПК Пресс», 2021. 102 с.
13. Слипец А.А. Агроэкологическая оценка почвенного пути утилизации осадков сточных вод в севообороте: специальность 03.00.16: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Калуга, 2007. 23 с.

14. Слипец А. А. Блок-схема комплексной оценки эффективности осадков сточных вод в севообороте // Сборник статей Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 120 летию академика Н. И. Вавилова, Москва, 31 мая – 01 июня 2007 года. Москва: Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2007. С. 225-228.

15. Соколова Л. А., Васильева В. А. Влияние нормы высева и субстратов на выращивание микрозелени редьки масличной // Аграрная наука. 2021. № 6. С. 65-68.

16. Прогнозирование содержания свинца в дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях применения ОСВ / Н. К. Сюняев, М. В. Тютюнькова, О. И. Сюняева, А. А. Слипец // Научные аспекты модернизации сельскохозяйственного производства на современном этапе: Труды региональной научно-практической конференции, Калуга, 20 апреля 2012 года. Калуга: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 2012. С. 42-45.

17. Тихонова М. В. Экологическая оценка пространственно-временной динамики почвенной эмиссии парниковых газов из залежных земель // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича: Сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. С. 258-263.

18. Утилизация отходов кофейного производства в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / Н. К. Сюняев, О. И. Сюняева, А. А. Слипец, М. В. Тютюнькова // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 01 января – 31 декабря 2013 года. Том Выпуск 285, Часть 2. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. С. 15-17.

19. Экологическая оценка пространственного варьирования и сезонной динамики потоков N_2O и CH_4 из почвы в условиях города / М. Т. Спыну, М. В. Тихонова, Н. А. Кузов, А. А. Патутин // АгроЭкоИнфо. 2023. № 4(58).

20. Юдина И. Н. Влияние бактериальных удобрений Азотовит и Фосфатовит на урожайность картофеля // Научные основы устойчивого развития сельскохозяйственного производства в современных условиях: Сборник научных трудов по материалам XIV научно-практической конференции с международным участием, с. Калужская опытная с/х станция, 19 апреля 2021 года. Калуга: ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», 2021. С. 109-112.

References

1. Biological activity of sod-podzolic sandy loam soil in conditions of using non-traditional fertilizers. M.V. Tyutyunkova, Yu.V. Leonova, T.A. Spasskaya, O.I. Sunyaeva. AgroEcoInfo, 2019, no. 3(37), p. 8.

2. Buzylev A.V., Tikhonova M.V. Possibilities of identifying zones of technogenic ecological stress on the territory of the field experimental station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy using GIS technologies and remote data. International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists dedicated to the 100th anniversary of I. S. Shatilov: Collection of Articles, Moscow, June 06-07, 2017. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2017, pp. 89-90.

3. Vasilyeva V.A., Sunyaev N.K., Filippova A.V. Comparative effectiveness of doses of wastewater precipitation in the creation of common lawns. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University, 2014, no. 5(49), pp. 157-158.

4. The influence of the organo-mineral complex Humiton on the yield and quality of the pea-oat mixture on various types of soils. D.G. Sviridenko, S.P. Arysheva, K.V. Petrov [et al.]. Scientific foundations of sustainable development of agricultural production in modern conditions : A collection of scientific papers based on the materials of the XVI scientific and practical conference with international Moscow, Kaluga, April 07, 2023. Edited by V.N. Mazurov. Kaluga: Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Potato Research Center named after A.G. Lorch», 2023, pp. 40-46.

5. Demyanenko E. V. Application of modern humic fertilizers in soybean crops of the George variety in the conditions of the Kaluga region // Scientific papers on agronomy, 2022, no. 1, pp. 5-9.

6. Kokoreva V. V., Sunyaeva O. I., Slipets A. A. The influence of unconventional fertilizers on the fertility parameters of sod-podzolic sandy loam soil // Proceedings of the Scientific and Prac-

tical Conference of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy with international participation: Proceedings of reports, Kaluga, April 25, 2018. Vol. Issue 12. Kaluga: IP Yakunin Alexey Viktorovich, 2018, pp. 62-64.

7. Leonova Yu.V., Slipets A.A. Agroecological assessment of the impact of unconventional fertilizers on the state of fertility of sod-podzolic sandy loam soils of the Kaluga region. Soil reclamation for sustainable agricultural development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Alexander Filipovich Timofeev, Kirov, February 26-27, 2019. Vol. Part 2. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2019, pp. 167-171.

