

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 (№ 28) / Елец, 2023

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 доктора и кандидата 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, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

Ответственный секретарь:

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

Члены редакционной коллегии:

Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов

Абжанова Шолпан Амангелдыкызы – канд. технич. наук, профессор Алматинского технологического университета.

Бакин Игорь Алексеевич – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева».

Васюкова Анна Тимофеевна – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

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

Журавлёв Алексей Владимирович – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева».

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

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

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

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

Сокол Наталья Викторовна – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Грubiлина».

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

Школьников Марина Николаевна – д-р технич. 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».

Виноградов Дмитрий Валерьевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет».

Зубкова Татьяна Владимировна – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

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

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.

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».

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 технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

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

Поляков Роман Николаевич – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

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

Савин Леонид Алексеевич – Действительный член Российской инженерной академии, д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени 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 технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

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

The founder and the publisher: *The Federal State Educational Government-Financed Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University» (399770, Lipetsk region, Yelets, t. Kommunarov, 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, Associate 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 Alexey – Doctor of Technical Sciences, 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.

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.

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

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

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

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

Zubkova Tatiana - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

Ivoilov Aleksandr – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ogaryov Mordovian 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.

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.

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.

Radin Sergey – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

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.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов

Анисимов А.В.	Перспективы собственной переработки молока в малых животноводческих хозяйствах.....	10
Данилин С.И., Троянов А.Г., Кольцов В.А.	Оценка использования глицерина для экстракции гидроксикоричных кислот и флавонолов из плодов рябины обыкновенной..	20
Ключников А.И., Казарцев Д.А., Жуковская С.В., Бабаева М.В.	Разработка рецептуры тонизирующего напитка на основе натурального растительного сырья.....	27
Мокрецов И.В., Левина Т.Ю., Чалап С.Н.	Разработка серии ферментированных цельномышечных мясных снеков на основе оценки физико-химических показателей.....	39
Шубкин С.Ю., Мокренский Д.Н.	Термодинамическая оценка эффективности процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения.....	46
Щегольков Н.Ф., Захаров В.Л., Волохов И.М., Нальвадаев Н.Я.	Сравнительная оценка качества ряженки из молока коров красно-пестрой и чёрно-пестрой пород.....	58
Яшонков А.А., Прокопенко И.А.	Исследование процесса комбинированной сушки слайсов филе бычка азовского.....	66

Общее земледелие и растениеводство

Азизов И.Р., Русинов А.В., Анисимов С.А., Горюнов Д.Г.	Результаты исследований агротехнических показателей субстрата для выращивания шампиньонов.....	75
Дубровина О.А., Зубкова Т.В.	Влияние минеральных компонентов на фотосинтетическую активность и продуктивность растений огурца «Муссон F1».....	84
Нечаев М.М., Мельниченко К.В., Кондалеева В.В.	Защита картофеля в условиях опытного поля Брянского ГАУ... ..	91
Степанцова Л.В., Красин В.Н., Мацнев И.Н., Красина Т.В.	Морфологические особенности и водно-физические свойства дерново-подзолистых почв на кремнистых породах юго-запада Калужской области.....	99

**Шаповалов В.Ф.,
Смольский Е.В.** Потенциал продуктивности проса в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв..... 114

**Школьникова М.Н.,
Аверьянова Е.В.,
Рожнов Е.Д.** Проблема рационального использования облепихи крушиновидной (*Hippóphaë rhamnóides*) в Сибирском регионе..... 121

Агроинженерные системы и технологии

**Горбушин П.А.,
Сафонов В.В.,
Шишурин С.А.,
Величко С.А.** Влияние сверхтонких частиц нитрида алюминия на износостойкость электролитического никеля, используемого для восстановления деталей сельскохозяйственной техники..... 132

CONTENTS

Technology of storage and processing of agricultural products

A. Anisimov	Prospects for own milk processing in small livestock farms.....	10
S. Danilin, A. Troyanov, V. Koltsov	Evaluation of the use of glycerol for the extraction of hydroxycinnamic acids and flavonols from the fruits of common mountain ash	20
A. Klyuchnikov, D. Kazartsev, S. Zhukovskaya, M. Babaeva	Development of a toning drink formula based on natural plant raw materials.....	27
I. Mokretsov, T. Levina, S. Chalap	Development of a series of fermented whole-muscle meat snacks based on the assessment of physico-chemical parameters.....	39
S. Shubkin, D. Mokrenskiy	Thermodynamic evaluation of the efficiency of the process of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded functional products	46
N. Shchegolkov, V. Zakharov, I. Volokhov, N. Nal'vadaev	Comparative assessment of the quality of fermented baked milk from red-mottled and black-mottled cows.....	58
A. Yashonkov, I. Prokopenko	Investigation of the process of combined drying of slices of the azov bull fillet.....	66

General agriculture and crop production

I. Azizov, A. Rusinov, S. Anisimov, D. Goryunov	The results of studies of agrotechnical indicators of the substrate for growing champignons.....	75
O. Dubrovina, T. Zubkova	The effect of mineral components on photosynthetic activity and productivity of cucumber plants "Musson F1".....	84
M. Nechaev, K. Melnichenko, V. Kondaleeva	Potato protection under the conditions of the Bryansk SAU experimental field.....	91
L. Stepantsova, V. Krasin, I. Matsnev, T. Krasina	Morphological features and water-physical properties of sod-podzolic soils on siliceous rocks of the south-west of the Kaluga region.....	99

V. Shapovalov,
E. Smolsky Millet productivity potential depending on mineral fertilizer in sod-
podzolic soils..... 114

M. Shkolnikova,
E. Averyanova,
E. Rozhnov The problem of rational use buckthorn buckthorn (*hippophae rham-*
noides) in the Siberian region..... 121

Agroengineering systems and technologies

P. Gorbushin,
V. Safonov,
S. Shishurin,
S. Velichko Influence of ultrafine aluminum nitride particles on wear resistance
of electrolytic nickel used for restoration of agricultural machinery
parts..... 132

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Научная статья

УДК 637.1

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-10-19

ПЕРСПЕКТИВЫ СОБСТВЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА В МАЛЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Анисимов Александр Владимирович^{1✉}

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹anisimovaleksan@mail.ru✉

Аннотация. В статье проанализированы возможные пути увеличения производства в РФ молока и продуктов его переработки. Анализ показал, что в сложившейся нестабильной экономической ситуации строительство крупных животноводческих комплексов (с внутрицеховой переработкой) даже при поддержке государства является сложно осуществимым. Реальный рост возможен за счет создания новых и развития существующих средних и малых животноводческих предприятий, собственная переработка молока на которых будет экономически эффективной. Модульные молочные цеха имеют преимущество перед традиционными в существенно меньших капитальных затратах на строительство. Мобильные цеха, представляющие собой определённый набор оборудования (в соответствии с запросами заказчика), установленный на шасси прицепа стандартного размера, не требуют решения вопросов, связанных со строительством, отводом земельного участка, разработкой проектной документации, подводом коммуникаций, проверками и согласованиями, большого количества обслуживающего персонала и т.д., и при этом имеют срок окупаемости более чем в 2 раза меньше по сравнению с любыми стационарными комплексами. Мобильность цеха позволяет перерабатывать молоко в любом месте, где в данный момент есть необходимое количество сырья.

Ключевые слова: производство молока, животноводческие комплексы, переработка молока, сельскохозяйственные предприятия, экономическая ситуация.

Для цитирования: Анисимов А.В. Перспективы собственной переработки молока в малых животноводческих хозяйствах // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №2(28). С. 10-19. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-10-19>.

Original article

PROSPECTS FOR OWN MILK PROCESSING IN SMALL LIVESTOCK FARMS

Alexander V. Anisimov^{1✉}

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹anisimovaleksan@mail.ru✉

Abstract. The article analyzes possible ways to increase the production of milk and products of its processing in the Russian Federation. The analysis showed that in the current unstable economic situation, the construction of large livestock complexes (with intrashop processing), even with state support, is difficult to implement. Real growth is possible through the creation of new and development of existing medium and small livestock enterprises, where their own milk processing will be economically efficient. Modular dairy shops have an advantage over traditional ones in significantly lower capital costs for construction. Mobile workshops, which are a certain set of equipment (in accordance with customer requests) installed on a trailer chassis of a standard size, do not require solving issues related to construction, land acquisition, development of project documentation, supply of communications, inspections and approvals, a large number of service personnel, etc., and at the same time have a payback period of more than 2 times less compared to any

stationary complexes. The mobility of the workshop allows processing milk in any place where at the moment there is the required amount of raw materials.

Keywords: *milk production, livestock complexes, milk processing, agricultural enterprises, economic situation.*

For citation: *Anisimov A.V. Prospects of own milk processing in small livestock farms. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No. 2(28). Pp. 10-19. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-10-19>.*

Введение

В условиях нестабильной экономической ситуации в РФ и ограничения импорта в страну продуктов питания приоритетной задачей на государственном уровне является продуктовая независимость страны, в том числе увеличение производства молока и получение из него качественных продуктов питания. Для обеспечения потребностей населения в РФ должно производиться не менее 56 млн. молока [5,8].

Поголовье крупного рогатого скота в РФ на начало 2021 года составило около 18 млн. голов, в том числе коров почти 8 млн. голов. В сельскохозяйственных организациях имелось 3274 тыс. голов (41,4% от всего поголовья), хозяйствах населения – 3228 тыс. голов (40,9 %), крестьянских (фермерских) хозяйствах (включая индивидуальных предпринимателей) – 1399 тыс. голов (17,7 %) [17].

Производство молока на начало 2021 года составило 32,2 млн. т., в том числе сельскохозяйственными организациями – 17,9 млн. т., хозяйствами населения – 11,5 млн. т., крестьянскими (фермерскими) хозяйствами (включая индивидуальных предпринимателей) – 2,8 млн. т. [17]. Рост по сравнению с предыдущим годом составляет порядка 4%, что явно недостаточно. Резкое увеличение производства молока возможно только с помощью государства – это субсидирование строительства крупных животноводческих комплексов с собственной переработкой, суточной производительностью не менее 200 т. молока. Но в сегодняшней экономической ситуации, в связи с введением экономических санкций против РФ – финансирование таких крупных проектов будет под вопросом. Кроме того, большая часть современного оборудования животноводческих ферм является импортным, поставка которого остановлена, что также делает этот путь развития на данный момент невозможным.

Дальнейший рост производства молока и продуктов его переработки осуществим за счет развития существующих средних и малых животноводческих хозяйств, что в свою очередь возможно лишь за счет производства продукции с высокой добавочной стоимостью, т.е. реализации не сырого молока, а продуктов его переработки.

Создание небольших «семейных» молочных ферм с мощностью от 20 до 200 коров, в которых будет производиться до 4000 литров молока в сутки, не только позволит получать высококачественный конечный продукт, но и будет способствовать вовлечению в сельский уклад жизни молодёжи, возвращающейся после получения профильного аграрного образования на село, привлекая на производство с/х продукции новые технологии, оборудование, что в свою очередь повысит эффективность производства «семейных» ферм.

Вышеописанная ситуация создаёт необходимость проведения исследований по оценке возможности переработки молока непосредственно в небольших крестьянских (фермерских) хозяйствах.

Цель исследований – определение экономической и производственной перспективы переработки сырого молока в малых сельскохозяйственных предприятиях

Материалы и методы исследований

Исследования проводились с применением системного и ситуационного подходов. Были проанализированы статистические данные по поголовью крупного рогатого скота и производству молока в РФ [17]. На основе статистической информации проведен анализ рынка молока, молочных продуктов и оборудования для его производства. Определены перспективные пути развития производства и переработки молока [5,8]. Для оценки экономической

эффективности функционирования перерабатывающего предприятия использовались такие показатели, как экономический эффект, себестоимость продукции и методы сравнения [1,7,10,16,18].

Объектами исследования приняли малые цеха по переработке молока (модульный и мобильный) производительностью 1 т молока в сутки, имеющие меньшие капитальные затраты по сравнению с традиционными цехами и покрывающие суточное производство молока малых предприятий.

Результаты исследований и их обсуждение

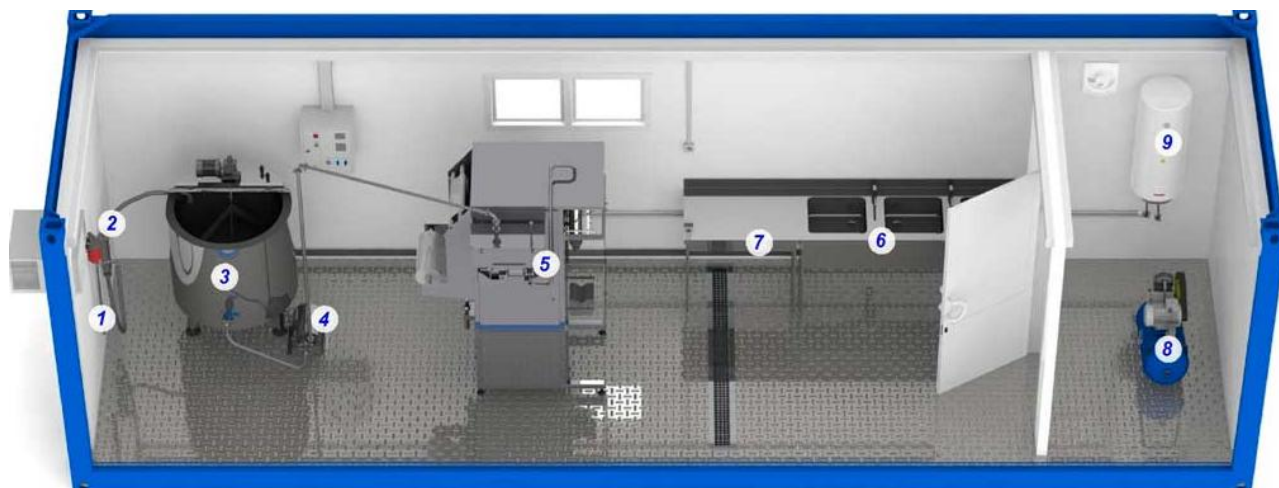
Современное эффективное крестьянско-фермерское хозяйство по производству молока представляет собой компактный производственный комплекс, рентабельность которого значительно повышается, если производить продукцию с повышенной добавленной стоимостью, т.е. перерабатывая сырое молоко на месте.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Модульные молочные цеха российских производителей:

а) ООО «Агротек» (г. Калуга); б) «Осирис» (г. Пермь);

в) Завод «КОЛАКС» (г. Москва): 1 – насос молочный фляжный, 3000 л/ч; 2 – фильтр молочный, 1000 л/ч; 3 – ванна длительной пастеризации, 250 л для молока; 4 – насос молочный, 1000 л/ч; 5 – автомат фасовки молока в п/э пакеты, до 20 пак/мин; 6 – мойка трехгнездовая; 7 – стол технологический 900x600x800; 8 – компрессор; 9 – водонагреватель, 200 л

л

В крупных и средних хозяйствах, как правило, установлены цеха малой производительности, в которых происходит не только первичная обработка молока (очистка и охлаждение), но и переработка его в кисломолочную продукцию (кефир, ряженка, простокваша, творог), масло, сыр и пр. Чаще всего это модульные молочные цеха (мини-заводы), с производительностью от 0,5 т/сутки. Такие цеха производят несколько российских предприятий, такие как ООО «Агротек» (г. Калуга), «Осирис» (г. Пермь), завод КОЛАКС (г. Москва) и др. (рисунки 1) [11,14,15]. Они представляют собой готовое техническое решение, с учетом требований заказчика, по переработке молока, включая технологическое оборудование, средства автоматизации и в случае необходимости место размещения (контейнерного типа), позволяющее проводить первичную обработку молока и переработку его в требуемый конечный продукт, упаковку и временное хранение.

Производство модульных молочных цехов малой производительности даёт возможность малым производителям молока организовать переработку внутри хозяйства.

Переработка молока непосредственно в хозяйстве, в котором его произвели, имеет много преимуществ, главным из которых является более низкая себестоимость получаемых продуктов, чем на отдельных крупных перерабатывающих предприятиях, что в первую очередь связано с большой разницей между себестоимостью сырого молока и его рыночной стоимостью. Так, согласно официальным данным министерства сельского хозяйства Саратовской области, в 2021 году себестоимость производства 1 кг сырого молока составила 23,5 рубля, а средняя отпускная цена зафиксирована на уровне 28,6 рублей за 1 кг [3]. В реальности этот разрыв ещё больше. Данная разница имеет большое значение, т.к. в структуре себестоимости молочных продуктов затраты на приобретение сырого молока занимают до 80 %. Таким образом, хозяйство производящее молоко, имеет существенное экономическое преимущество перед перерабатывающим предприятием, покупающим его по рыночным ценам.

Немаловажным фактором в пользу внутрихозяйственной переработки молока является то, что крупные перерабатывающие комплексы имеют большую налоговую нагрузку (НДС, налоги на прибыль, недвижимость и землю и др.), что закладывается в себестоимость готовой продукции [10,16]. Небольшие же сельхозпредприятия оплачивают вместо этих налогов единый сельскохозяйственный налог, который значительно ниже, а молоко, производимое хозяйством для собственных нужд, не облагается НДС. Следовательно, в себестоимости внутрихозяйственной переработки молока более 80% составляет собственное молоко.

Внутрихозяйственная переработка молока более выгодна и с точки зрения логистики скоропортящегося продукта, т.к. молоко поступает на переработку по трубопроводу в соседний цех, минуя операции погрузки в молоковоз и перевозку на значительные расстояния.