8. Leonova Yu.V., Ovcharenko Ya.E., Tikhonova M.V. Agroecological and economic assessment of the use of non-traditional fertilizers in oat crops. Timiryazevsky Biological Journal, 2024, no. 3, pp. 44-51.

9. Leonova Yu.V., Sunyaeva O.I. Agroecological assessment of the use of household waste and production as fertilizer for oats. TLC reports: International Scientific Conference dedicated to the 175th anniversary of K.A. Timiryazev, Moscow, December 06-08, 2018. Vol. Issue 291. Part IV. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2019, pp. 674-678.

10. Leonova Yu.V. Agroecological assessment of the use of coffee production waste in oat cultivation on sod-podzolic sandy loam soils of the Kaluga region: specialty 02.03.08 «Ecology (by industry)». Dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences. Moscow, 2017. 176 p

11. The best available soil and carbon-saving technologies for nature management, environmental monitoring and control. I. I. Vasenev, N. A. Alexandrov, I. V. Andreeva [et al.]. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2023. 240 p.

12. Assessment of the impact of urban infrastructure and construction on biota. E.B. Taller, M.V. Tikhonova, A.V. Buzylev [et al.]. Moscow: Limited Liability Company «DPK Press», 2021. 102 p.

13. Slipets A.A. Agroecological assessment of the soil path of wastewater precipitation utilization in crop rotation: specialty 03.00.16: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of biological Sciences. Kaluga, 2007. 23 p.

14. Slipets A. A. Flowchart for a comprehensive assessment of the effectiveness of wastewater precipitation in crop rotation. Collection of articles of the International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists dedicated to the 120th anniversary of Academician N. I. Vavilov, Moscow, May 31 – June 01, 2007. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2007, pp. 225-228.

15. Sokolova L. A., Vasilyeva V. A. The influence of the seeding rate and substrates on the cultivation of oilseed radish microgreens. Agrarian Science, 2021, no. 6, pp. 65-68.

16. Forecasting of lead content in sod-podzolic sandy loam soil under conditions of application of BS. N. K. Sunyaev, M. V. Tyutyunkova, O. I. Sunyaeva, A. A. Slipets. Scientific aspects of modernization of agricultural production at the modern stage: Proceedings of the regional scientific and practical conference, Kaluga, April 20, 2012. Kaluga: Federal State Budgetary Scientific Institution Kaluga Scientific Research Institute of Agriculture, 2012, pp. 42-45.

17. Tikhonova M. V. Ecological assessment of the spatial and temporal dynamics of soil greenhouse gas emissions from fallow lands. Proceedings of the International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists dedicated to the 150th anniversary of the birth of A.Ya. Milovich: Collection of articles, Moscow, June 03-05, 2024. Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2024, pp. 258-263.

18. Utilization of coffee production waste as fertilizer for agricultural crops. N. K. Sunyaev, O. I. Sunyaeva, A. A. Slipets, M. V. Tyutyunkova. TLC reports: Collection of articles, Moscow, January 01 – December 31, 2013. Vol. Issue 285, Part 2. Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2014, pp. 15-17.

19. Ecological assessment of spatial variation and seasonal dynamics of N₂O and CH₄ fluxes from soil in urban conditions. M. T. Spynu, M. V. Tikhonova, N. A. Kuzov, A. A. Patutin. AgroEcoInfo, 2023, no. 4(58).

20. Yudina I. N. The influence of bacterial fertilizers Azotovite and Phosphatovite on potato yield. Scientific foundations of sustainable development of agricultural production in modern conditions: Collection of scientific papers based on the materials of the XIV scientific and practical

conference with international participation, Kaluga Experimental Agricultural Station, April 19, 2021. Kaluga: Federal State Budgetary Institution «A.G. Lorch Potato Plant Center», 2021, pp. 109-112.

Информация об авторах

Ю.В. Леонова – кандидат биологических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров;

Т.А. Спасская – кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарии и физиологии животных;

М.В. Тютюнькова – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и промышленной безопасности.

Information about the authors

Yu.V. Leonova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre;

T.A. Spasskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine and Animal Physiology

M.V. Tyutyunkova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Industrial Safety.