Себестоимость переработки молока, к примеру, в мягкий сыр «Адыгейский» на малом внутрихозяйственном предприятии из собственного молока представлена в таблице 1.

Таблица 1. Структура себестоимости мягкого сыра «Адыгейский», производимого на малом внутрихозяйственном молокоперерабатывающем заводе производительностью 1 т молока /сутки

Показатель	Значение, тыс. руб./ т
Стоимость закупаемого сырья (закваска и дополнительные ферменты)	0,8
Стоимость собственного сырья (молоко)	23,5
Текущие расходы (стоимость энергоносителей, воды, з/п, т/о и ремонт, амортизация здания и оборудования и пр.)	2,5
Себестоимость сыра	268,0

Предварительные расчеты позволяют сделать вывод, что внутрихозяйственная переработка молока в мягкий сыр «Адыгейский» позволит получить данный продукт себестоимостью 268 рублей/ кг (10 л молока на 1 кг сыра), при средней рыночной цене от промышленных производителей – 600 рублей за кг. Из таблицы 1 видно, что сырьё в себестоимости продукта составляет более 87 %, т.е. в этом случае экономическое преимущество получает производитель, имеющий доступ к дешевому сырью.

В таблице 2 представлена сравнительная информация по структуре себестоимости переработки молока (в мягкий сыр «Адыгейский») средствами малого внутрихозяйственного цеха и независимым заводом по переработке молока, анализ которой показывает, что себестоимость переработки молока (в мягкий сыр «Адыгейский») на независимом заводе выше, что связано с большими текущими расходами и большей закупочной ценой основного сырья – молока.

Таблица 2. Структура себестоимости мягкого сыра «Адыгейский», производимого малым внутрихозяйственным цехом и независимым перерабатывающим предприятием.

Показатель, тыс. руб./ т	Малый внутрихозяйственный цех (производительностью 1 т молока /сутки)	Независимый завод по переработке молока (производительность до 10 т молока / сутки)
Стоимость прочего сырья (закваска и дополнительные ферменты)	0,8	0,72
Стоимость молока	23,5	28,6
Текущие расходы (стоимость энергоносителей, воды, з/п, т/о и ремонт, амортизация здания и оборудования и пр.)	2,5	3,1
Себестоимость сыра	268,0	324,2

Таким образом, в сложившейся экономической ситуации в РФ одним из наиболее реалистичных способов повысить производство молочной продукции при одновременном повышении экономической эффективности переработки молока является его внутрихозяйственная переработка, в том числе в малых хозяйствах.

Главными препятствиями для создания внутрихозяйственных цехов в небольших хозяйствах являются капитальные затраты на строительство стационарного завода (разработка проектной документации, подбор оборудования, затраты на разрешения контролирующих органов и пр.). Даже при наличии в хозяйстве свободного помещения для размещения цеха, неизбежно будут затраты на реконструкцию здания для соответствия СанПиН 2.3.4.551-96 «Производство молока и молочных продуктов».

Частично проблемы, связанные с традиционным строительством, в условиях небольших семейных хозяйств решаются с помощью модульных цехов, которые состоят из модульных конструкций на основе стандартного грузового контейнера, на базе которого уже на заводе, в соответствии с желаниями заказчика, установлено соответствующее оборудование. Модули перевозятся ж/д или автотранспортом и монтируются на месте для формирования готовой поточно-технологической линии.

Модульные цеха обладают рядом преимуществ: настройка оборудования непосредственно при изготовлении цеха; из строительных работ присутствует практически только этап устройства фундамента; быстрый монтаж и ввод в эксплуатацию; меньшая стоимость по сравнению с традиционными производствами [9,12,13].

Совсем недавно появилась ещё одна альтернатива традиционному цеху по переработке молока – мобильные установки или цеха, которые представляют собой определённый набор оборудования (в соответствии с запросами заказчика), установленный на шасси прицепа

стандартного размера [6]. В других отраслях сельского хозяйства мобильные установки разрабатывали и использовали и ранее (к примеру, в кормопроизводстве) [2,4]. В переработке молока таких разработок ранее не было, т.к. в то время концепция развития животноводства не предусматривала переработку молока непосредственно в небольших хозяйствах, а базировалась на увеличении ввода в эксплуатацию крупных перерабатывающих комплексов.

Мобильный цех полностью снимает вопросы, связанные со строительством, отводом земельного участка, разработкой проектной документации, подводом коммуникаций, проверками и согласованиями, большим количеством обслуживающего персонала и т.д. При этом по цене легкового автомобиля комфорт класса фермер получает цех, который может работать в любом месте, где в данный момент есть необходимое количество сырья, т.е. перерабатывать молоко не только в своём хозяйстве, но и в соседних хозяйствах, дополнительно зарабатывая на его аренде.

Себестоимость продукции, получаемой в таких цехах, сопоставима с себестоимостью в стационарных цехах, а полная окупаемость такого мобильного комплекса, на примере того же мягкого сыра «Адыгейский», составит не более 1 года.

Таблица 3. Экономические показатели внутрихозяйственных цехов по переработке молока производительностью 1 т. молока /сутки

Показатель	Модульный внутрихозяйственный цех	Мобильная установка по переработке молока
Капитальные вложения, тыс. руб.	12 000	2200
Эксплуатационные затраты, тыс. руб./год	660	633,6
Общие затраты, включая стоимость сырья, тыс. руб./год	7075,2	7048,8
Экономический эффект, тыс. руб./год /	2824,8	3036
Дисконтированный срок окупаемости, лет	2,1	1,0
Себестоимость сыра	268	267

Если провести анализ экономических показателей модульного внутрихозяйственного цеха и мобильной установки (таблица 3), то можно увидеть, что эксплуатационные затраты немного ниже у мобильной установки, за счет отсутствия затрат, связанных с эксплуатацией здания (текущий ремонт, налоги и пр.). По статье затрат «Капитальные вложения» мобильная установка обходится значительно дешевле, а следовательно, она имеет меньший срок окупаемости. По себестоимости продукции оба варианта имеют близкие значения (при рентабельности 40%). Кроме того, данный анализ не учитывает дополнительный экономический эффект от сдачи мобильной установки в аренду другим предприятиям на период простоя из-за отсутствия сырья в собственном хозяйстве или временной переориентации на другие виды продукции.

Таким образом, в условиях небольшой «семейной» фермы наиболее экономически эффективным из представленных является малый мобильный цех, производительностью по молоку 1 т/сутки. При практически одинаковых эксплуатационных затратах и себестоимости продукции первоначальные капитальные затраты в разы меньше, что может являться ключевым фактором при выборе формы исполнения цеха.

Исходя из выше проведенного анализа, преподавателями Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» совместно с Федеральным научным агроинженерным центром ВИМ, был разработан проект производства молочной продукции на базе передвижного цеха в УНПО «Муммовское» (рисунок 2).



а)



б)



в)

Рисунок 2. Мобильный цех по производству молочной продукции на базе УНПО «Муммовское»: а) передвижной цех (вид снаружи), б) передвижной цех (вид внутри), в) УНПО «Муммовское»

Особенностью производства молочной продукции в цеху является наличие всего необходимого оборудования с автоматическим контролем основных параметров работы. В данном мобильном цеху планируется перерабатывать молоко, полученное в хозяйстве, в качественные, безопасные продукты здорового питания, без красителей и растительных жиров.

Выводы

1. Переработка молока на небольших семейных фермах во внутривладельческом цеху является экономически эффективной.
2. Модульные молочные цеха имеют преимущество перед традиционными в существенно меньших капитальных затратах на строительство, а мобильные цеха, на базе прицепа, не требующие проведения строительных работ, имеют срок окупаемости более чем в 2 раза меньше по сравнению с любыми стационарными комплексами, что важно в условиях нестабильной экономики. Кроме того, они оптимальны, если в хозяйстве есть несколько рассредоточенных животноводческих ферм, что уменьшает затраты на логистику молока.
3. В условиях сложившейся экономической обстановки в РФ переработка сырого молока во внутривладельческом цехе, используя собственное сырьё, является одним из наиболее эффективных способов увеличения роста производства молока и кисломолочных продуктов, при этом повышается рентабельность малых предприятий.
4. Себестоимость производства, к примеру мягкого сыра «Адыгейский», внутри хозяйства на 18 % ниже, чем на независимом перерабатывающем предприятии, в основном за счёт разницы стоимости сырья – молока.
5. Переработка сырого молока во внутривладельческом цеху производительностью от 1т молока в сутки является экономически эффективной и позволяет увеличить прибыль хозяйства за счёт производства продукта с высокой добавленной стоимостью.

Список источников

1. Анализ инструментов и методов оценки экономической эффективности внедрения наилучших доступных технологий / Н.Г.Кузнецов, С.Г. Тяглов, М.А. Пономарёва, Н.Д. Родионова // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2019. № 2 (66). С. 50-59.
2. Бахчевников О.Н., Беннова Е.В., Брагинцев С.В. Современные локальные малые предприятия на примере комбикормовых заводов // Вестник НГИЭИ. 2018. № 8 (87). С. 58-78.
3. Гоголев И.М. Молочное скотоводство в системе продовольственного обеспечения // Проблемы региональной экономики. 2021. № 1-2. С. 73-85.
4. Калинина К. Комбикормовый завод и оборудование: современные реалии и тенденции // Эффективное животноводство. 2020. № 9 (166). С. 112-119.
5. Качурина Е.П. Прогнозный сценарий развития малого и среднего бизнеса молочного животноводства в условиях функционирования нового организационно-экономического механизма // Экономика и предпринимательство. 2021. № 2 (127). С. 715-719.
6. Комышев А.Л. Системный подход к организации производства молока // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. № 215. С. 182-187.
7. Костева Н.Н., Собкалова Е.В. Калькулирование себестоимости в молочном производстве // Финансовый вестник. 2022. № 2 (57). С. 36-39.
8. Научное обоснование направлений увеличения объемов производства комбикормов и животноводческой продукции в Российской Федерации / Д.С. Савостин, С. Д.Савостин, М. Д. Магомедов, В.В. Строев // Экономические системы. 2022. Т. 15. № 1. С. 99–109.
9. Нестеренко А.А., Кенийз Н.В., Нагарокова Д.К. Модульный цех - перспектива для фермера // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 107. С. 763-778.
10. Нурмагамбетова А.З., Биктеубаева А.С., Апышева А.А. Анализ и оценка методов экономической эффективности инвестиционных проектов // Вестник КазЭУ. 2016. № 3 (110). С. 159-169.
11. Обоснование направлений технологического развития малых животноводческих хозяйств для дальнейшего повышения их эффективности / Л. Ф. Вердиева, М. У. Оруджева, Ф. А. Абдуллаева, Г. Ф. Мурадлы // Бюллетень науки и практики. 2022. № 12. С. 206-214.

12. О'Коннор Дж. Т., О'Брайен В.Дж., Чой Дж. О. Стратегия стандартизации модульных промышленных предприятий // Журнал строительной инженерии и управления. 2015. Т. 141 № 9. С. 401-502.

13. Особенности технологии производства молока и его переработки в модульном цехе / О.В. Горелик, С.Ю. Харлап, Н.М. Костомахин, Н.В. Беляева, М.В. Сердюк // Главный зоотехник. 2020. № 9. С. 4-12.

14. Позубенкова Э.И., Арзамасцева Л.А. Аутсорсинг персонала в системе диверсификации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10. С. 130-134.

15. Производство молока на ферме модульного типа с экологически чистой технологией / Краснов И.Н., Капустин И.В., Мирошникова В.В., Краснова А.Ю. // Вестник АПК Ставрополья. 2012. № 2. С. 45-50.

16. Радько В., Свиноус И. Информационно-аналитическое обеспечение устойчивого развития молочного животноводства в сельскохозяйственных предприятиях // Экономика и управление агробизнесом. 2020. Т 1. № 155. С.120-128.

17. Сельское хозяйство в России: Стат. сб. 2021. / Ред. К.Э. Лайкам, А.П. Зинченко, Е.Э. Обычайко и др. М.: Росстат, 2021. 100 с.

18. Спешилова Н.В., Карагодин Д.А., Шумилина К.Н. Современные подходы в учете и контроле затрат в молочном скотоводстве // Управленческий учет. 2017. № 1. С. 36-42.

References

1. Kuznetsov N.G., Tyaglov S.G., Ponomareva M.A. et al. Analysis of tools and methods for assessing the economic efficiency of introducing the best available technologies. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. Bulletin of the Rostov State University of Economics (RINH). 2019. No 2(66). Pp. 50-59.

2. Bakhchevnikov O.N., Benova E.V., Braginets S.V. Modern local small enterprises on the example of feed mills. Vestnik NGIEI. Bulletin of NGIEI. 2018. No 8 (87). Pp. 58-78.

3. Gogolev I.M. Dairy cattle breeding in the system of food supply. Problemy regional'noy ekonomiki. Problems of regional economy. 2021. No 1-2. Pp. 73-85.

4. Kalinina K. Feed mill and equipment: current realities and trends. Effektivnoye zhivotnovodstvo. Efficient animal husbandry. 2020. No 9(166). Pp. 112-119.

5. Kachurina E. P. Forecast scenario for the development of small and medium-sized dairy farming business in the conditions of the functioning of a new organizational and economic mechanism. Ekonomika i predprinimatel'stvo. Economics and entrepreneurship. 2021. No 2(127). Pp. 715-719.

6. Komyshev A.L. A systematic approach to the organization of milk production. Uchenyye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana. 2013. No 215. Pp. 182-187.

7. Kosteva N.N., Sobkalova E.V. Calculation of costs in dairy production. Finansovyy vestnik. Financial Bulletin. 2020. No 2(57). Pp. 36-39.

8. Savostin D.S., Savostin S.D., Magomedov M.D. et al. Scientific substantiation of directions for increasing the production of animal feed and animal husbandry in the Russian Federation. Ekonomicheskiye sistemy. Economic systems. 2022. No 15(1). Pp. 99-109.

9. Nesterenko A.A., Kenijs N.V., Nagarokova D.K. Modular store - farmer's view. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015. No 107. Pp. 763-778.

10. Nurmagametova A.Z., Bikteubaeva A.S., Apysheva A.A. Analysis and methods for assessing the economic efficiency of investment projects. Vestnik KazEU. Bulletin of KazEU. 2016. No 3(110). Pp. 159-169.

11. Verdieva L.F., Orudzheva M.U., Abdullaeva F.A., et al. Substantiation of directions for

technological development of small livestock farms to further improve their efficiency. Byulleten' nauki i praktiki. Bulletin of Science and Practice. 2022. No 12. Pp. 206-214.

12. O'Connor J. T., O'Brien V. J. and Choi J. O. Standardization strategy for modular industrial plants. Journal of Structural Engineering and Management. 2015. No 141 (9). Pp. 401-502.

13. Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Kostomakhin N.M. et al. Features of the technology of milk production and its processing in a modular workshop. Glavnyy zootekhnik. Chief livestock specialist. 2020. No 9. Pp. 4-12.

14. Pozubenkova E.I., Arzamastseva L.A. Personnel outsourcing in the system of diversification. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. No 10. Pp. 130-134.

15. Krasnov I.N. et al. Milk production on a modular farm with environmentally friendly technology. Vestnik APK Stavropol'ya // Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol. 2012. No 2. Pp. 45-50.

16. Radko V., Svinous I. Information and analytical support for the sustainable development of dairy farming in agricultural enterprises. Ekonomika i upravleniye agrobiznesom. Economics and management of agribusiness. 2020. No 1(155). Pp. 120-128.

17. Laikam K.E. Agriculture in Russia. Ed. Zinchenko A.P., Kiselev M.P. and others. Moscow: Rosstat Publ. 2021. Pp. 103.

18. Speshilova N.V., Karagodin D.A., Shumilina K.N. Modern approaches to cost accounting and control in dairy cattle breeding. Upravlencheskiy uchet // Management accounting. 2017. No 1. Pp. 36-42.

Информация об авторе

А.А. Анисимов – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания.

Information about the author

A.A. Anisimov – candidate of technical sciences, associate professor of the chair technology of food products.

Научная статья
УДК: 612.397.24: 543.6:634.18
DOI 10.24888/2541-7835-2023-20-26

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИЦЕРИНА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ГИДРОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ И ФЛАВОНОЛОВ ИЗ ПЛОДОВ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Данилин Сергей Иванович¹, Троянов Алексей Григорьевич²,
Кольцов Владимир Александрович³✉

^{1,2}Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

³Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

¹danilin.7022009@mail.ru

²troyanov-48@mail.ru

³kolcov.mich@mai.ru✉

Аннотация. Плоды рябины обыкновенной являются ценным источником неохлорогеновой и хлорогеновой кислот. Цель наших исследований состояла в изучении выхода гидроксикоричных кислот и флавонолов при водно-глицериновой экстракции из сушеных плодов рябины обыкновенной. В качестве объектов исследований использовали сушеные плоды рябины обыкновенной сорта Титан. Исследования содержания гидроксикоричных кислот и флавонолов проводили спектрометрическим способом. В исследованиях в качестве экстракционных смесей использовали 70% этиловый спирт, водно-глицериновые растворы в соотношении 30/70, 50/50, 70/30. Перед экстракцией сушеные плоды рябины измельчали до фракции 1,0-2,0 мм. Экстракцию проводили на водяной бане при температуре 55 °С и 70 °С. Содержание гидроксикоричных кислот в плодах рябины обыкновенной составляло 294,5 ± 7,5 мг/100 г, а флавонолов – 136,4 ± 4,9 мг/100 г. При использовании гидромодуля 1/40 содержание целевых соединений в экстракте было на 2,7-3,6 % ниже по сравнению с использованием гидромодуля 1/60. В целях экономии растворителя целесообразно использовать гидромодуль 1/40. Уравнивание кривых экстракций выхода целевых соединений при температуре процесса 55 °С наступило после 140 минут экстракции, при температуре 70 °С после 100 минут. Наибольший выход гидроксикоричных кислот и флавонолов наблюдали при использовании в качестве экстракционных смесей 70% этанола (73,4 % и 71,9 %) и 80 % водного раствора глицерина (74,9 % и 72,3 %) при температуре экстракции 70 °С. Выход гидроксикоричных кислот и флавонолов из сушеных плодов рябины обыкновенной при использовании в качестве экстракционной смеси водно-глицериновых растворов в соотношении 50/50 и 20/80 при температуре экстракции 55 °С и 70 °С сопоставим с использованием в качестве экстрагента 70 % этанола.