Научная статья

УДК 574.4

DOI 10.24888/2541-7835-2025-36-2-151-157

ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ЧЕРНОЗЁМА ОПОДЗОЛЕННОГО ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ СВИНЦОМ

Сотников Иван Леонидович¹, Петренко Анна Петровна²

^{1,2}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹sotnikoff43@gmail.com

²anna-petrenko98@yandex.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2024-2025 гг. на базе агрохимической лаборатории Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. В своем исследовании мы определяли концентрацию свинца в вегетативных органах древесных растений. В статье выделяются и описываются особенности химических свойств тяжёлых металлов и их поведение в почве в различных условиях; анализируются как именно различные факторы, такие как pH, содержание органических веществ и влажность, влияют на интенсивность всасывания тяжёлых металлов растениями. Особое внимание уделено необходимости адекватной оценки уровня загрязнения почвы, что является основой для разработки соответствующих стратегий, направленных на очищение земель от химического загрязнения тяжёлыми металлами и восстановление экосистемы. Фактическое содержание ПДК в слое 0-40 см почве было в 9-12 раз меньше, чем ПДК. С глубиной концентрация этого металла уменьшалась и в слое 40-60 см уже не обнаруживалась. Содержание свинца в однолетних побегах всех деревьев существенно больше, чем в листьях. Эти различия увеличивались через месяц. В листьях тоже за два месяца произошло накопление свинца. В листьях и побегах всех трёх деревьев, произраставших в Задонске, оказалось свинца сравнительно меньше, чем в Лебедяни и Ельце. В черте городов Липецкой области при произрастания на серых лесных почвах берёзы повислой, липы сердцевидной и тополя пирамидального содержание свинца в листьях и однолетних побегах в сентябре и октябре было в 1,5-2,0 раза ниже, чем ПДК.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, ремедиация земель, токсичность, эффективность оценки загрязнения, экосистемы, почва

Для цитирования: Сотников И.Л., Петренко А.П. Древесные породы как биоиндикаторы загрязнённости чернозёма оподзоленного Липецкой области свинцом // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 2(36). С. 151-157. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-151-157>.

Original article

TREE SPECIES AS BIOINDICATORS OF LEAD CONTAMINATION OF LEAD-DEPLETED CHERNOZEM IN THE LIPETSK REGION

Ivan L. Sotnikov¹, Anna P. Petrenko²

^{1,2}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹sotnikoff43@gmail.com

²anna-petrenko98@yandex.ru

Abstract. The research was conducted in 2024-2025 on the basis of the agrochemical laboratory of I.A. Bunin Yelets State University. In our study, we determined the concentration of lead in the vegetative organs of woody plants. The article highlights and describes the features of the chemical properties of heavy metals and their behavior in soil under various conditions; analyzes exactly how various factors such as pH, organic matter content and humidity affect the intensity of absorption of heavy metals by plants. Special attention is paid to the need for an adequate assessment of the level of soil pollution, which is the basis for the development of appropriate strategies aimed at cleaning land from chemical pollution with heavy metals and restoring the ecosystem. The lead content in annual shoots of all trees is significantly higher than in leaves. The actual MPC content in the 0-40 cm soil layer was 9-12 times less than the MPC. With depth, the concen-

tration of this metal decreased and was no longer detected in the 40-60 cm layer. These differences increased after a month. Lead accumulation also occurred in the leaves over two months. There was comparatively less lead in the leaves and shoots of all three trees growing in Zadonsk than in Lebedyan and Yelets. In the cities of the Lipetsk region, when birch, heart-shaped linden and pyramidal poplar grow on gray forest soils, the lead content in leaves and annual shoots in September and October was 1.5-2.0 times lower than the maximum permissible concentration.

Keywords: heavy metals, remediation of lands, toxicity, effectiveness of pollution assessment, ecosystems, soil.

For citation: Sotnikov I.L., Petrenko A.P. Tree species as bioindicators of lead contamination of lead-depleted chernozem in the Lipetsk region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 2(36), pp.151-157. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-36-2-151-157>.

Введение

В условиях иррационального использования природных ресурсов и, следовательно, роста техногенного воздействия на окружающую среду проблема загрязнения почвы тяжёлыми металлами становится весьма актуальной. Из-за сбросов отходов или их недостаточной обработки происходит изменение химического состава почвы, то есть её кислотности, содержания органических и минеральных веществ, а также микробиоты [2,4].