Ключевые слова: рябина обыкновенная, глицерин, экстракция, флавонолы, гидроксикоричные кислоты.

Для цитирования: Данилин С.И., Троянов А.Г., Кольцов В.А. Оценка использования глицерина для экстракции гидроксикоричных кислот и флавонолов из плодов рябины обыкновенной // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 20-26. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-20-26>.

Original article

EVALUATION OF THE USE OF GLYCEROL FOR THE EXTRACTION OF HYDROXYCINNAMIC ACIDS AND FLAVONOLS FROM THE FRUITS OF COMMON MOUNTAIN ASH

Sergey I. Danilin¹, Alexey G. Troyanov², Vladimir A. Koltsov³✉

^{1,2}Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

³I.V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia

¹danilin.7022009@mail.ru

²troyanov-48@mail.ru

³kolcov.mich@mai.ru✉

Abstract. The fruits of common mountain ash are a valuable source of neochlorogenic and chlorogenic acids. The aim of our research was to study the yield of hydroxycinnamic acids and flavonols during water-glycerine extraction from dried fruits of common mountain ash. Dried fruits of common mountain ash of

Titan variety were used as research objects. The content of hydroxycinnamic acids and flavonols was studied spectrometrically. 70% ethyl alcohol, water/glycerol solutions in the ratio 30/70, 50/50, 70/30 were used as extraction mixtures in the studies. Before extraction, dried rowan fruits were crushed to a fraction of 1.0-2.0 mm. Extraction was carried out in a water bath at 55 °C and 70 °C. The content of hydroxycinnamic acids in common mountain ash fruits was 294.5 ± 7.5 mg/100 g and flavonols was 136.4 ± 4.9 mg/100 g. When using hydromodule 1/40 the content of the target compounds in the extract was 2.7-3.6 % lower compared with using hydromodule 1/60. In order to save solvent it is reasonable to use the hydromodule 1/40. Equilibration of extraction curves of the yield of target compounds at a process temperature of 55 °C occurred after 140 minutes of extraction, at a temperature of 70 °C after 100 minutes. The highest yield of hydroxycinnamic acids and flavonols was observed when 70% ethanol (73.4% and 71.9%) and 80% glycerol aqueous solution (74.9% and 72.3%) were used as extraction mixtures at 70 °C. The yield of hydroxycinnamic acids and flavonols from dried fruits of common mountain ash when used as an extraction mixture of 50/50 and 20/80 glycerin solutions at an extraction temperature of 55 °C and 70 °C is comparable with the use of 70% ethanol as an extractant.

Keywords: *Sorbusaucuparia L., glycerin, extraction, flavonols, hydroxycinnamic acids.*

For citation: *Danilin S.I., Troyanov A.G., Koltsov V.A. Evaluation of the use of glycerin for the extraction of hydroxycinnamic acids and flavonols from the fruits of mountain ash. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No. 2(28). pp. 20-26. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-20-26>.*

Введение

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*) произрастает повсеместно в диком и культурном виде, отличается достаточно высокой зимостойкостью, скороплодностью, иммунитетом, высоким потенциалом продуктивности, накоплением в плодах высокого уровня биологически активных соединений, в частности гидроксикоричных кислот, антоцианов и флавонолов. Неохлорогеновая и хлорогеновая кислоты являются основными фенольными соединениями плодов рябины обыкновенной [5, 6]. Препятствием широкому потреблению плодов красноплодной рябины в свежем виде является горьковатый и терпкий вкус, что обусловлено наличием дубильных веществ [2]. Имеющиеся технологии переработки и обработки плодов рябины не всегда эффективны и требуют немалых затрат времени и ресурсов. Производство из плодов рябины обыкновенной экстрактов и создание на их основе продуктов питания позволит создать продукт с высоким уровнем содержания фенольных соединений [3].

Экстракцию фенольных соединений обычно проводят с использованием гидрофобных растворителей, таких как ацетон, этилацетат, толуол, диэтиловый эфир, гексан или смеси углеводородных растворителей. Учитывая современный уровень исследований в области выделения биологически активных веществ из растительного сырья, интересным аспектом исследований является поиск альтернативных растворителей для экстракции компонентов с оздоровительной ценностью, что обеспечит получение продуктов соответствующего качества и безопасности [7, 9]. Глицерин - это трехгидроксильный спирт, нетоксичный, характеризуется сладким вкусом и низким гликемическим индексом, обладает консервирующими свойствами, а также дешев и легко доступен. Работ, посвященных использованию глицерина для экстракции биологически активных веществ, немного, хотя в последнее время можно наблюдать определенный интерес к этой теме и появление исследований по кинетике процесса экстракции с использованием систем вода-глицерин, особенно в аспекте зеленой химии и темы извлечения ценных компонентов из лекарственных растений [1, 10].

Цель наших исследований состояла в изучении выхода гидроксикоричных кислот и флавонолов при водно-глицериновой экстракции из сушеных плодов рябины обыкновенной.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследований использовали сушеные плоды рябины обыкновенной сорта Титан. Сушку плодов рябины осуществляли конвекционным способом при температуре теплоносителя 60 °C до конечной влажности продукта 7-8 %. Исследования содержания гидроксикоричных кислот и флавонолов проводили спектрометрическим способом согласно методикам Сулейманова Ф.Ш. и др. (2019) [4] и Heraldetal. (2012) [8] соответственно.

Широко распространенными растворителями при производстве экстракции в пищевой промышленности являются вода и этиловый спирт. Анализ литературных источников показал, что наиболее оптимальным растворителем полифенольных соединений из растительной матрицы является 70% этиловый спирт. Глицерин представляет собой вязкую жидкость, что затрудняет использование его в качестве растворителя. С целью повышения проницаемости экстракционных смесей на основе глицерина его смешивали с водой и повышали температуру экстракции выше 50 °С. В исследованиях в качестве экстракционных смесей использовали 70% этиловый спирт, водно/глицериновые растворы в соотношении 30/70, 50/50, 70/30.

Перед экстракцией сушеные плоды рябины измельчали до фракции 1,0-2,0 мм. Экстракцию проводили на водяной бане при температуре 55 °С и 70 °С.

Математическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2010.

Результаты исследований и их обсуждение

Содержание целевых соединений в экстракционной смеси является основным показателем качества экстракта из растительного сырья. Известно, что экстрагирование целевых соединений из растительной матрицы зависит от различных технологических параметров. На выход гидроксикоричных кислот и флавонолов в процессе экстракции сушеных плодов рябины обыкновенной исследованы следующие технологические параметры: состав экстракционной смеси, соотношение растительного материала и растворителя, температура и продолжительность экстракции. Исследования химического состава сушеных плодов рябины показали, что содержание гидроксикоричных кислот составляло $294,5 \pm 7,5$ мг/100 г, а флавонолов – $136,4 \pm 4,9$ мг/100 г. Исследование по влиянию соотношения растительного материала и растворителя проводили при температуре 55 °С путем настаивания в течение 2 часов на водяной бане. В качестве гидромодуля использовали соотношения растительного материала и растворителя 1/10, 1/20, 1/40, 1/60, 1/100. Наибольший выход целевых соединений из плодов рябины обыкновенной установлен при использовании гидромодуля 1/60 независимо от используемой экстракционной смеси (табл. 1).

Таблица 1. Влияние соотношения гидромодуля на выход целевых соединений

Экстракционная смесь	Гидромодуль				
	1/10	1/20	1/40	1/60	1/100
Гидроксикоричные кислоты, мг/100 г					
30 % глицерин	73,6	82,9	150,3	153,4	110,5
50% глицерин	86,1	97,1	174,1	177,5	124,1
80% глицерин	85,4	96,1	177,8	180,9	128,1
70 % спирт	87,1	99,1	179,1	183,5	132,1
Среднее значение, \bar{x}	74,24	83,82	149,66	155,32	110,66
Доверительный интервал	20,45	23,21	41,75	43,07	30,27
Ошибка средней арифметической, S(x)	9,14	10,38	18,67	19,26	13,53
Флавонолы, мг/100 г					
30 % глицерин	34,2	38,4	69,4	71,2	51,3
50% глицерин	41,6	46,8	84,1	86,6	62,4
80% глицерин	44,3	49,8	89,5	92,2	66,4
70 % спирт	45,9	51,6	93,8	95,6	68,8
Среднее значение, \bar{x}	37,28	41,9	74,5	77,6	55,8
Доверительный интервал	10,4	11,7	20,9	21,7	15,6
Ошибка средней арифметической, S(x)	4,67	5,26	9,35	9,74	7,01

При использовании гидромодуля 1/40 содержание гидроксикоричных кислот и флавонолов в экстракте было на 2,7-3,6 % ниже по сравнению с использованием гидромодуля 1/60. В целях экономии растворителя в процессе экстракции и незначительных различиях содержания целевых соединений в экстракте целесообразно использовать соотношение растительного материала и растворителя 1/40.

Повышение температуры экстракции позволяет повысить выход целевых соединений и сократить время производственного процесса. Многие полифенольные соединения, содержащиеся в плодах и ягодах, под действием высоких температур разрушаются. Влияние температуры на выход целевых соединений в процессе экстракции плодов рябины обыкновенной изучали при температурном режиме 55 °С и 70 °С. Экстракцию проводили в стеклянных колбах на водяной бане. Использовали гидромодуль 1/40. Результаты исследований экстракции плодов рябины обыкновенной при 55 °С представлены на рис. 1 и рис. 2.

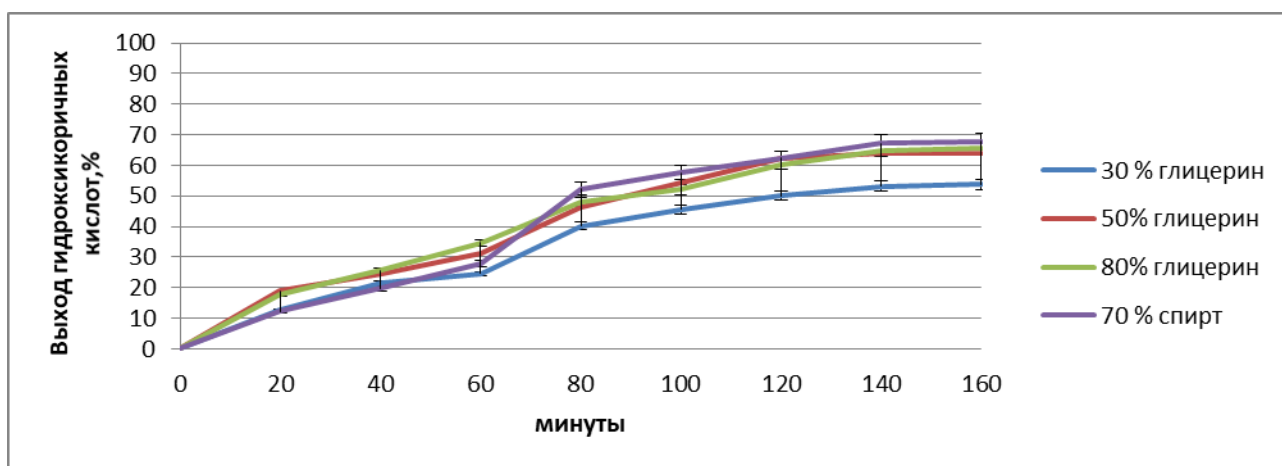


Рисунок 1. Выход гидроксикоричных кислот при температуре экстракции 55 °С плодов рябины обыкновенной

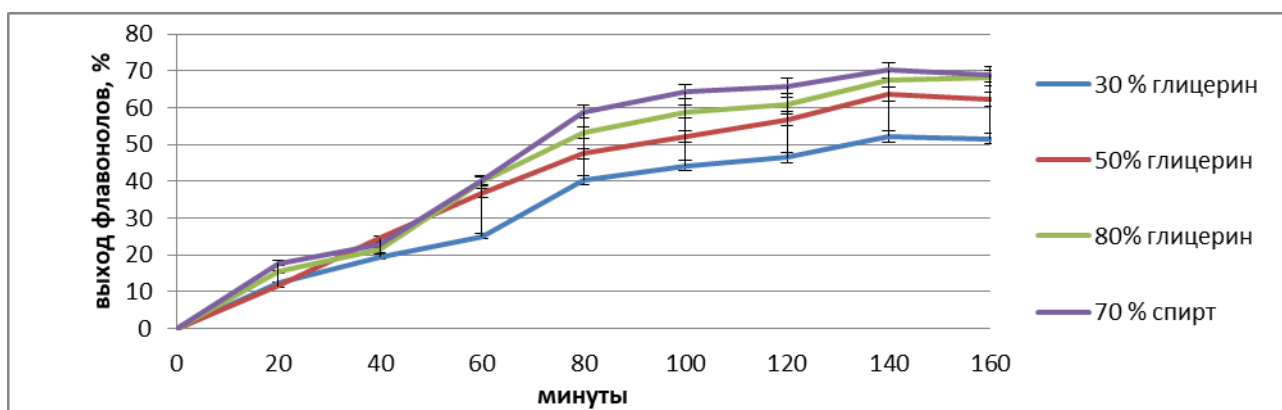


Рисунок 2. Выход флавонолов при температуре экстракции 70 °С плодов рябины обыкновенной

Уравновешивание кривых экстракций выхода целевых соединений при температуре процесса 55 °С наступило после 140 минут экстракции. Наибольшая динамика выхода целевых соединений установлена в первые 80 минут экстракции, затем наблюдали снижение динамики выхода экстрагируемых веществ. Наименьший выход целевых соединений установлен при использовании в качестве растворителя 30 % водного раствора глицерина. Так выход гидроксикоричных кислот при использовании в качестве растворителя 30% водного раствора глицерина при температуре 55 °С составил 52,5 %, а флавонолов – 51,2 %. Увеличение доли глицерина в экстракционных смесях позволило повысить выход целевых соедине-

ний. Наибольший выход гидроксикоричных кислот и флавонолов наблюдали при использовании в качестве экстракционных смесей 70% этанола и 80 % водного раствора глицерина.

Увеличение температуры экстракции (70 °С) привело к уменьшению времени экстракционного процесса (рис. 3 и рис. 4). Уравновешивание кривых экстракций выхода целевых соединений при температуре процесса 70 °С наступило после 100 минут экстракции.