Степень растворимости тяжёлых металлов зависит от кислотности почвы, содержания органических веществ, лигандов и окислительно-восстановительного потенциала среды. Например, при низком значении pH почвы повышается растворимость тяжёлых металлов, поэтому большинство из них находятся в ионном виде, а следовательно, увеличивается вероятность и скорость их поступления в корни, что приводит к интоксикации из-за накопления в органах и тканях растений [5,6]. Органическое вещество способно связывать тяжёлые металлы, что могло бы, в некоторой степени, затруднять их поглощение растениями, но часто накопление этих металлов превышает уровень связывания, что приводит к повышенной мобильности и распространению токсичных форм в экосистеме.

Формы нахождения тяжёлых металлов в почве весьма разнообразны. Это и свободные ионы, и связанные с органическими лигандами соединения, и неорганические комплексы, а следовательно, методы их определения и оценки токсичности также должны быть многократными и разноплановыми, так как неточная интерпретация данных анализа может привести к недооценке или переоценке уровня угрозы, что затрудняет принятие срочных мер по улучшению качества почвы и экосистемы в целом [8,9].

Загрязнённые тяжёлыми металлами почвы, практически непригодны для сельскохозяйственного производства, биоразнообразие таких экосистем низкое, более того, использование таких земель может быть небезопасно для здоровья населения [3]. Для решения этой проблемы необходим комплексный подход, который будет включать в себя как оценку степени загрязнения, так и разработку методов для восстановления или улучшения состояния почвы.

Тяжёлые металлы так называются из-за того, что обладают высокой молекулярной массой, а свинец, кадмий, ртуть и мышьяк ещё и токсичностью. Их основное ограничение заключается в способности накапливаться в почве без значительной деградации. Некоторые из этих элементов могут связываться с органическим веществом и неорганическими минералами, в то время как другие могут существовать в свободной или растворимой форме, что способствует их мобильности и биодоступности [7,10].

Свинец часто осаждается в почве в результате использования свинцовых красок или износа автотранспортных средств. Он может привести к инактивации микроорганизмов, что в свою очередь снижает их деструктивную функцию, органические остатки хуже разлагаются, а следовательно, уменьшается содержание гумуса. В результате, изменяются биогеохимические процессы, возникает химический и биологический дисбаланс почвы, эрозии, уменьшение плодородия [1].

Более того, тяжёлые металлы способны не только сорбироваться в верхних слоях почвы, но и проникать в водоносные горизонты, оказывая негативное влияние на подземные во-

ды, которые могут использоваться в качестве питьевой или для орошения сельскохозяйственных культур, создавая дополнительную угрозу для здоровья человека.

Химический анализ остается одним из основных инструментов оценки степени загрязнения почвы [13]. Он включает в себя выбор проб грунта на разных глубинах и различных местах, что позволяет получить более точные сведения о проникновении тяжелых металлов вглубь почвы и о пространственной варьированности загрязнения. Обычно для этого используют шнеки, с помощью которых образцы собирают с минимальными потерями. Оптимальным считается отбор не менее 5-10 проб, далее проводится сравнение содержания тяжелых металлов в образцах с предельно допустимым содержанием (ПДК) в почве.

Примерами успешной биоремедиации могут служить восстановление почв в Чернобыльской зоне, очистка грунта в Норильске в 2020 году от разлившегося дизельного топлива, удаление свинца и кадмия из почвы промышленных зон в странах Азии, рекультивация террикона в Ленинградской области с помощью растений-гипераккумуляторов (клевер, горчица, кукуруза, табак).

Один из методов ремедиации – стабилизация, которая используется при восстановлении донных отложений [14]. Этот метод основан на применении неорганических, органических и комплексных соединений, являющихся сорбентами, таких как красная глина, апатит и др. У нас данная технология не очень распространена из-за высокой трудоемкости и энергозатрат, хотя в Корее и Китае её применяют.

Интересен способ термовермикулит, который применяют для ремедиации техногенно-нарушенной почвы. Этот метод позволяет снизить концентрацию меди и никеля в почве на 25-30%. Если дополнительно высевать на эти территории Райграс пастбищный, то происходит снижение концентрации свинца и ртути, так как это растение способно их иммобилизовать. Метод также не очень популярен, так как способствует вымыванию азота из рекультивированных слоев почвы.