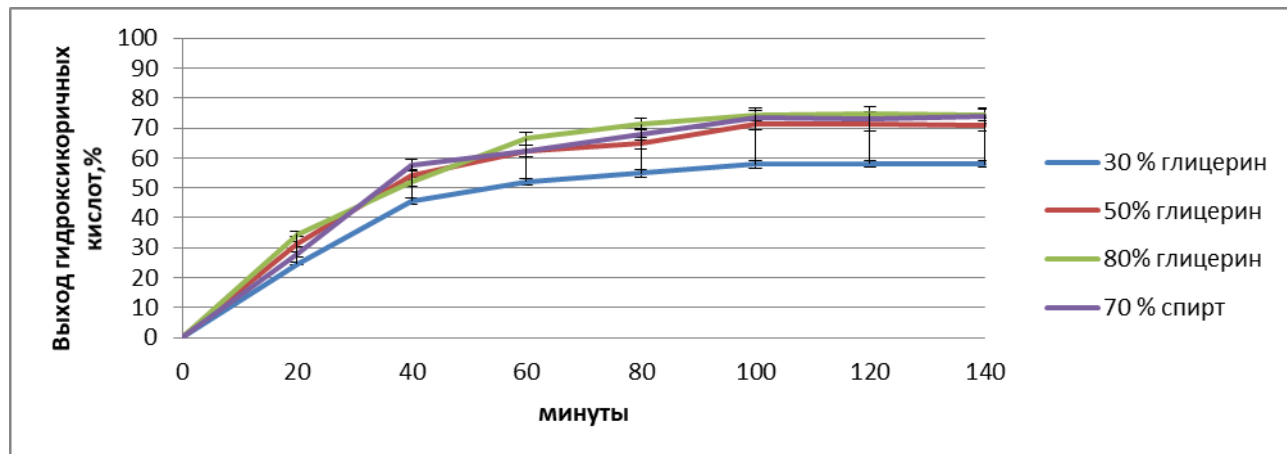


Рисунок 3. Выход гидроксикоричных кислот при температуре экстракции 70 °С плодов рябины обыкновенной

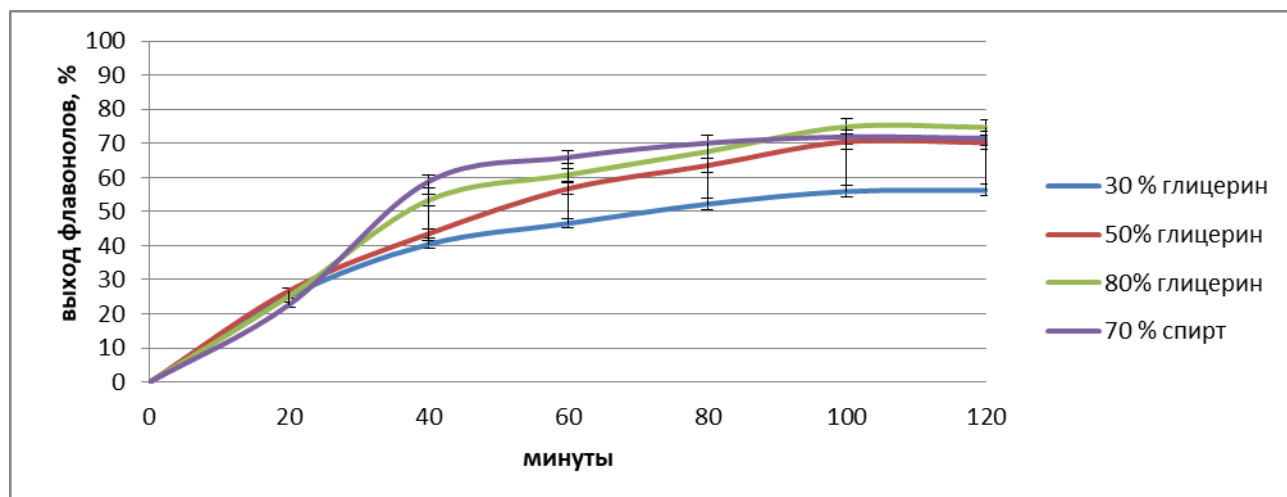


Рисунок 4. Выход флавонолов при температуре экстракции 70 °С плодов рябины обыкновенной

Наименьший выход целевых соединений установлен при использовании в качестве растворителя 30 % раствора глицерина. Наибольший выход гидроксикоричных кислот и флавонолов при температуре экстракции 70 °С наблюдали при использовании в качестве экстракционных смесей 70% этанола и 80 % водного раствора глицерина, что аналогично с экстракцией при 55 °С. При использовании в качестве экстракционных смесей 30 % и 50 % водного раствора глицерина и 70 % спирта в первые 40 минут экстракции наблюдается наибольшая динамика выхода гидроксикоричных кислот, а при использовании 80 % глицерина в первые 60 минут. Также в первые 40 минут экстракции при использовании 30% и 80% водного раствора глицерина и 70% спирта наблюдали наибольшую динамику выхода флавонолов с последующим уменьшением. Однако при использовании в качестве растворителя 50 % водного раствора глицерина наблюдали постепенное увеличение выхода флавонолов на протяжении 100 минут экстракции. Повышение температуры экстракции с 55 °С до 70 °С способствовало увеличению выхода гидроксикоричных кислот при использовании в качест-

ве растворителя 50% и 80% водного раствора глицерина на 7,2% и 10% соответственно, а флавонолов на 7% и 7,3%.

Выводы

1. Выход гидроксикоричных кислот и флавонолов из сушеных плодов рябины обыкновенной при использовании в качестве экстракционной смеси водно-глицериновых растворов в соотношении 50/50 и 20/80 при температуре экстракции 55 °С и 70 °С сопоставим с использованием в качестве экстрагента 70% этанола.

2. Установлено, что применение гидромодуля 1/40 позволяло получить высокий выход целевых соединений при минимальных затратах растворителя.

3. Установлено, что продолжительность экстракции при температуре 55 °С составила 140 минут. Повышение температуры экстракции до 70 °С позволило уменьшить продолжительность процесса до 100 минут.

4. Использование в качестве растворителя 80% водного раствора глицерина при температуре экстракции 70 °С позволило получить высокий выход гидроксикоричных кислот (74,9%) и флавонолов (72,3%) из сушеных плодов рябины обыкновенной.

Список источников

1. Переверткина И.В., Волков А.Д., Болотов В.М. Влияние глицерина на экстрагирование антоциановых пигментов из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 187-188.

2. Скочилова Е.А., Конюхова О.М., Мухаметова С.В. Показатели плодов рябины (*Sorbus L.*) и содержание в них вторичных метаболитов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 3 (55). С. 52-62.

3. Способы получения концентрированных форм функциональных ингредиентов на основе рябины красной обыкновенной / Е.Н.Соколова, Т.В.Юраскина, Н.А.Фурсова и др. // Пищевая промышленность. 2021. № 9. С. 52-54.

4. Разработка и валидация методики количественного определения фенолкарбоновых (гидроксикоричных) кислот в траве золотарника канадского (*Solidagocanadensis L.*) / Ф.Ш.Сулейманова, О.В.Нестерова, И.Н.Аверцева и др. // Химическая технология. 2019. № 6. С. 252-256.

5. Erbil N. Potential antibacterial effect and l-ascorbic acid and phenolic content profiles of wild rowanberry (*Sorbusaucuparia L.*). *Erwerbs-Obstbau*. 2022. Vol. 64. Pp. 725-732.

6. Gil-Izquierdo A., Mellenthin A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbusaucuparia L.*) juice. *European Food Research and Technology*. 2001. Vol. 213. Pp. 12-17.

7. Grigorakis S., Halahlah A., Makris, D.P. Hydroglycerolic solvent and ultrasonication pretreatment: A green blend for high-efficiency extraction of *Salvia fruticosa* polyphenols. *Sustainability*. 2020. 12. Pp. 40-48.

8. Herald T.J., Gadgil P., Tilley M. High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in Sorghum bran and flour. *Journal of the science of food and agriculture*. 2012. No. 92 (11). Pp. 2326-2331.

9. Metrouh-Amir H, Duarte C.M.M., Maiza F. Solvent effect on total phenolic contents, antioxidant, and antibacterial activities of *Matricaria pubescens*. *Industrial Crops and Products*. 2015. No. 67. Pp. 249-255.

10. Quispe C.A., Coronado C.J., Carvalho Jr.J.A. Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. No. 27. Pp. 475-493.

References

1. Pervertkina I.V., Volkov A.D., Bolotov V.M. Influence of glycerol on extraction of anthocyanin pigments from vegetable raw materials. Chemistry of plant raw materials. 2011. No 2. Pp. 187-188.
2. Skochilova E.A., Konyukhova O.M., Mukhametova S.V. Parameters of rowan (*Sorbus L.*) fruits and the content of secondary metabolites in them. Vesting of Volga State University of technology. Series: forest. Ecology. Nature management. 2022. No 3 (55). Pp. 52-62.
3. Methods of concentrated ingredients forms based on rowanberry (*sorbusaucuparia*) producing. E.N.Sokolova, T.V.Yuraskina, N.A. Fursova, E.S., Rodina, T.S. Ivan'kova, A. Yu. Sharikov, E.M. Serba. Food Industry. 2021. No 9. Pp. 52-54.
4. Development and validation of methods for quantitative determination of phenolcarboxylic (hydroxycinnamic) acids in canadian goldenrod herb (*Solidago canadensis L.*). F.Sh.Suleimanova, O.V.Nesterova, I.N.Avertseva et al. Chemical Technology. 2019. No 6. Pp. 252-256.
5. Erbil N. Potential antibacterial effect and l-ascorbic acid and phenolic content profiles of wild rowanberry (*Sorbusaucuparia L.*). Erwerbs-Obstbau. 2022. Vol. 64. Pp. 725-732.
6. Gil-Izquierdo A., Mellenthin A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbusaucuparia L.*) juice. European Food Research and Technology. 2001. Vol. 213. Pp. 12-17.
7. Grigorakis S., Halahlah A., Makris, D.P. Hydroglycerolic solvent and ultrasonication pretreatment: A green blend for high-efficiency extraction of *Salvia fruticosa* polyphenols. Sustainability. 2020. 12. Pp. 40-48.
8. Herald T.J., Gadgil P., Tilley M. High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in Sorghum bran and flour. Journal of the science of food and agriculture. 2012. No. 92 (11). Pp. 2326-2331.
9. Metrouh-Amir H, Duarte C.M.M., Maiza F. Solvent effect on total phenolic contents, antioxidant, and antibacterial activities of *Matricaria pubescens*. Industrial Crops and Products. 2015. No. 67. Pp. 249-255.
10. Quispe C.A., Coronado C.J., Carvalho Jr.J.A. Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. No. 27. Pp. 475-493.

Информация об авторах

С.И. Данилин – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства;

А.Г. Троянов – аспирант кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства;

А.В. Кольцов – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории передовых послеуборочных технологий.

Information about the authors

S.I. Danilin – candidate of agricultural sciences, professor, head of the department of production technology, storage and processing of crop production;

A.G. Troyanov – post-graduate student of the department of production technology, storage and processing of crop production;

V.A. Koltsov – candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of advanced post-harvest technologies.

Научная статья
УДК 663.88
DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-27-38

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ТОНИЗИРУЮЩЕГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ключников Андрей Иванович^{1✉}, Казарцев Дмитрий Анатольевич²,
Жуковская Светлана Викторовна³, Бабаева Мария Васильевна⁴

¹²³⁴ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления
им. К. Г. Разумовского (ПКУ)»

¹kaivanov@mail.ru✉

²kda_79@mail.ru

³zhu2165@yandex.ru

⁴m.babaeva@mgutm.ru

Аннотация. В настоящей работе рассмотрена технологическая рецептура и произведено обоснование технологии производства безалкогольного тонизирующего напитка с использованием натурального растительного сырья, обладающего тонизирующим эффектом, а также представлены результаты экспериментальных исследований физико-химических, микробиологических и органолептических свойств напитка. Обоснованы режимы мацерации и перколяции при производстве безалкогольного тонизирующего напитка с использованием натурального растительного сырья, исследованы органолептические показатели растительных экстрактов, полученных мацерацией и перколяцией, показана технологическая эффективность процесса мацерации, приводящего к формированию образцов напитка с более выраженными органолептическими показателями: внешним видом, ароматом, вкусом и цветом. Получены вкусо-ароматические профили образцов безалкогольного тонизирующего напитка с использованием натурального растительного сырья: донника, родиолы розовой, лаванды, крымской розы, лемонграсса, железницы, жасмина и женьшеня. Отдельное внимание уделено исследованию физико-химических, микробиологических и органолептических свойств тонизирующего напитка на протяжении 12-ти месяцев хранения с целью выяснения стабильности и целостности качественных показателей, отмечена изменчивость качественных показателей на протяжении всего периода хранения напитка. Разработанная в ходе выполнения экспериментальных исследований рецептура тонизирующего безалкогольного напитка на основе растительного сырья полностью соответствует требованиям нормативной документации ГОСТ 28188-2014 «Напитки безалкогольные. Общие технические условия», ТР ТС 010/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Ключевые слова: тонизирующий напиток, растительное сырье, мацерация, перколяция, вкусо-ароматический профиль, органолептическая оценка.

Для цитирования: Исследование процесса комбинированной сушки слайсов филе бычка азовского / А.И. Ключников, Д.А. Казарцев, С.В. Жуковская, М.В. Бабаева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 27-38. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-27-38>.

Original article

DEVELOPMENT OF A TONING DRINK FORMULA BASED ON NATURAL PLANT RAW MATERIALS

Andrey I. Klyuchnikov^{1✉}, Dmitry A. Kazartsev²,
Svetlana V. Zhukovskaya³, Maria V. Babaeva⁴

¹²³⁴Moscow State University of Technology and Management them. K. G. Razumovsky (PKU)

¹kaivanov@mail.ru✉

²kda_79@mail.ru

³zhu2165@yandex.ru

⁴m.babaeva@mgutm.ru

Abstract. In this paper, the technological recipe is considered and the technology for the production of a non-alcoholic tonic drink is substantiated using natural plant materials with a tonic effect, and the results of experimental studies of the physicochemical, microbiological and organoleptic properties of the drink are presented. The modes of maceration and percolation in the production of a non-alcoholic tonic drink using

natural plant raw materials are substantiated, the organoleptic characteristics of plant extracts obtained by maceration and percolation are studied, the technological efficiency of the maceration process is shown, leading to the formation of drink samples with more pronounced organoleptic characteristics: appearance, aroma, taste and color. Taste-aromatic profiles of non-alcoholic tonic drink samples were obtained using natural plant materials: sweet clover, rosea rhodiola, lavender, Crimean rose, lemongrass, ironwort, jasmine and ginseng. Special attention is paid to the study of the physicochemical, microbiological and organoleptic properties of the tonic drink during 12 months of storage in order to determine the stability and integrity of quality indicators, the invariance of quality indicators throughout the entire period of storage of the drink is noted. The formulation of a tonic non-alcoholic drink based on vegetable raw materials, developed in the course of experimental studies, fully complies with the requirements of regulatory documentation GOST 28188-2014 "Non-alcoholic drinks. General technical conditions", TR CU 010/2011 "On food safety".

Keywords: *tonic drink, vegetable raw materials, maceration, percolation, flavor profile, organoleptic evaluation.*

For citation: *Development of a toning drink formula based on natural plant raw materials. A.I. Klyuchnikov, D.A. Kazartsev, S.V. Zhukovskaya, M.V. Babaeva. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No. 2(28). Pp. 27-38. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-27-38>.*

Введение

Одним из весьма перспективных направлений в отечественной безалкогольной промышленности является производство тонизирующих напитков функционального назначения на основе натурального растительного сырья.

Основные требования к напиткам, производимым на территории Российской Федерации, устанавливает ГОСТ Р 52844 – 2007 «Напитки безалкогольные тонизирующие», в котором отражены основные характерные особенности рецептурных компонентов растительного происхождения [1, 6, 7].

На сегодняшний день по оценкам аналитической компании «BusinesStat» продажи безалкогольных напитков с тонизирующим эффектом в 2021 г. увеличились более чем на 30 % и составили около 830 млн. л. По данным аналитиков, продажи безалкогольных тонизирующих напитков в 2023 г. продолжат неуклонно расти, несмотря на уход крупных игроков с отечественного рынка – «PepsiCo» и «Coca-Cola». Так, например, за 7 месяцев 2022 г. в известных торговых сетях ассортимент безалкогольных напитков вырос на 10 % (свыше 150 наименований). Как правило, отечественный рынок безалкогольных напитков включает следующие направления производства [3, 11]: питьевые и минеральные воды (газированные и негазированные); питьевые и овощные соки, нектары и сокодержательные напитки; фруктово-ягодные напитки; квасы и квасные напитки; тонизирующие напитки: напитки, содержащие кофеин; на основе натурального растительного сырья без кофеина и энергетики.

Отечественный рынок безалкогольных тонизирующих напитков видит свое дальнейшее развитие в разработке новых необычных вкусов и натуральных составов, готов к наращиванию производственных мощностей и расширению бизнеса. Внутренний спрос на безалкогольные напитки в России полностью обеспечивается внутренним производством, что и обуславливает его перспективные позиции на данном направлении [4, 5, 12, 13].

Целью настоящей работы является разработка технологической рецептуры безалкогольного тонизирующего напитка с использованием натурального растительного сырья, обладающего тонизирующим эффектом, а также проведение комплексных физико-химических, микробиологических и органолептических показателей для обоснования технологии его производства.

Материалы и методы исследований

В качестве натурального растительного сырья для разработки рецептуры безалкогольного напитка с тонизирующим эффектом были выбраны: железница крымская, донник крымский, женьшень, родиола розовая, жасмин кустарниковый, лаванда, крымская чайная роза и лимонграсс [8, 9, 10, 14 – 20].

При выполнении настоящей работы использовались общепринятые для пивобезалкогольной отрасли методы анализа: ГОСТ 6687.0 – 86 «Продукция безалкогольной промышленности. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 6687.5 – 86 «Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема продукции», ГОСТ 30712 – 2001 «Продукты безалкогольной промышленности. Методы микробиологического анализа», ГОСТ 6687.2 – 90 «Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ», ГОСТ 6687.4 – 86 «Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Метод определения кислотности», ГОСТ 6687.6 – 88 «Напитки безалкогольные, сиропы, квасы и напитки из хлебного сырья. Метод определения стойкости», ГОСТ 6687.7 – 88 «Напитки безалкогольные и квасы. Метод определения спирта», ГОСТ 18963 – 73 «Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа», ГОСТ 26932 – 86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца», ГОСТ 26930 – 86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка», ГОСТ 26933 – 86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия», ГОСТ 26927 – 86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути». Специальные методики были основаны на подготовке растительного сырья к проведению процессов мацерации и перколяции. Растительное сырье заготавливали в июле-августе в фазе цветения, по причине максимальной концентрации биологически активных и вкусоароматических веществ. Для получения экстракта для производства натурального безалкогольного напитка из растительных ингредиентов проводили предварительную подготовку полуфабриката, которая включала стадии замачивания, настаивания и перколяции. В ходе исследования растительное сырье замачивали равным количеством экстрагента на 2 ч, затем проводили настаивание в течении 6 ч, далее производили процесс перколяции путем циклического пропускания экстрагента (100 °С) через фильтр.

Для получения мацерата при производстве натурального безалкогольного напитка из растительных ингредиентов проводили предварительную подготовку полуфабриката, включающую стадии измельчения, заваливания и сушки.

Результаты исследований и их обсуждение

Для проведения опытов по получению экстракта различными методами (мацерации и перколяции) выборочно использовали следующее натуральное растительное сырье: железница крымская, жасмин кустарниковый, лаванда и крымская роза. Экстракция, проведенная с использованием мацерации, приводит к образованию более выраженных органолептических показателей (табл. 1).