В настоящее время достаточно информации об угрозе загрязнения земель тяжелыми металлами и возможных катастрофических последствиях [12]. Существуют программы, нацеленные на восстановление плодородия почв, привлекаются волонтеры для очистки или посева растений, включаются общественные движения и само население. Например, «Государственная комплексная программа повышения плодородия почв России» направлена на реализацию приоритетных направлений в основных земледельческих зонах; государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Липецкой области», в рамках которой фермерам предоставляются субсидии на возмещение затраченных средств на повышение качества и плодородия почвы; в 2024 году в городе Липецк открыта агрохимической лаборатории AgroG, цель которой помочь аграриям повысить урожайность, но при этом не снизить плодородие пахотных земель.

В связи с расширением сельскохозяйственного производства и захоронением отходов осознание пагубного воздействия тяжелых металлов на почву стало важнейшим направлением исследовательской деятельности ученых экологов и аграриев. Необходимо, чтобы исследования будущего, связанные с улучшением состояния земель, были сосредоточены на комплексном подходе, включающем в себя и химические, и биологические, и физиологические исследования. Также важно уточнить степень участия микроорганизмов в трансформации тяжёлых металлов в экосистеме [16]. Генная инженерия может стать полезным инструментом для улучшения свойств как микроорганизмов, так и самих растений, которые способны справиться с химическим загрязнением.

Цель исследования – определить концентрацию свинца в вегетативных органах древесных растений, наиболее популярных в городских экосистемах Липецкой области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2024-2025 гг. на базе агрохимической лаборатории Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. В своем исследовании мы определяли

концентрацию свинца в вегетативных органах древесных растений, наиболее популярных в городских экосистемах, атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Спектр-5» (ОАО Союзцветметавтоматика) [15]. Мы использовали в качестве биоиндикаторов берёзу повислую (*Betula pendula* L.), липу сердцевидную (*Tilia cordata* L.), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* L.). Растения произрастали на серых лесных почвах. В качестве вариантов опыта выступали три места (города) их произрастания: Елец, Задонск, Лебедянь. Для анализа использовали листья и однолетние побеги деревьев, которые в сравнении с остальными органами являются самыми показательными при изучении реакции на тяжёлые металлы. Образцы отбирали в сентябре и октябре – перед самым листопадом, в момент наибольшей аккумуляции тяжёлых металлов. В почве анализировали верхний слой (0-60 см), поскольку именно с поверхности почвы происходит загрязнение тяжёлыми металлами при опрыскиваниях и удобрениях.

Результаты исследований и их обсуждение

Определение степени накопления металлов в растениях необходимо для дальнейшей работы, связанной с удалением их из почвы. Метод фиторемедиации основан на использовании самих растений, например, таких как рапс или подсолнечник, для очистки почвы от тяжёлых металлов. Проблема заключается в том, что этот подход требует длительного времени для достижения результатов, так как фитоэкстракция может занимать несколько вегетационных сезонов. Кроме того, крайне важно вести строгий контроль качества продукции, получаемой из таких растений, чтобы избежать дальнейшего загрязнения организмов пищевой цепочки [11].

В результате сельскохозяйственной деятельности, например, с внесением удобрений, в почву может попадать кадмий, так как он является обычным компонентом фосфорных удобрений. Он легко взаимодействует с почвенными минералами, образуя стойкие комплексы, которые затрудняют их биодоступность и экстракцию растениями.

Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) применяется для анализа концентрации тяжёлых металлов в образцах с высокой чувствительностью [3]. Образец сжигается, поэтому находящиеся в нём элементы ионизируются, затем измеряется их абсорбция света в определённой длине волны. Так как величина светопоглощения напрямую зависит от концентрации определяемого элемента, это позволяет определить содержание соответствующих металлов (Mn, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Co и др.).

Согласно нашим данным в годы исследований, содержание свинца в чернозёмах оподзоленных, занятых древесными насаждениями, не превышало ПДК (см. табл. 1).

Таблица 1. Содержание свинца в чернозёмах оподзоленных Липецкой области, занятых в 2024-2025 гг. древесными насаждениями

Слой почвы, см	0-20	20-40	40-60
Концентрация свинца, мг/кг	3,42	2,71	0
ПДК, мг/кг	32,0		

Фактическое содержание ПДК в слое 0-40 см почве было в 9-12 раз меньше, чем ПДК. С глубиной концентрация этого металла уменьшалась и в слое 40-60 см уже не обнаруживалась.

На основе анализа полученных данных за сентябрь и октябрь, мы сделали вывод, что содержание свинца в наземных и подземных органах варьирует в зависимости от местопроизрастания растения. Результаты представлены в табл. № 1.

Установлено, что в черте городов Липецкой области при произрастании на серых лесных почвах берёзы повислой, липы сердцевидной и тополя пирамидального содержание

свинца в листьях и однолетних побегах в сентябре и октябре было в 1,5-2,0 раза ниже, чем ПДК (см. табл. 2).

Таблица 2. Аккумуляция свинца в вегетативных органах деревьев-биоиндикаторов, мг/кг

Место отбора	Дерево	Орган	Сентябрь	Октябрь
Елец	Береза повислая	листья	1,325	1,425
		побеги	1,355	1,663
	Липа сердцевидная	листья	1,078	1,166
		побеги	1,158	1,662
	Тополь пирамидальный	листья	0,863	0,888
		побеги	1,510	1,694
Задонск	Береза повислая	листья	0,713	0,788
		побеги	1,220	1,363
	Липа сердцевидная	листья	0,684	0,713
		побеги	0,688	0,777
	Тополь пирамидальный	листья	0,873	0,975
		побеги	1,155	1,556
Лебедянь	Береза повислая	листья	1,072	1,413
		побеги	1,583	1,612
	Липа сердцевидная	листья	1,280	1,312
		побеги	1,662	1,710
	Тополь пирамидальный	листья	0,865	0,975
		побеги	1,450	1,613
ПДК			3,0	
НСР ₀₅			0,120	0,180
НСР%			3,25	3,00

Установлено, что содержание свинца в однолетних побегах всех деревьев существенно больше, чем в листьях. Эти различия увеличивались через месяц. Следовательно, накопление свинца происходило значительнее в побегах. В листьях тоже за два месяца произошло накопление свинца.

В листьях и побегах всех трёх деревьев, произраставших в Задонске, оказалось свинца сравнительно меньше, чем в Лебедяни и Ельце.

Влияние лесной породы на содержание свинца в органах дерева не установлено.

Выводы

1. Фактическое содержание ПДК в слое 0-40 см почве было в 9-12 раз меньше, чем ПДК. С глубиной концентрация этого металла уменьшалась и в слое 40-60 см уже не обнаруживалась.

2. В черте городов Липецкой области при произрастании на серых лесных почвах берёзы повислой, липы сердцевидной и тополя пирамидального содержание свинца в листьях и однолетних побегах в сентябре и октябре было в 1,5-2,0 раза ниже, чем ПДК.

3. Содержание свинца в однолетних побегах всех деревьев существенно больше, чем в листьях. Эти различия увеличивались через месяц. Следовательно, накопление свинца происходило значительнее в побегах. В листьях тоже за два месяца произошло накопление свинца.

4. В листьях и побегах всех трёх деревьев, произраставших в Задонске, оказалось свинца сравнительно меньше, чем в Лебедяни и Ельце.

5. Влияние лесной породы на содержание свинца в органах дерева не установлено.

Список источников

1. Васильев И.П. Влияние тяжелых металлов на экосистемы почвы // Экология и окружающая среда. 2018. № 4. С. 15-22.
2. Виноградов, Д. В., Курчевский С. М. Роль агромелиоративных приемов в улучшении основных агрофизических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // Агропанорама. 2013. № 6(100). С. 10-12.
3. Дмитриев А.В. Экологические последствия загрязнения почвы тяжелыми металлами // Охрана окружающей среды. 2017. № 3. С. 50-56.
4. Зайцева Е.А. Влияние тяжелых металлов на биоту почвы // Экологическая безопасность и природопользование. 2020. Т. 10. С. 12-19.
5. Захаров В.Л. Вклад физико-химических параметров почв ЦЧР в формирование урожайности яблони // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК. 2023. С.98-102
6. Зубкова Т. В., Виноградов Д. В. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 46-54.
7. Ковальчук А.Н. Устойчивость экосистем почвы к загрязнению тяжелыми металлами // Проблемы охраны окружающей среды. 2021. Т. 52. С. 11-18.
8. Кузнецов В.П. Влияние карбонатных почв на миграцию тяжелых металлов // Геохимия почв. 2021. Т. 55. С. 22-30.
9. Курчевский С. М., Виноградов Д. В., Щур А. В. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2015. № 1(25). С. 27-31.
10. Лесные и лесопарковые экосистемы Рязанской области / Н. П. Кузнецов, Д. В. Виноградов, Г. Н. Фадькин, С. В. Сальников. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2014. 287 с.
11. Михайлова П.С. Методы определения содержания тяжелых металлов в почве // Современные аналитические методы. 2022. Т. 42. С. 88–95.
12. Никифоров А.А. Тяжёлые металлы в почвах: источники загрязнения и способы очистки // Почвоведение. 2020. Т. 60. С. 34-41.
13. Смирнова Т.В. Исследование содержания тяжелых металлов в почве urban-экосистем // Научные труды по экологии. 2019. № 2 (73). С. 78-85.
14. Орлова Н.В. Способы реабилитации загрязненных тяжелыми металлами почв // Вестник экологической науки. 2023. № 1. С. 43-50.
15. Практикум по агрохимии: учеб. пособ. 2-е изд. перераб. и доп. / Под ред. В.Г. Минеева. Москва: МГУ, 2001. 689 с.
16. Чернов С.И. Моделирование процессов миграции тяжелых металлов в почвах // Почвенная наука и экология. 2019. № 6 (68). С. 92-98.