Таблица 1. Органолептические показатели растительных экстрактов, полученных мацерацией

Образец	Показатель			
	Внешний вид	Аромат	Вкус	Цвет
Железница крымская	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений	Полный, гармоничный, приятный, свежий	Слаженный, яркий, насыщенный, с приятной кислинкой	Желтый
Жасмин кустарниковый	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений	Полный, гармоничный, приятный, цветочный, сладкий	Яркий, насыщенный, особенно ярко раскрываются нотки жасмина, с гармоничным послевкусием	Светло-желтый
Лаванда	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений	Полный, приятный, гармоничный, приятный, свежий, цветочный	Слаженный, яркий, травянистый, насыщенный, с гармоничным послевкусием	Розовый с фиолетовым оттенком
Крымская роза	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений	Полный, гармоничный, приятный, свежий	Слаженный, яркий, сладкий, насыщенный, с гармоничным послевкусием	Светло-розовый

Внешний вид – прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений; цвет – расслабляющий, не отталкивающий, успокаивающий; аромат – полный, гармоничный, приятный, свежий; вкус – слаженный, яркий, насыщенный, с гармоничным послевкусием, в зависимости от используемого растительного сырья сладкий, с приятным кисловатым послевкусием.

Наиболее предпочтительным оказался образец растительного экстракта, полученный из крымской розы. Внешний вид – прозрачная жидкость с отсутствующими помутнениями и посторонними включениями; аромат – яркий, насыщенный и приятный; вкус – сладкий, насыщенный с долгим гармоничным послевкусием; цвет – ярко-розовый (табл. 2).

Таблица 2. Органолептические показатели растительных экстрактов, полученных перколяцией

Образец	Показатель			
	Внешний вид	Аромат	Вкус	Цвет
Железница крымская	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Яркий, насыщенный, сильный цитрусовый аромат	Неслаженный, горький, терпкий, кислый, специфический	Желто-коричневый
Жасмин кустарниковый	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Яркий, сильно выражен, специфический	Горький, неслаженный, с долгим послевкусием	Желтый
Лаванда	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Яркий, насыщенный, сильно выражен, специфический	Яркий, горький, терпкий, обволакивающий	Интенсивный, темно розовый с фиолетовым оттенком
Крымская роза	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Яркий, насыщенный, приятный	Яркий, сладкий, насыщенный, с долгим гармоничным послевкусием	Ярко-розовый

Были разработаны четыре экспериментальных образца №№ 1 – 4 тонизирующего напитка с различным содержанием растительных компонентов. Рецептúra была составлена на 100 мл тонизирующего напитка (табл. 3), количество сахара было задано в количестве 7 г на 100 мл воды, содержание лимонной кислоты подобрано экспериментальным путем.

Таблица 3. Рецептúры экспериментальных образцов для разработанного тонизирующего напитка на 100 мл воды

Образец	Компонент, г									
	Железница, крымская	Донник	Женьшень	Родиола розовая	Жасмин	Лаванда	Роза крымская	Лемонграсс	Сахар	Лимонная кислота
№ 1	–	0,15	–	0,75	–	0,15	0,20	0,02	7,0	0,12
№ 2	0,50	–	–	0,45	0,25	0,35	0,19	0,08	7,0	0,12
№ 3	0,65	–	0,34	–	0,29	0,5	–	0,05	7,0	0,12
№ 4	–	0,20	0,70	–	0,35	–	0,15	0,03	7,0	0,12

Органолептические показатели экспериментальных образцов №№ 1 – 4 разработанного тонизирующего напитка представлены в табл. 4

Таблица 4. Органолептические показатели экспериментальных образцов разработанного тонизирующего напитка

Показатель	Образец			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Показатель	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет	Помутнения отсутствуют, посторонних включений нет
Аромат	Выраженный аромат таежных трав, цветочный, древесный	Нежный приятный аромат цитрусовых, фруктов, цветочный с карамельными нотками	Яркий древесный, ореховый, цитрусовых, имеет карамельные тона	Выраженный пряный аромат, можжевельника, цветочный, чайного дерева
Вкус	Ярко выраженный цитрусовых с горчинкой, с легким послевкусием хвои.	Сложный, гармоничный, сладкий вкус, с приятной кислинкой, ореховыми тонами.	Вяжущий, с небольшой горчинкой, цитрусовый, послевкусие ярко выражено, имеются карамельные и ореховые тона	Вяжущий, с горечью, имеются карамельные и ореховые тона
Цвет	Светло-розовый, с красноватым оттенком	Светло-розовый с оранжевым оттенком	Светло-желтый, с зеленым оттенком	Темно-желтый, с коричневым оттенком

Результаты дегустационной оценки экспериментальных образцов № 1 – 4 разработанного тонизирующего напитка представлены в табл. 5. По результатам органолептической оценки выявлено, что у образца № 2 наблюдались улучшенные вкусовые и ароматические характеристики.

Таблица 5. Результаты дегустационной оценки экспериментальных образцов разработанного тонизирующего напитка

Дегустатор	Образец			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	11	12	12	11
2	10	12	10	10
3	12	12	11	9
4	11	12	10	10
5	12	12	9	8
6	12	12	12	9
7	9	12	9	11
8	11	12	11	12
9	12	12	12	11
10	11	12	12	9
Итого, средний балл	11,1	12	10,8	10

Также были составлены вкусо-ароматические профили экспериментальных образцов тонизирующего напитка (рис. 1, а - г).

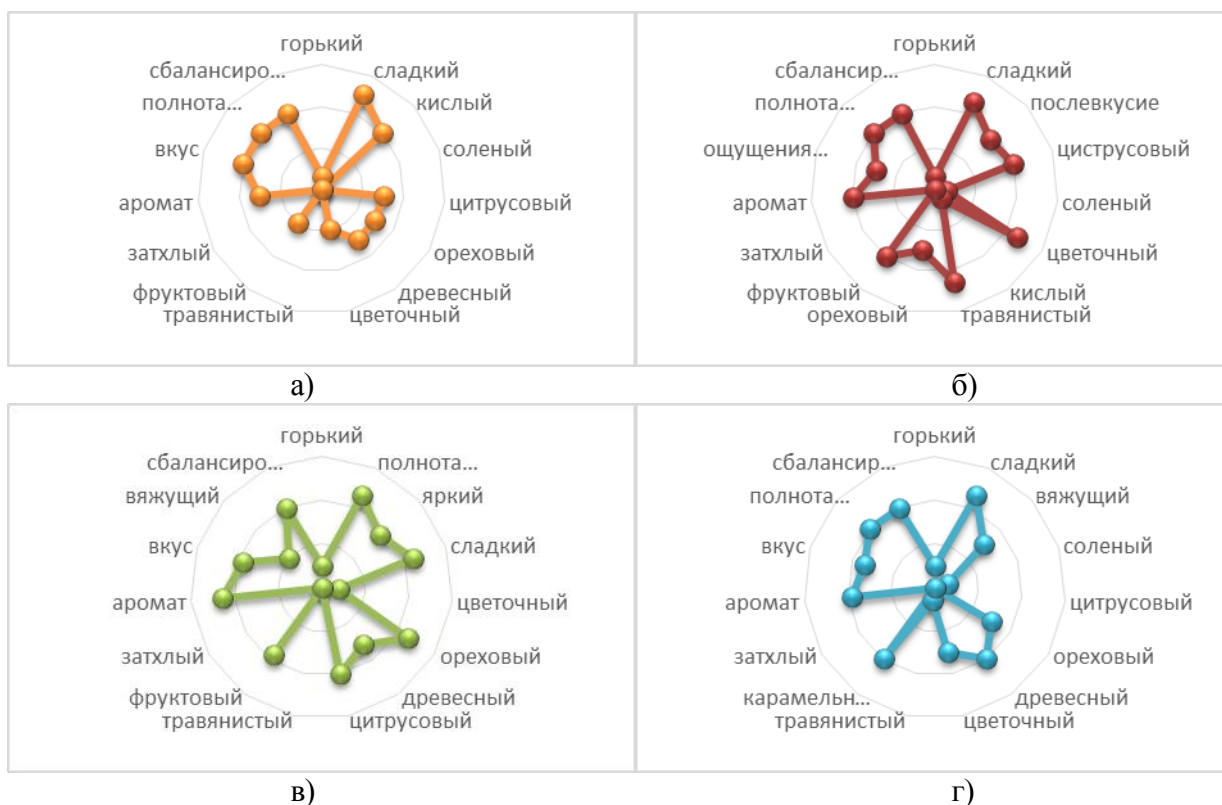


Рисунок 1. Вкусо-ароматический профиль образцов разработанного тонизирующего напитка: а) образец № 1; б) образец № 2; в) образец № 3; г) образец № 4.

В купаже образца № 1 (рис. 1, а) присутствуют настои: донника – 0,15 г, родиолы розовой – 0,75 г, лаванды – 0,15 г, розы – 0,20 г, лимонграсса – 0,02, сахара – 7 г, лимонной кислоты – 0,12 г. Купаж прозрачный, имеется легкий опал, имеет светло-розовый с красноватым оттенком цвет, выраженный аромат таежных трав, цветочный, древесный, ярко выраженный вкус цитрусовых с горчинкой, с легким послевкусием хвои.

В купаже образца № 2 (рис. 1, б) присутствуют настои: железницы – 0,50 г, родиолы розовой – 0,45 г, жасмина – 0,25 г, лаванды – 0,35 г, розы – 0,19 г, лимонграсса – 0,08 г, сахара – 7 г, лимонной кислоты – 0,12 г. Купаж без помутнений и посторонних включений, нежный приятный аромат цитрусовых, фруктовый, цветочный с карамельными нотками, вкус сложный, гармоничный, сладкий, с приятной кислинкой и ореховыми тонами, цвет – светло-розовый с оранжевым оттенком.

В купаже образца № 3 (рис. 1, в) присутствуют настои: железницы – 0,65 г, женьшеня – 0,34 г, жасмина – 0,29 г, лаванды – 0,5 г, лимонграсса – 0,05 г, сахара – 7 г, лимонной кислоты – 0,12 г. Купаж без помутнений и посторонних включений, аромат яркий древесный, ореховый, цитрусовый, имеет карамельные тона, вкус вяжущий, с небольшой горчинкой, цитрусовый, послевкусие ярко выражено, имеются карамельные и ореховые тона. Цвет – светло-желтый с зеленым оттенком. В купаже образца № 4 (рис. 1, г) присутствуют настои: донника – 0,20 г, женьшеня – 0,70 г, жасмина – 0,35 г, розы – 0,15 г, лимонграсса – 0,03 г, сахара – 7 г, лимонной кислоты – 0,12 г. Купаж без помутнений и посторонних включений, аромат выраженный пряный, можжевельника, цветочный, чайного дерева. Вкус вяжущий с горечью, имеются карамельные и ореховые тона. Цвет – темно-желтый, с коричневым оттенком.

Таким образом, для напитка наиболее слаженным является образец № 2 с содержанием в купаже железницы – 0,50 г, родиолы розовой – 0,45г, жасмина – 0,25г, лаванды – 0,35 г, розы крымской – 0,19 г, лимонграсса – 0,08 г, сахара – 7 г, лимонной кислоты – 0,12 г.

Рецептура готового тонизирующего напитка на 100 дал приведена в табл. 6.

Таблица 6. Рецепт на 100 дал готового тонизирующего напитка

Наименование сырья	Содержимое сырья в готовом напитке		Содержание сухих веществ в сырье	
	Ед. изм.	Кол-во	% масс.	кг/л
Сахар	кг	70	99,85	69,9
Железница крымская	кг	5,0	–	–
Родиола розовая	кг	4,5	–	–
Жасмин (цветки)	кг	2,5	–	–
Лаванда (цветки)	кг	3,5	–	–
Роза (цветки)	кг	1,9	–	–
Лемонграсс (листья)	кг	0,8	–	–
Лимонная кислота	кг	1,2	90,97	1,09

Для оценки качества готового тонизирующего напитка были проведены исследования по определению органолептических показателей продукта. Результаты исследований органолептических показателей готового тонизирующего напитка представлены в табл. 7.

Таблица 7. Органолептические показатели готового тонизирующего напитка

Показатели	Характеристика
Прозрачность	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений
Цвет	Светло-розовый с оранжевым оттенком
Аромат	Полный, гармоничный, приятный, свежий
Вкус	Слаженный, яркий, насыщенный, сладкий, с приятной кислинкой и небольшим гармоничным послевкусием, в котором раскрываются особенно ярко нотки, свойственные используемому сырью

Дополнительно для оценки качества готового тонизирующего напитка были проведены исследования физико-химических показателей продукта. Результаты исследований физико-химических показателей готового тонизирующего напитка представлены в табл. 8.

Таблица 8. Физико-химические показатели готового тонизирующего напитка

Наименование показателя	Значение
Массовая доля сухих веществ, %	7
Титруемая кислотность, мл 1М раствора NaOH на 100 мл напитка	2

Практический интерес также представляло исследование микробиологических показателей продукта. Результаты исследований микробиологических показателей готового тонизирующего напитка представлены в табл. 9.

Таблица 9. Микробиологические показатели готового тонизирующего напитка

Объем продукта (см ³), в котором не допускаются		
БГКП (колиформы)	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	Дрожжи и, КОЕ/100 см ³ , не более
100	25	15
Результаты исследований		
не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены

Бактерии группы кишечной палочки, дрожжи и плесени в испытуемом образце не обнаружены. Напиток по микробиологическим показателям полностью соответствует показателям безопасности Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) и ТР ТС 021/2011. Результаты исследований содержания токсичных элементов в разработанном тонизирующем напитке представлены в табл. 10.

Таблица 10. Содержание токсичных элементов в разработанном тонизирующем напитке

Наименование показателя	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Результаты исследований
свинец	0,3	0,019
мышьяк	0,1	0,006
кадмий	0,03	0,010
ртуть	0,005	0,005

На протяжении 12-ти мес. готовый напиток хранили в темной ПЭТ-таре при температуре 18 ± 2 °С, влажности не более 75 %. Наблюдали за изменениями органолептических, физико-химических и микробиологических показателей. Динамика изменения органолептических показателей в процессе хранения при регламентируемых показателях климатического режима представлена на рис. 2.

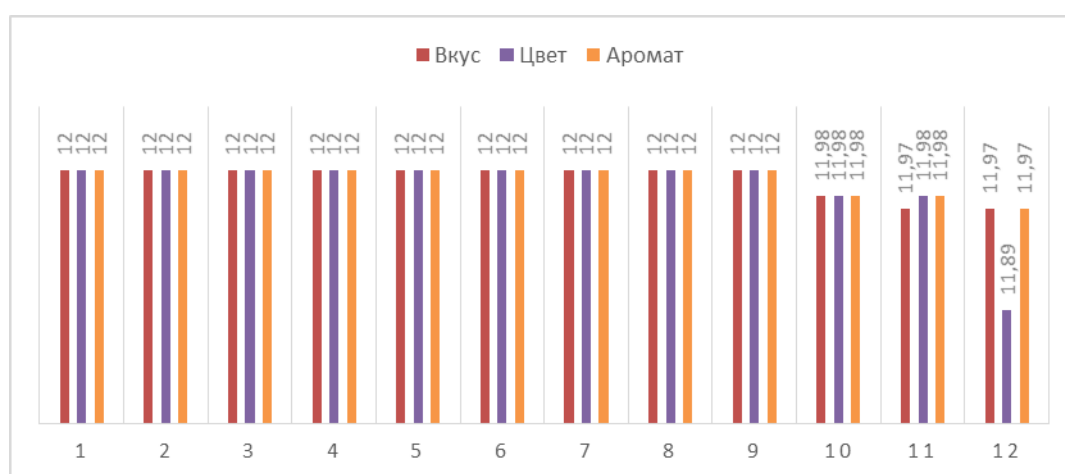


Рисунок 2. Динамика изменения органолептических показателей в процессе хранения разработанного тонизирующего напитка при регламентируемых показателях климатического режима

Результаты дегустационной оценки разработанного тонизирующего напитка после 12 мес. хранения представлены в табл. 11 [2].

Таблица 11. Дегустационная оценка разработанного тонизирующего напитка после 12 мес. хранения

Дегустатор	Показатели				
	Внешний вид	Цвет	Аромат	Вкус	Послевкусие
1	12	12	12	12	12
2	12	12	12	12	12
3	12	12	12	12	12
4	12	12	12	11	12
5	12	11	11	12	12
6	12	12	12	12	12
7	12	11	12	12	12
8	12	12	12	12	12
9	12	12	12	12	11
10	11	12	12	12	12
Итого, средний балл	11,9	11,8	11,9	11,9	11,9

Из табл. 11 видно, что образец оценивался дегустаторами достаточно высоко. Органолептические показатели незначительно изменены, изменения обусловлены содержанием натуральных компонентов. На протяжении всего периода хранения суммарная балльная оценка готового тонизирующего напитка составляла 12...11,8 балл. По всем показателям напиток имел оценку «отлично». Результаты исследований органолептических показателей тонизирующего напитка после 12 мес. хранения представлены в табл. 12.

Таблица 12. Органолептические показатели разработанного тонизирующего напитка после 12 мес. хранения

Показатели	Характеристика
Прозрачность	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений
Цвет	Светло-розовый с оранжевым оттенком
Аромат	Полный, гармоничный, приятный, свежий
Вкус	Слаженный, яркий, насыщенный, сладкий, с приятной кислинкой и небольшим гармоничным послевкусием, в котором раскрываются особенно ярко нотки свойственные используемому сырью

Также следует отметить неизменность физико-химических и микробиологических показателей разработанного тонизирующего напитка после 12 мес. хранения, что говорило о его стабильности и безопасности для здоровья потребителя.