References

1. Vasiliev I.P. The influence of heavy metals on soil ecosystems. Ecology and the environment, 2018, no. 4, pp. 15-22.
2. Vinogradov, D. V., Kurchevsky, S. M. The role of agromeliorative techniques in improving the basic agrophysical properties of sandy loam sod-podzolic soil. Agropanorama, 2013, no. 6(100), pp. 10-12.
3. Dmitriev A.V. Ecological consequences of soil pollution by heavy metals. Environmental protection, 2017, no. 3, pp. 50-56.
4. Zaitseva E.A. Influence of heavy metals on soil biota. Environmental safety and environmental management, 2020, vol. 10, pp. 12-19.

5. Zakharov V.L. Contribution of physico-chemical parameters of CCR soils to the formation of apple tree yields. The role of agricultural science in the sustainable development of agriculture, 2023, pp.98-102.
6. Zubkova T. V., Vinogradov D. V. Properties of organomineral fertilizer based on chicken manure and its application in the technology of spring rapeseed for seeds. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2021, no. 1(53), pp. 46-54.
7. Kovalchuk A.N. Stability of soil ecosystems to heavy metal pollution. Problems of environmental protection, 2021, vol. 52, pp. 11-18.
8. Kuznetsov V.P. The influence of carbonate soils on the migration of heavy metals. Geochemistry of soils, 2021, vol. 55, pp. 22-30.
9. Kurchevsky S. M., Vinogradov D. V., Shchur A.V. The influence of various doses of mineral soil on agrochemical parameters and productivity of peat soils // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2015, no. 1(25), pp. 27-31.
10. Forest and forest park ecosystems of the Ryazan region. N. P. Kuznetsov, D. V. Vinogradov, G. N. Fadkin, S. V. Salnikov. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2014. 287 p.
11. Mikhailova P.S. Methods for determining the content of heavy metals in soil. Modern analytical methods, 2022, vol. 42, pp. 88-95.
12. Nikiforov A.A. Heavy metals in soils: sources of pollution and methods of purification. Soil science, 2020, vol. 60, pp. 34-41.
13. Smirnova T.V. Investigation of heavy metal content in the soil of urban ecosystems. Scientific papers on ecology, 2019, no. 2 (73), pp. 78-85.
14. Orlova N.V. Methods of rehabilitation of soils contaminated with heavy metals. Bulletin of Ecological Science, 2023, no. 1, pp. 43-50.
15. Practical training in agrochemistry: textbook. the manual. 2nd ed. reprint. and add. Edited by V.G. Mineev. Moscow: MSU Publ., 2001. 689 p.
16. Chernov S.I. Modeling of migration processes of heavy metals in soils. Soil science and ecology, 2019, no. 6 (68), pp. 92-98.

Информация об авторах

И.Л. Сотников – аспирант;

А.П. Петренко – аспирант.

Information about the authors

I.L. Sotnikov – Postgraduate student;

A.P. Petrenko – Postgraduate student.

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ в научно-практическом журнале «Агропромышленные технологии Центральной России»

Требования к направленным на публикацию рукописям

Представленные для публикации материалы должны соответствовать научному направлению журнала, быть актуальными, содержать новизну, научную и практическую значимость.

В статье обязательно должна быть представлена следующая информация (на русском и английском языках): тип статьи; индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); заглавие статьи; сведения об авторе (авторах); аннотация; ключевые слова; список источников.

Дополнительно могут быть приведены: благодарности; сведения о вкладе каждого автора.

При оформлении статьи следует придерживаться следующей структуры: **введение, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, выводы.**

Тип статьи – научная. Указывают отдельной строкой слева.

Индекс УДК помещают на отдельной строке слева.

Заглавие статьи приводят перед статьей, по центру, **прописными** буквами.

Сведения об авторе (авторах) содержат: имя, отчество, фамилию автора (полностью); наименование организации (учреждения), где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, АО и т.п.); адрес организации (учреждения), где работает или учится автор (город и страна); электронный адрес автора приводят без слова «e-mail», после электронного адреса точку не ставят.

Сведения о месте работы (учебы), электронные адреса, авторов указывают после имен авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений.

Автор, ответственный за переписку, и его электронный адрес обозначается условным изображением конверта.

Аннотация: 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 должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную область. Количество ключевых слов **не должно быть меньше 3 и более 7.**

После ключевых слов по желанию приводят слова **благодарности** организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведениях о грантах и т.п. Эти сведения приводят с предшествующим словом «**Благодарности**».

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 **алфавитном** порядке. Отсылку на источник в тексте статьи приводят в **квадратных скобках** после цитаты.

Количество публикаций одного автора в одном выпуске не более 2 статей, выполненных индивидуально, или не более 3-х статей, выполненных в соавторстве.

Особое внимание авторов обращаем на качество перевода заглавия, 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 70 %, 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). 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.

Рисунки, выполненные в графическом редакторе, подавать исключительно в форматах *.jpeg, *.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.

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))
- Агроэкология и рациональное природопользование (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))

Комплектность материалов, направленных для публикации в журнал

- рукопись статьи (*.doc и *.pdf);
- рецензия доктора наук по научному направлению статьи, подписанная и обязательно заверенная печатью организации;
- справка из отдела аспирантуры для подтверждения статуса аспиранта (для бесплатной публикации);
- копия договора подготовки в докторантуре ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» для подтверждения статуса докторанта (для бесплатной публикации).

Оплата редакционно-издательских услуг

Реквизиты для оплаты

ИНН: 4821004595

КПП: 482101001

БИК: 014206212

БАНК ПОЛУЧАТЕЛЯ ПЛАТЕЖА: Отделение Липецк/УФК по Липецкой области, г. Липецк

ПОЛУЧАТЕЛЬ ПЛАТЕЖА: УФК по Липецкой области (ЕГУ им. И.А. Бунина, л/с 20466Х13800)

ЕДИНЫЙ КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 40102810945370000039

КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 03214643000000014600

ОКОНХ 92110

ОКПО 02079537

ОКТМО 42715000

КБК 000000000000000000130 (доходы от оказания платных услуг (работ))

Оплата редакционно-издательских услуг **500 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.

Автор статьи имеет право на получение одного журнала бесплатно вне зависимости от количества соавторов. Информация о приобретении дополнительного экземпляра сообщается заранее, экземпляр оплачивается по каталожной цене журнала.

Право на бесплатную публикацию в журнале имеют:

все аспиранты, докторанты ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», **члены редакционной коллегии журнала** «Агропромышленные технологии Центральной России», **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 следующие документально подтвержденные результаты научной деятельности за 5 лет, предшествующие публикации: 1) количество статей в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus – не менее 5; 2) количество статей в Перечне рецензируемых научных изданий РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук на основании данных РИНЦ («Перечень ВАК») – не менее 8; 3) количество рецензируемых монографий в области знаний, соответствующих научной специальности ученого, – не менее 1; 4) индекс Хирша – не менее 10.

В одном номере журнала принято ограничение на количество бесплатных публикаций:

- количество публикаций аспирантов и докторантов не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций членов редакционной коллегии не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций ведущих ученых не должно превышать 3 статей.

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 2 (№ 36)

*Корректор – С.Е. Гридчина
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

Знак информационной продукции 12+

Подписано в печать: 23.06.2025
Дата выхода в свет: 24.06.2025
Бумага формат А-4 (80,5 п.л.)
Гарнитура Times
Печать трафаретная
Тираж 1000 экз. Заказ № 45
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