Выводы

1. Разработанная в ходе выполнения экспериментальных исследований рецептура тонизирующего безалкогольного напитка на основе растительного сырья полностью соответствует требованиям нормативной документации ГОСТ 28188-2014 «Напитки безалкогольные. Общие технические условия», ТР ТС 010/2011 «О безопасности пищевой продукции».

2. За счет использования в рецептуре таких растительных ингредиентов, как железница, родиола розовая, напиток обладает адаптогенными и антиоксидантными свойствами. Жасмин, лаванда, роза крымская придают напитку, кроме полезных свойств, специфический вкус и аромат, лемонграсс – пряность.

3. Готовый безалкогольный тонизирующий напиток содержит биологически активные вещества, эфиры, витамины групп В, Е, С, РР, А, минеральные вещества, микроэлементы, алкалоиды, биогенные амины и другие вещества.

4. Благодаря содержанию аскорбиновой кислоты, напиток стабилизирован и менее подвержен ферментативному окислению в процессе хранения.

Список источников

1. Безуглова А.А., Романенко Н.Ю. Исследования по хранимостепособности напитка тонизирующего назначения // Вестник молодежной науки. 2022. №1 (33). С. 1-7.

2. Бринчук Л.В. Стандарты на тонизирующие напитки // Методы оценки соответствия. 2009. № 1. С. 46-47.

3. Галут Н.В., Донченко Л.В., Васильев А.Н. Разработка способа получения тонизирующих функциональных пектиносодержащих напитков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 94. С. 422-450.

4. Ерицян К.Ю., Колпакова О.И. Современные подходы к изучению употребления энергетических напитков // Петербургская социология сегодня. 2017. №8. С. 137-149.

5. Кокина Ю.В. Слабоалкогольные тонизирующие напитки: состав, регламентируемый нормативным документом ГОСТ Р 52845-2007 // Сибирский торгово-экономический журнал. 2009. № 9. С. 126-129.

6. Котова Т.В., Разумов А.С., Позняковский В.М. Характеристика тонизирующего эффекта безалкогольных энергетических напитков // Ползуновский вестник. 2013. № 4. С. 127-131.
7. Крупин А.В. Тонизирующие напитки с ферментными препаратами // Молочная промышленность. 2009. № 10. С. 59-60.
8. Мырзагалиев А.К. Влияние на человека слабоалкогольных тонизирующих напитков // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2013. Т. 3. №2. С. 457.
9. Напитки безалкогольные тонизирующие. Общие технические условия: ГОСТ Р 52844-2007 / Москва: Издательство стандартов, 2018. 7 с.
10. Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л., Гернет М.В. Технология безалкогольных напитков // Учебник для вузов; под ред. Л. А. Оганесянц. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 297 с.
11. Разработка и исследование тонизирующего напитка на основе растительных экстрактов / А.В. Пантюхин, А.В. Крикова, Т.К. Бычкова, К.И. Пантюхина // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 9 (111). С. 97-100.
12. Рынок безалкогольных напитков: состояние и перспективы развития / Ю.Н. Клещевский, Л.В. Карташова, М.А. Николаева. О.А. Рязанова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2018. №4 (10). С. 86-94.
13. Тонизирующие напитки с функциональными свойствами / Н.В. Бабий, Е.Н. Соловьева, В.А. Помозова, Т.Ф. Киселева // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3 (30). С. 101-105.
14. Broughton D., Fairchild R.M., Morgan M.Z. A survey of sports drinks consumption among adolescents. *British Dental Journal*. 2016. Vol. 202. No. 12. Pp. 639-643.
15. Diel F., Khanferyan R. Sports and energy drinks. *Foods and Raw materials*. 2018. No. 2. Pp. 379-391.
16. Duchan E., Patel N.D., Feucht C. Energy Drinks: A Review of Use and Safety for Athletes. *Physician and Sportsmedicine*. 2010. Vol. 38. No. 2. Pp. 171-179.
17. Khanferyan R.A. Specialized sports and tonic drinks: pharmacology of the main components, safety. *Sports medicine: science and practice*. 2016. Vol. 6. No. 4. Pp. 61-66.
18. Khanferyan R.A. Tonic (energy) drinks: the main components, efficiency and safety. *Doctor*. 2016. No. 10. Pp. 72-75.
19. Larson N., Laska M.N., Story M., Neumark-Sztainer D. Sports and energy drink consumption are linked to health-risk behaviors among young adults. *Public health nutrition*. 2015. Vol. 18. No. 15. Pp. 2794-2803.
20. Mann M.J., Smith L.M., Kristjansson A.L. Energy drink consumption and sub-stance use risk in middle school students. *Preventive Medicine Reports*. 2016. No 3. Pp. 279-282.

References

1. Bezuglova A.A., Romanenko N. Yu. Research on the storage capacity of a tonic drink. *Bulletin of youth science*. 2022. No. 1 (33). Pp. 1-7.
2. Brinchuk L.V. Standards for tonic drinks. Methods of conformity assessment. 2009. No. 1. Pp. 46-47.
3. Galut N.V., Donchenko L.V., Vasiliev A.N. Development of a method for obtaining tonic functional pectin-containing drinks. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2013. No. 94. Pp. 422-450.
4. Yeritsyan K.Yu., Kolpakova O.I. Modern approaches to the study of the use of energy drinks. *Petersburg Sociology Today*. 2017. No. 8. Pp. 137-149.
5. Kokina Yu.V. Low-alcohol tonic drinks: composition regulated by the normative document State Standard R 52845 – 2007. *Siberian Trade and Economic Journal*. 2009. No. 9. Pp. 126-129.

6. Kotova T.V., Razumov A.S., Poznyakovsky V.M. Characteristics of the tonic effect of non-alcoholic energy drinks. *Polzunovskiy Bulletin*. 2013. No. 4. Pp. 127-131.
7. Krupin A.V. Tonic drinks with enzyme preparations. *Dairy industry*. 2009. No. 10. Pp. 59-60.
8. Myrzagaliev A.K. Effects of low-alcohol tonic drinks on a person. *Bulletin of medical Internet conferences*. 2013. Vol. 3. No. 2. Pp. 457.
9. Non-alcoholic tonic drinks. General specifications: State Standard R 52844 – 2007. Moscow: Standards Publishing House. 2018. 7 p.
10. Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Gernet M.V. Technology of soft drinks. Textbook for universities; ed. L.A. Oganesyants. St. Petersburg: Lan Publ. 2022. 297 p.
11. Development and research of a tonic drink based on plant extracts. A.V. Pantyukhin, A.V. Krikova, T.K. Bychkova, K.I. Pantyukhina. *International Scientific Research Journal*. 2021. No. 9 (111). Pp. 97-100.
12. Soft drinks market: state and development prospects. Yu.N. Kleshchevsky, L.V. Kartashova, M.A. Nikolaeva. O.A. Ryazanova. *Bulletin of the Kemerovo State University. Series: Political, sociological and economic sciences*. 2018. No. 4 (10). Pp. 86-94.
13. Tonic drinks with functional properties. N.V. Babiy, E.N. Solovieva, V.A. Pomozova, T.F. Kiseleva. *Technique and technology of food production*. 2013. No. 3 (30). Pp. 101-105.
14. Broughton D., Fairchild R.M., Morgan M.Z. A survey of sports drinks consumption among adolescents. *British Dental Journal*. 2016. Vol. 202. No. 12. Pp. 639-643.
15. Diel F., Khanferyan R. Sports and energy drinks. *Foods and Raw materials*. 2018. No. 2. Pp. 379-391.
16. Duchan E., Patel N.D., Feucht C. Energy Drinks: A Review of Use and Safety for Athletes. *Physician and Sportsmedicine*. 2010. Vol. 38. No. 2. Pp. 171-179.
17. Khanferyan R.A. Specialized sports and tonic drinks: pharmacology of the main components, safety. *Sports medicine: science and practice*. 2016. Vol. 6. No. 4. Pp. 61-66.
18. Khanferyan R.A. Tonic (energy) drinks: the main components, efficiency and safety. *Doctor*. 2016. No. 10. Pp. 72-75.
19. Larson N., Laska M.N., Story M., Neumark-Sztainer D. Sports and energy drink consumption are linked to health-risk behaviors among young adults. *Public health nutrition*. 2015. Vol. 18. No. 15. Pp. 2794-2803.
20. Mann M.J., Smith L.M., Kristjansson A.L. Energy drink consumption and substance use risk in middle school students. *Preventive Medicine Reports*. 2016. No 3. Pp. 279-282.

Информация об авторах

А.И. Ключников – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца;

Д.А. Казарцев – доктор технических наук, доцент, профессор, заведующий кафедрой технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца;

С.В. Жуковская – кандидат химических наук, доцент кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца;

М.В. Бабаева – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца.

Information about the authors

A.I. Klyuchnikov – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of winemaking technology, fermentation and chemistry named after. G.G. Agabalyants;

D.A. Kazartsev – doctor of technical sciences, associate professor, professor, head of the department of winemaking technology, fermentation and chemistry named after. G.G. Agabalyants;

S.V. Zhukovskaya – candidate of chemical sciences, associate professor of the department of technology of winemaking, fermentation and chemistry named after. G.G. Agabalyants;

M.V. Babayeva – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technology of winemaking, fermentation and chemistry named after. G.G. Agabalyants.

Научная статья

УДК 637.525.3

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-39-45

РАЗРАБОТКА СЕРИИ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ЦЕЛЬНОМЫШЕЧНЫХ МЯСНЫХ СНЕКОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Мокрецов Иван Валериевич^{1✉}, Левина Татьяна Юрьевна², Чалап Сергей Николаевич³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹mokretsov@mail.ru✉

²lyucheva.tatyana@mail.ru

³chalap76@mail.ru

Аннотация. В данной научной статье приведен краткий обзор рынка закусовых продуктов на основе мясного сырья (снеков). Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности пищевых продуктов на основе контроля показателей активности воды (a_w), активной кислотности (pH) и влажности (W). Проведены модельные эксперименты с использованием разных видов мясного сырья (свинина и мясо птицы). Представлены экспериментальные данные по исследованию физико-химических показателей модельных образцов. Разработаны рецептуры цельномышечных мясных снеков с использованием стартовых культур и лактулозы, обладающих высокой пищевой и биологической ценностью. Оптимизирован процесс сушки разработанных продуктов с учетом ограничений по физико-химическим показателям, экономической эффективности производства и получения оптимальных органолептических характеристик. В результате разработана технологическая схема производства снеков, приведены температурные параметры процессов посола и сушки. Даны рекомендации по продолжительности процесса сушки цельномышечных мясных снеков из разных видов мясного сырья, с учетом величины показателей a_w и pH, гарантирующих микробиологическую безопасность готовых продуктов. С целью повышения экономической эффективности производства, оптимизирован выход готовых мясных изделий при выполнении требований нормативных документов по содержанию влаги.

Ключевые слова: мясные снеки; ферментированные мясные продукты; физико-химические показатели; активность воды; массовая доля влаги; активная кислотность.

Для цитирования: Мокрецов И.В., Левина Т.Ю., Чалап С.Н. Разработка серии ферментированных цельномышечных мясных снеков на основе оценки физико-химических показателей // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №2(28). С. 39-45. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-39-45>.

Original article

DEVELOPMENT OF A SERIES OF FERMENTED WHOLE-MUSCLE MEAT SNACKS BASED ON THE ASSESSMENT OF PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS

Ivan V. Mokretsov^{1✉}, Tatjana Y. Levina², Sergey N. Chalap³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹mokretsov@mail.ru✉

²lyucheva.tatyana@mail.ru

³chalap76@mail.ru

Abstract. This scientific article provides a brief overview of the market of snack products based on meat raw materials (snacks). The issues of ensuring food safety on the basis of monitoring the indicators of water activity (a_w), active acidity (pH) and humidity (W) are considered. Model experiments were carried out using different types of meat raw materials (pork and poultry). Experimental data on the study of physi-

co-chemical parameters of model samples are presented. Recipes of whole-muscle meat snacks using starter cultures and lactulose with high nutritional and biological value have been developed. The drying process of the developed products has been optimized, taking into account the limitations on physical and chemical parameters, the economic efficiency of production and obtaining optimal organoleptic characteristics. As a result, a technological scheme for the production of snacks has been developed, the temperature parameters of the salting and drying processes are given. Recommendations are given on the duration of the drying process of whole-muscle meat snacks from different types of meat raw materials, taking into account the values of aw and pH indicators that guarantee the microbiological safety of finished products. In order to increase the economic efficiency of production, the output of finished meat products has been optimized when meeting the requirements of regulatory documents on moisture content.

Keywords: *meat snacks; fermented meat products; physico-chemical parameters; water activity; mass fraction of moisture; active acidity.*

For citation: *Mokretsov I.V., Levina T.Yu., Chalaya S.N. Development of a series of fermented whole-muscle meat snacks based on the assessment of physico-chemical indicators. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No.2(28). Pp. 39-45. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-39-45>.*

Введение

В настоящее время рынок мяса и мясной продукции в России находится под влиянием изменений в моделях поведения потребителей в плане выбора мясных продуктов. Как заявляют производители и отраслевые эксперты, продажи сместились в сторону охлажденных мясных полуфабрикатов, а также продуктов высокой степени готовности. Кроме того, позиции удерживают продукты для здорового питания, готовая еда и снеки, предназначенные для перекуса на ходу.

В целом растущая популярность продуктов, которые можно съесть на ходу, обусловлена ускорением темпа жизни и снеки из категории закусок стремительно переходят в категорию полноценных блюд. В среднесрочной перспективе эксперты предрекают снекам судьбу альтернативных приемов пищи [1,8].

Мясные снеки – это цельномышечные или фаршевые (формованные в оболочку) мясные продукты из мяса всех видов продуктивных животных и птицы [2]. По способу термической обработки снеки бывают сушеные, сыровяленые и сырокопченые. Важно то, что мясо в процессе производства снеков не подвергается высокотемпературной обработке, максимально сохраняя все полезные вещества (макро- и микроэлементы, витамины, незаменимые аминокислоты).

Технология позволяет производить продукт с высокой пищевой и биологической ценностью, приятным вкусом и ароматом. При этом снеки имеют длительный срок хранения и выгодно отличаются от обычной мясной продукции удобством потребления, что является преимуществом в путешествиях, походах, спорте, транспорте и на работе. Также можно рекомендовать данную продукцию для спасателей и военнослужащих [4,5,7].

Целью работы являлась разработка серии ферментированных цельномышечных мясных снеков на основе оценки физико-химических показателей (активность воды, активная кислотность, массовая доля влаги) и оптимизации технологии производства с учетом обеспечения микробиологической безопасности готовых продуктов и экономической эффективности производства.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись: основное сырье (свинная вырезка и куриная грудка), полуфабрикаты модельных образцов, выработанных по рецептурам согласно табл.1 (после посола, а также в процессе сушки). Процесс производства включал следующие технологические операции: подготовка сырья (обвалка, жиловка), подмораживание, нарезка, посол, сушка, упаковка.

В качестве основного сырья использовали свиную вырезку и куриную грудку. Подготовленное мясное сырье подмораживали при температуре -8°C , 3-4 часа. Затем на слайсере мясо нарезали на кусочки (ломтики) массой 10-15 гр., толщиной не более 3 мм.

Таблица 1. Рецептуры модельных образцов

Наименование сырья и материалов, на 100 кг	Норма закладки	
	Рецептура № 1	Рецептура № 2
Основное сырье, кг		
Свинина (вырезка)	100	-
Мясо птицы (куриная грудка)	-	100
Пряности и материалы, г		
Соль поваренная	2400	2400
Соль нитритная	1000	1000
Сахар песок	200	200
Лактулоза	100	100
Перец черный	100	100
Паприка молотая	100	-
Паприка копченая молотая	-	100
Бактериальный препарат «Пекельстарт»	60	60

Затем в мясное сырье вносили посолочные ингредиенты и пряности, на последнем этапе вносили бактериальный препарат (стартовые культуры), предварительно разведя его в минимальном количестве теплой воды температурой $25-30^{\circ}\text{C}$. Посол осуществляли в два этапа: первый этап – при температуре $15-18^{\circ}\text{C}$, 14 часов, второй этап – при температуре $0-4^{\circ}\text{C}$, 10 часов. Возможна интенсификация второго этапа посола при использовании маринатора – мясомассажера.

Сушку осуществляли в дегидраторе-сушилке при температуре 40°C . Продолжительность сушки устанавливали экспериментальным путем, оценивая физико-химические показатели образцов (массовая доля влаги, активность воды, активная кислотность) через каждый час. По завершению процесса сушки готовый продукт упаковывали под вакуумом (масса порции – 50 гр.), а затем в индивидуальную товарную упаковку.

Методы исследований. Массовую доли влаги (W, %) определяли на анализаторе МХ-50 (AnD, Япония) по стандартной методике при 180°C , активность воды (a_w): для сырья, модельных образцов после посола, а также после 1-2 часов сушки – на анализаторе АВК-10 (Вавиловский университет, Россия) [6]; для модельных образцов после 3-4 часов сушки – на гигроскопическом анализаторе HygroPalmAw (Rotronic, Швейцария), активную кислотность (рН) потенциометрическим методом посредством микропроцессорного рН-метра HI 213 (Hanna Instruments, Германия).

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований, обработанные методом математической статистики с использованием программы Excel, приведены в табл. 2.

Известно, что важнейшими «барьерами» для развития микроорганизмов в пищевых продуктах являются уровень активности воды и рН [3]. Согласно рекомендациям «Кодекса пищи» (Food Code), для обеспечения микробиологической безопасности мясных продуктов

типа снеков необходимо, чтобы выполнялось одно из двух условий: первое – когда $pH = 4,6-5,0$, тогда уровень активности воды не учитывается, и второе – $pH > 5,0$; $a_w < 0,88$. В свою очередь Министерство сельского хозяйства США устанавливает предельные значения активности воды для мясных продуктов указанного вида на уровне не более 0,85 [9].

С точки зрения получения оптимальных органолептических показателей, мы ориентировались на результаты исследований образцов сушеного мяса, приведенных в работе Р. Эссе и А. Сарри. Для получения оптимальной текстуры активность воды в мясных снеках должна быть выше 0,75 [9,10].

Таблица 2. Физико-химические показатели модельных образцов

Модельные образцы	W, %	a_w	pH
Рецептура № 1			
Сырье (свиная вырезка)	75,2±0,4	0,9867±0,004	6,24±0,01
Полуфабрикат (после посола)	71,8±0,5	0,9611±0,001	6,23±0,05
1 час сушки	68,2±0,6	0,9503±0,003	6,19±0,03
2 часа сушки	62,6±0,4	0,9300±0,003	6,18±0,02
3 часа сушки	39,6±0,5	0,7730±0,002	6,12±0,03
4 часа сушки	24,0±0,6	0,6570±0,006	6,11±0,02
Рецептура № 2			
Сырье (куриная грудка)	76,1±0,3	0,9835±0,003	6,26±0,01
Полуфабрикат (после посола)	72,4±0,3	0,9589±0,002	6,24±0,01
1 час сушки	69,0±0,7	0,9469±0,003	6,19±0,03
2 часа сушки	62,3±0,5	0,9390±0,002	6,18±0,03
3 часа сушки	43,8±0,5	0,8550±0,005	6,09±0,04
4 часа сушки	37,8±0,4	0,7800±0,003	6,09±0,03

Анализ результатов исследования, приведенных в табл. 2 показывает, что показатель активной кислотности не является «барьерным» для модельных образцов цельномышечных мясных снеков, так как его значение на всех этапах технологического процесса остается выше максимального уровня 5,0. Это объясняется использованием ускоренной технологии производства в части сокращения процесса посола. Для значительного снижения уровня pH нужен более длительный период ферментации.

Таким образом, обеспечение микробиологической безопасности готового продукта и экономическая эффективность производства достигается за счет контроля показателя активности воды и массовой доли влаги.

Анализируя физико-химические показатели продукта, выработанного по рецептуре № 1 (свиная вырезка), видно, что после 3 часов сушки в дегидраторе уровень активности воды составил 0,773 при влажности 39,6%.

Показатель активности воды лежит в оптимальном диапазоне с точки зрения обеспечения безопасности продукта ($a_w < 0,85$) и получения оптимальных органолептических свойств ($a_w > 0,75$).

После 4 часов сушки в дегидраторе уровень активности воды составил 0,657 при влажности 24,0%. Снижение показателей до таких значений негативно скажется как на текстуре продукта, так и на показателях экономической эффективности (выход продукта), что приведет к его значительному удорожанию.

Таким образом, можно сделать вывод, что сушку модельного образца, выработанного по рецептуре № 1, следует проводить в течение 3 часов.

Анализируя физико-химические показатели продукта, выработанного по рецептуре № 2 (куриная грудка), видно, что после 3 часов сушки в дегидраторе уровень активности воды составил 0,855 при влажности 43,8 %. В данном случае показатель активности воды имеет пороговое значение с точки зрения обеспечения безопасности продукта при хранении, что при повышенных значениях активной кислотности является неприемлемым.

После 4 часов сушки в дегидраторе уровень активности воды составил 0,78 при влажности 37,8%. В данном случае показатель активности воды лежит в оптимальном диапазоне, как с точки зрения безопасности, так и с точки зрения получения оптимальной текстуры продукта ($0,75 < a_w < 0,85$), при обеспечении должного выхода готового продукта.

В результате, можно сделать вывод, что сушку модельного образца, выработанного по рецептуре № 2, следует проводить в течение 4 часов.

Проведенные исследования позволили оптимизировать процесс сушки – важнейший этап производства цельномышечных мясных снеков, с учетом «барьерных» факторов безопасности и экономической эффективности. В результате разработана технологическая схема производства (рис.1).

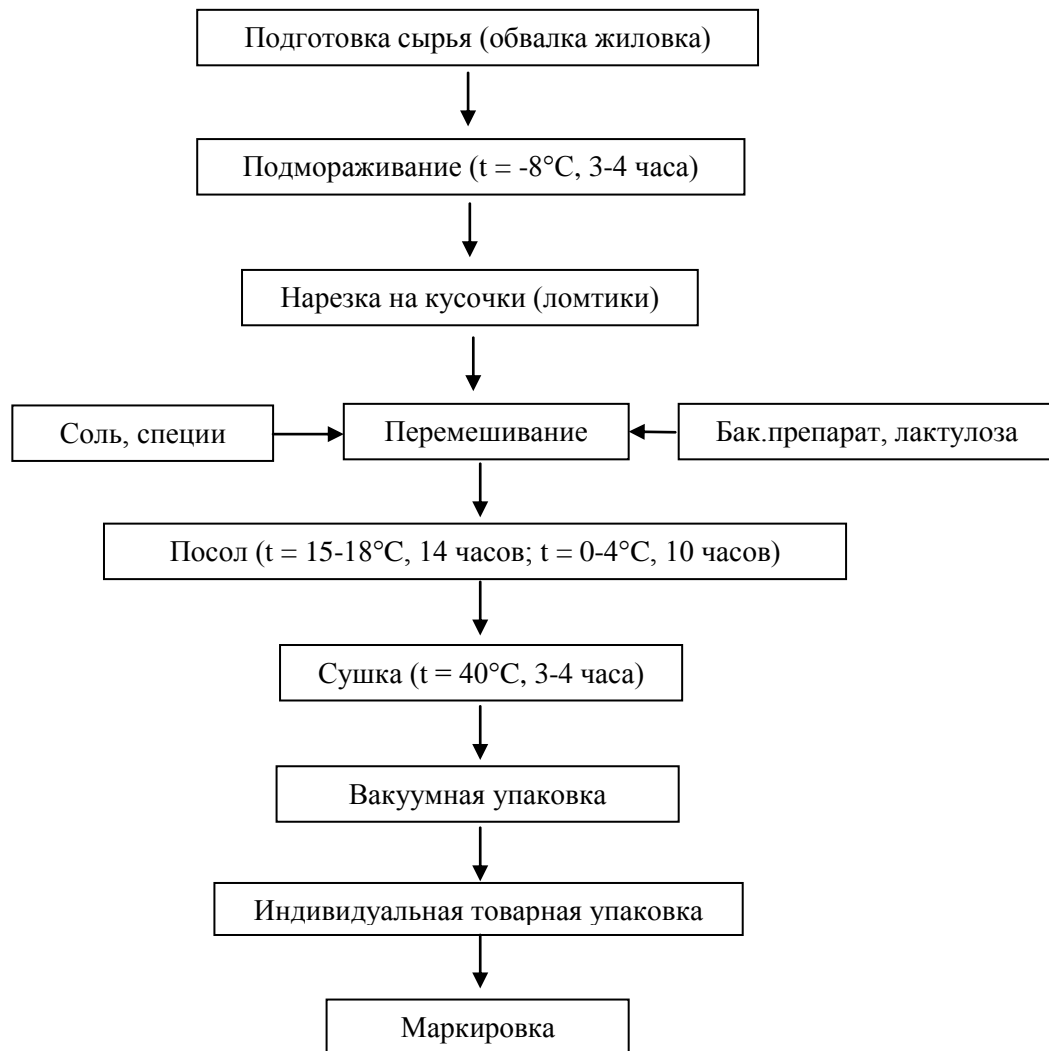


Рисунок 1. Технологическая схема производства мясных снеков

Выводы

1. В результате проведенных исследований разработаны рецептуры цельномышечных мясных снеков, оптимизирован процесс сушки с учетом ограничений по физико-химическим показателями и экономической эффективности производства.

2. В целях повышения биологической ценности продуктов, в рецептуры введены стартовые культуры, обладающие пробиотическими свойствами, а также пребиотик - лактулоза.

3. Экспериментально установлено, что сушку мясных снеков, выработанных по рецептуре № 1 (свиная вырезка), следует проводить в течение 3 часов (при условии нарезания мяса на кусочки (ломтики) толщиной не более 3 мм). По истечении 3 часов уровень активности

воды в продукте составляет 0,773 при влажности 39,6 %, что является оптимальным значением с точки зрения обеспечения безопасности и получения предпочтительных органолептических свойств готового продукта ($0,75 < 0,773 < 0,85$).

4. Сушку мясных снеков, выработанных по рецептуре № 2 (куриная грудка), следует проводить в течение 4 часов (при условии нарезания мяса на кусочки (ломтики) толщиной не более 3 мм). По истечении 4 часов уровень активности воды в продукте составляет 0,78 при влажности 37,8 %. Указанное значение является оптимальным с точки зрения обеспечения безопасности и получения требуемых органолептических свойств ($0,75 < 0,78 < 0,85$).

5. В разработанной линейке мясных снеков акцент сделан на питательность и натуральность, растущий спрос на богатые белком продукты, осознания потребителями заботы о своем здоровье.

Список источников

1. Абузаров Э.Д. Исследование мясных снеков // Актуальные проблемы технических наук: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа. 2015. С. 3-6.

2. Левина Т.Ю., Володина М.И., Катусов Д.Н. Разработка рецептуры и технологии производства мясных снеков из халяльной говядины // Уральский научный вестник. 2022. Т. 2. № 4. С. 41-44.

3. Ляйтнер Л., Гоулд Г. Барьерные технологии. Комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания. М.: ВНИИМП, 2006. 236 с.

4. Мокрецов И.В. Разработка технологии ферментированных колбас для специализированного питания: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ставрополь, 2013. 28 с.

5. Мокрецов И.В., Сидоров С. А., Землянова А. В. Совершенствование технологии ферментированных колбас // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. Книга 2. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. С. 272-273.

6. Патент на полезную модель 98246 РФ. Устройство для измерения активности воды в пищевых продуктах / Е.В. Фатьянов, А.К. Алейников, И.В. Мокрецов. 10.10.2010.

7. Разработка технологии мясных ферментированных формованных снеков / О.С. Фоменко, Е. В. Фатьянов, М. С. Баскаков, М. Д. Перваков // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции». Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 174-177.

8. Фатьянов Е.В., Сидоров С.А., Щербань В.В. Мясные снеки // Пища. Экология. Качество: труды XIV международной научно-практической конференции, Том II. Новосибирск: Издательский центр «Золотой колос», 2017. С. 317-321.

9. Фатьянов Е.В. и др. Исследование изменений физико-химических показателей при производстве мясных снеков / Е.В. Фатьянов, Ч.К. Авылов, А.К. Алейников, А.В. Евтеев, И.В. Мокрецов // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 116-120.

10. Эссе Р., Сарри А. Регулирование влагосодержания пищевых продуктов // Срок годности пищевых продуктов / под ред. Р. Стеле. СПб. 2006. С. 41-61.

References

1. Abuzyarov E.D. Research of meat snacks. Actual problems of technical sciences: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Ufa. 2015. Pp. 3-6.

2. Levina T.Y., Volodina M.I., Katusov D.N. Development of the formulation and technology of production of meat snacks from halal beef. Ural Scientific Bulletin. 2022. Vol. 2. No. 4. Pp. 41-44.

3. Leistner L., Gould G. Barrier technologies. Combined processing methods that ensure the stability, safety and quality of food. M.: VNIIMP, 2006. 236 p.

4. Mokretsov I.V. Development of technology of fermented sausages for specialized nutrition: abstract. dis. ... candidate of Technical Sciences. Stavropol, 2013. 28 p.
5. Mokretsov I.V., Sidorov S. A., Zemlyanova A. V. Improving the technology of fermented sausages. Agrarian science - agriculture: collection of materials of the XIII International scientific and practical conference. Book 2. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2018. Pp. 272-273.
6. Patent for utility model 98246 of the Russian Federation. Device for measuring water activity in food products. E.V. Fatyanov, A.K. Aleynikov, I.V. Mokretsov. 10.10.2010.
7. Development of the technology of meat fermented molded snacks. O.S. Fomenko, E.V. Fatyanov, M.S. Baskakov, M.D. Pervakov. Collection of articles of the International scientific and practical conference "Food technologies of the future: innovations in production and processing of agricultural products". Penza: Penza State Agrarian University, 2020. Pp. 174-177.
8. Fatyanov E.V., Sidorov S.A., Shcherban V.V. Meat snacks. Food. Ecology. Quality: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference, Volume II. Novosibirsk: Publishing Center "Zolotoy Kolos", 2017. Pp. 317-321.
9. Fatyanov E.V. et al. Investigation of changes in physico - chemical parameters in the production of meat snacks. E.V. Fatyanov, C.K. Avylov, A.K. Aleynikov, A.V. Evteev, I.V. Mokretsov. Agrarian scientific journal. 2022. No. 10. Pp. 116-120.
10. Essay R., Sarri A. Regulation of moisture content of food products. Shelf life food products. edited by R. Stele. St. Petersburg, 2006. Pp. 41-61.

Информация об авторах

И.В. Мокрецов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства»;

Т.Ю. Левина – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства»;

С.Н. Чалап – магистрант.

Information about the authors

I.V. Mokretsov – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Technology of production and processing of livestock products»;

T.Y. Levina – candidate of biological sciences, associate professor of the department «Technology of production and processing of livestock products»;

S.N. Chalap – master's student.

Научная статья

УДК 664.8.034:66-971

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-46-57

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО НАСЫЩЕНИЯ ПАРАМИ ПРЯНО-КОПТИЛЬНЫХ АРОМАТИЗАТОРОВ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шубкин Сергей Юрьевич^{1✉}, Мокренский Денис Николаевич²

^{1,2}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Россия

¹shubkin.92@mail.ru[✉]

²dmokrensky@mail.ru

Аннотация. В статье представлена методика эксергетического анализа энерготехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения. Представлены функциональные зависимости, которые позволяют учитывать уровень эффективности энергетического потенциала, способствующего выполнению полезной работы системы. Проведен термодинамический анализ эффективности энерготехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения, учитывая ее рабочие параметры, а также тепловые, материальные, энергетические и другие потоки. Произведенный расчет и наглядная интерпретация эксергетического баланса в виде диаграммы Грассмана-Шаргута потоков и потерь эксергии, позволили качественно оценить весь комплекс потерь эксергии в элементах установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения, в результате протекающих в ней как обратимых, так и необратимых процессов тепло- и массообмена. Установлено, что значение эксергетического КПД составило 6,9 %, что на 2,4 % выше, чем при использовании технологии-прототипа. Это свидетельствует о повышении степени термодинамического совершенства энерготехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: термодинамическая оценка, эксергетический анализ, пряно-копильные ароматизаторы, вакуумное насыщение, энергоэффективность.

Для цитирования: Шубкин С.Ю., Мокренский Д.Н. Термодинамическая оценка эффективности процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 46-57. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-46-57>.

Original article

THERMODYNAMIC EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF VACUUM SATURATION WITH VAPORS OF SPICY-SMOKY FLAVORS OF EXTRUDED FUNCTIONAL PRODUCTS

Sergey Yu. Shubkin^{1✉}, Denis N. Mokrenskiy²

^{1,2}Bunin Yelets State University, Yelets, Russia

¹shubkin.92@mail.ru[✉]

²dmokrensky@mail.ru

Abstract. The article presents a method of exergetic analysis of the energy-technological system of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded functional products. Functional dependencies are presented that allow taking into account the level of efficiency of the energy potential that contributes to the performance of useful work of the system. The thermodynamic analysis of the efficiency of the energy-technological system of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded functional

products, taking into account its operating parameters, as well as thermal, material, energy and other flows, is carried out. The calculation and visual interpretation of the exergetic balance in the form of a Grassman-Shargut diagram of flows and exergy losses made it possible to qualitatively assess the entire complex of exergy losses in the elements of the installation for carrying out the process of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded functional products, as a result of both reversible and irreversible heat and mass transfer processes occurring in it. It was found that the value of the exergetic efficiency was 6.9%, which is 2.4% higher than when using the prototype technology. This indicates an increase in the degree of thermodynamic perfection of the energy-technological system of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded functional products.

Keywords: thermodynamic evaluation, exergetic analysis, spicy-smoky flavors, vacuum saturation, energy efficiency.

For citation: Shubkin S.Yu., Mokrenskiy D.N. Thermodynamic evaluation of the efficiency of the process of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded functional products. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023. No. 2(28). Pp. 8-14. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-46-57>.

Введение

В настоящее время для исследований энергетических превращений в технических системах применяются два подхода [18, 20]. Первый подход связан с различными методами анализа прямых и обратных циклов [3, 17]. Второй подход опирается на использование термодинамических потенциалов для анализа процессов превращения энергии в различных системах [1, 6, 10, 12]. Данные подходы основаны на первом и втором законах термодинамики и позволяют найти связи между параметрами системы и энергетическими потоками, такими как количество теплоты и работа, а также некоторыми внутренними параметрами [5, 6, 18].

Существует несколько методов анализа прямых и обратных циклов, которые были подробно исследованы и активно используются [1, 7, 9]. Основываясь на первом и втором начале термодинамики, можно выявить связь между параметрами системы и внешними энергетическими потоками [5, 18]. Путем анализа энергетического баланса системы, в которой происходит исследуемый цикл, можно определить соответствующие коэффициенты, такие как термодинамический КПД, холодильный или тепловой коэффициенты, коэффициент трансформации и т.д. и сравнить их с коэффициентами идеальных циклов [8, 12].

Важным аспектом правильно выбранных термодинамических потенциалов является определение работы (например, механической или электрической) в различных условиях [16, 19]. С использованием этого свойства потенциалов можно оценить работоспособность потоков вещества и энергии в любой точке системы, независимо от ее типа, структуры и сложности [20].

Анализируя то, как используются энергетические ресурсы, можно выявить несколько вариантов совершенствования энергетической эффективности технологических процессов [7, 9, 10]. Перспективным методом оценки термодинамической эффективности энерготехнологических систем является эксергетический метод термодинамического анализа [10, 19]. Этот подход используется для изучения процессов, которые происходят при высоких температурах или при использовании систем охлаждения [1, 7, 17, 18]. Существует следующее отличие между понятиями эксергии и энергии: энергия является фундаментальным свойством материи, тогда как эксергия отражает возможность использования энергии в конкретных условиях окружающей среды [11].

В комплексных производствах имеет значение то, как проходит распределение расходов энергии или топлива между продуктами. Эксергетический метод позволяет обоснованно определить технический уровень различного оборудования по энергетическим, весовым и другим характеристикам [17, 18].

Эксергетический анализ направлен на определение эффективности системы с точки зрения второго закона термодинамики и выявление «узких мест» технологии, где наблюда-

ются основные потери эксергии, которые могут быть устранены для достижения энергосбережения [7, 11].

Цель исследования – провести оценку термодинамического совершенства энерготехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения путем эксергетического анализа.

Материалы и методы исследований

Исследования по оценке термодинамического совершенства энерготехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов проводились в 2022-2023 гг. на базе агропромышленного института Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина в научно-исследовательских лабораториях по изучению процессов и аппаратов пищевых производств, а также электрофизических методов обработки пищевых сред. Вакуумному насыщению парами пряно-копильных ароматизаторов подвергали экструдированные мясорастительные продукты. В состав продукта входили следующие компоненты – мука вигны, крупа манная, мясо индейки, порошкообразные молочно-овощные полуфабрикаты, полуфабрикат на желатиновой основе, соль поваренная, мускатный орех, перец красный молотый, перец душистый молотый, чеснок сушеный. Подробное описание рецептов экструдированных продуктов приведено в работах [13, 14].

Проведение исследований по изучению процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения осуществлялось в специальной установке (рис. 1), сведения о конструктивном исполнении которой, ее технических характеристиках и рациональных режимных параметрах подробно изложены в [15].

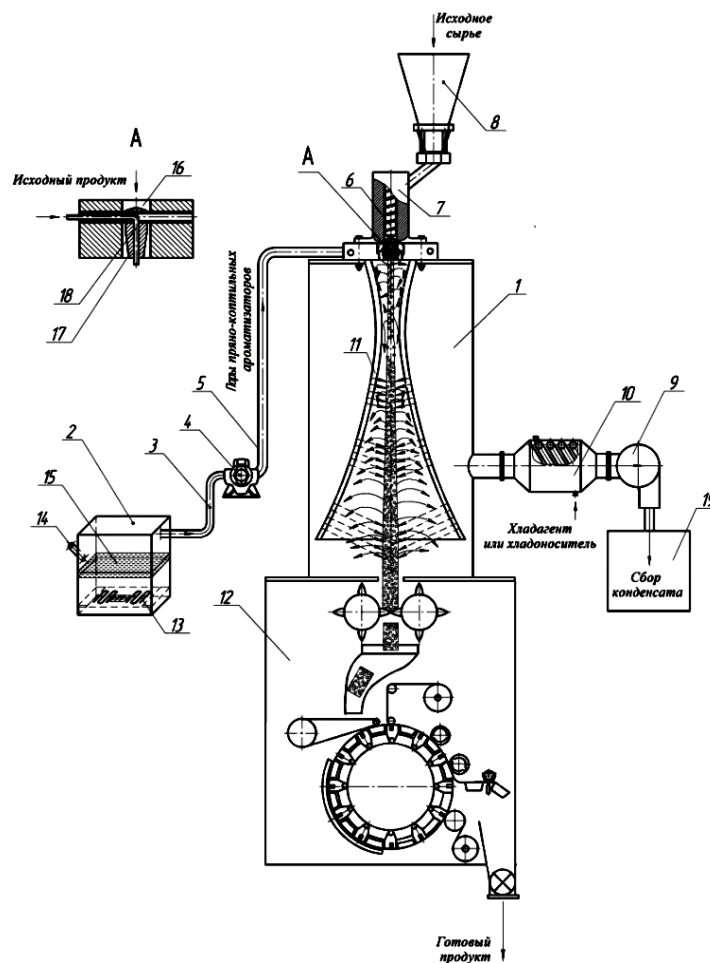


Рисунок 1. Принципиальная схема установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов

Путем экспериментально-статистического метода были найдены оптимальные параметры вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов, позволяющие получить готовый продукт высокого качества при заданных параметрах [13, 14]. В качестве субоптимальных интервалов изменения параметров были приняты: температура 38...43 °С и давление, создаваемое вакуум-насосом в трубопроводе, 45-50 кПа [14].

Для проведения анализа энергетических процессов использовались рекомендации из источников [3, 5, 14, 18], согласно которым теплотехнологическая система вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов (рис. 2) условно отделена от окружающей среды замкнутой контрольной поверхностью, а внутри неё с учетом теплообменных процессов выделен ряд контрольных поверхностей:

- I – парогенератор;
- II – подготовка копильных компонентов;
- III – зона формирования структуры продукта;
- IV – зона вакуумного насыщения продукта пряно-копильными компонентами;
- V – отвод копильной смеси.

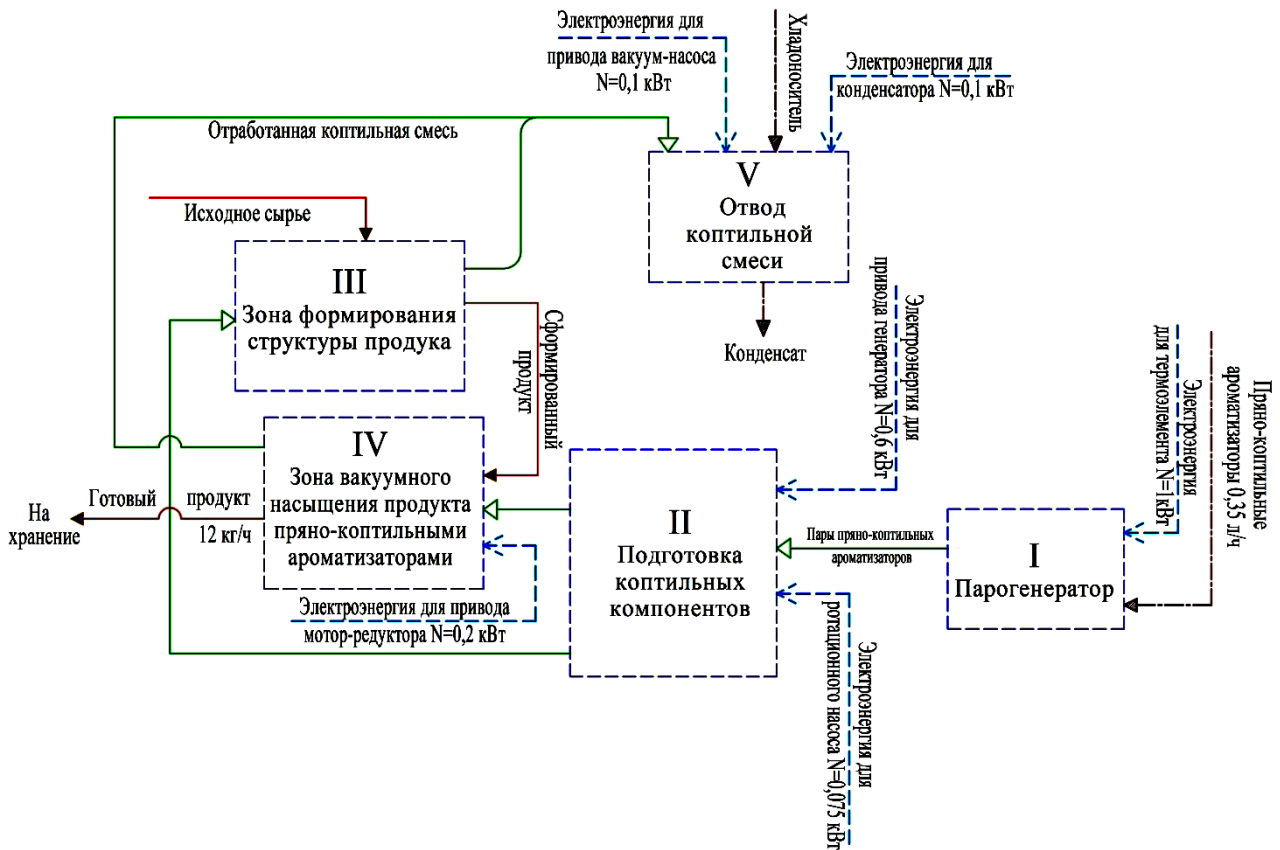


Рисунок 2. Схема обмена потоками между контрольными поверхностями теплотехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения:

- ▶— — сыпучие вещества; —▶— — жидкости; —▶— — газы; —▶— — электроэнергия;
- — — — — границы контрольных поверхностей; I-V — номера контрольных поверхностей

На рис. 2 представлена блок-схема обмена анализируемой установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов тепловыми, материальными и энергетическими потоками с внешней средой и внутри системы между контрольными поверхностями.

Результаты исследований и их обсуждение

Эксергетическим параметром анализируемой установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов (см. рис. 1) является эксергетическая мощность, учитывающая как энергию материальных, энергетических и тепловых потоков, так и расход вещества в потоке. В контрольных поверхностях системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов эксергетическая мощность уменьшается с течением времени, что обусловлено явлением диссипации тепловой энергии:

$$\sum E_3 = \sum E_2 + \sum D, \quad (1)$$

где $\sum E_2$ – суммарная эксергия подводимых к контрольной поверхности материальных и энергетических потоков;

$\sum E_3$ – суммарная эксергия отводимых от контрольной поверхности полезных материальных и энергетических потоков;

$\sum D = T_0 \cdot \Delta S$ – сумма эксергетических потерь (уравнение Гюи-Стодолы).

Соотношение (1) для рассматриваемой теплотехнологической системы приведено в следующем виде:

$$E_I^e + E_{III}^e + E_V^e + \sum E_i^e = E_{IV}^e + \sum D_i + \sum D_e, \quad (2)$$

где слагаемые этих уравнений – эксергия (кДж):

- пряно-копильных ароматизаторов E_I^e ;
- исходного сырья E_{III}^e ;
- хладоносителей E_V^e ;
- суммарной подводимой электроэнергии $\sum E_i^e$;
- готового продукта E_{IV}^e ;
- внутренние эксергетические потери $\sum D_i$;
- внешние эксергетические потери $\sum D_e$.

В соотношении (2) отражено изменение эксергии теплотехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов за счет ввода исходного сырья, пряно-копильных ароматизаторов, хладоносителя, подвода электроэнергии к термоэлементу, генератору аэродисперсной смеси и приводам оборудования; необратимых изменений структурно-механических свойств продукта, сопряженных с затратами электроэнергии на приводы технологического оборудования; покрытия потерь от необратимости процессов теплообмена в процессе парообразования и теплообмена между копильной смесью и продуктом; электромеханических потерь; компенсации потерь, обусловленных действием окружающей среды.

Эксергия вводимого в систему внешних потоков исходного сырья для получения функционального мясорастительного продукта и пряно-копильных ароматизаторов, находящегося в термодинамическом равновесии с окружающей средой, равна нулю.

В процессе нагрева сырья, получения и отвода копильных ароматизаторов в технологическом оборудовании их химическая эксергия постоянна, так как его состав в процессе переработки не претерпевает изменений [11, 17]. Поэтому учитывается только его удельная термическая эксергия, определяемая в соответствии с уравнением Гюи-Стодолы:

$$e_{э.к.} = e - e_0 = h - h_0 - T_0(S - S_0), \quad (3)$$

где e, e_0, h, h_0, S, S_0 – удельная термическая эксергия, кДж/кг; удельная энтальпия, кДж/кг; энтропия, кДж/(кг·К) потока при данных параметрах процесса и в состоянии равновесия с окружающей средой.

Данные по теплофизическим свойствам коптильной смеси, хладоносителя, конденсата, сырья и продуктов взяты из справочной литературы [2, 4, 5].

Исследовали влияние на систему внутренних D^i и внешних D^e эксергетических потерь. В суммарное количество внутренних эксергетических потерь входят потери от конечной разности температур в результате теплообмена между сырьем, сырьем и вспомогательными потоками (нагретые или охлажденные вода и воздух); электромеханические, возникающие при необратимом изменении структурно-механических свойств продукта, и гидравлические потери, обусловленные внезапным увеличением удельного объема коптильной смеси при её поступлении в коптильную камеру, вакуум-насос и т.д.

Потери, обусловленные конечной разностью температур между потоками, определяли по формуле:

$$D^{mo} = Q^{mo} \cdot \bar{\tau}_e, \quad (4)$$

где Q^{mo} – количество теплоты, переданное от одного потока к другому, кДж;

$\bar{\tau}_e$ – среднее значение фактора Карно для двух взаимодействующих потоков.

Фактор Карно или эксергетическая температурная функция равна термическому КПД цикла Карно между температурами контрольной поверхности и условно принятой окружающей среды:

$$\tau_e = (T_{kn} - T_0) / T_{kn}, \quad (5)$$

где T_{kn} – температура теплоносителя внутри контрольной поверхности, К.

Эксергетические потери вследствие падения давления дымовоздушной смеси при её подаче в контрольную поверхность определяли по формуле:

$$D^c = g \cdot \Delta H_z \cdot \frac{T_{kn}}{T_{ex}}, \quad (6)$$

где T_{ex} – температура воздуха на входе в контрольную поверхность, К;

ΔH_z – гидравлические потери, м.

По формуле Дарси-Вейсбаха [2, 4, 5, 12] найдены гидравлические потери при входе теплоносителя в контрольную поверхность:

$$\Delta H_z = \xi \cdot \frac{v_{ex}^2}{2g}, \quad (7)$$

где v_{ex} – средняя скорость прохождения воздуха по сечению подводящего трубопровода, м/с;

ξ – коэффициент сопротивления, определяемый отношением внутреннего объема оборудования, рассматриваемого в качестве контрольной поверхности к поперечному сечению входного отверстия.

Электромеханические потери эксергии тождественны мощности приводов технологического оборудования, используемого в процессе обработки сырья и промежуточных продуктов.

Внешние потери D^e связаны с условиями сопряжения системы с окружающей средой. Они обусловлены различием температур дымовоздушной смеси и окружающей среды, несовершенством теплоизоляции оборудования.

Потери эксергии в окружающую среду, обусловленные несовершенством теплоизоляции, были найдены по формуле:

$$D^e = Q_{из} \cdot \tau_e, \quad (8)$$

где $Q_{из}$ – суммарные потери тепла в окружающую среду через контрольную поверхность, кДж;

τ_e – фактор Карно.

Эксергетические потери копчёного продукта при его выгрузке из оборудования при достижении термодинамического равновесия с окружающей средой были вычислены по следующей формуле:

$$D_{np} = h_{np} - h_{np}^0 - T_0 \cdot \bar{c} \cdot \ln \frac{T_{np}}{T_{np}^0}, \quad (9)$$

где h_{np} , T_{np} – энтальпия, кДж/кг и температура К, готового продукта;

\bar{c} – средняя удельная теплоемкость продукта между его текущим состоянием в момент выгрузки и в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой, кДж/(кг·К).

Оценку термодинамического совершенства теплотехнологической системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов проводили по формуле:

$$\eta_{экс} = \frac{\sum_{k=1}^l e_i^3}{\sum_{i=1}^n e_i^3} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^3 - \sum_{j=1}^m D_j}{\sum_{i=1}^n e_i^3}, \quad (10)$$

где $\sum_{k=1}^l e_i^3$ – суммарная удельная эксергия готового продукта, кДж/кг;

$\sum_{i=1}^n e_i^3$ – суммарная затраченная удельная эксергия (подведенная в систему извне), кДж/кг;

$\sum_{j=1}^m D_j$ – суммарные эксергетические потери, кДж/кг.

На основе расчета по формулам (5–9), потоков эксергии, внутренних и внешних эксергетических потерь был составлен эксергетический баланс теплотехнологической системы (табл. 2). Графически эксергетический баланс выполнен в виде диаграммы Грассмана-Шаргута (рис. 4). Обозначение потоков на рис. 2 дано в табл. 1.

Таблица 1. Обозначения потоков на диаграмме Грассмана-Шаргута процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения

Позиция на диаграмме	Наименование потока	Контрольная поверхность	
		отдающая	принимающая
1	Исходный продукт	–	III
2	Сформированный продукт	III	IV
3	Готовый продукт	IV	–
4	Пряно-копильные ароматизаторы	–	I
5	Пары пряно-копильных ароматизаторов (исходная смесь)	I	II
6	Копильные компоненты подготовленные (в зону вакуумного насыщения продукта пряно-копильными компонентами)	II	IV
7	Копильные компоненты подготовленные (в зону формирования структуры продукта)	II	III

8	Коптильная смесь отработанная (из зоны формирования структуры продукта)	III	–
9	Коптильная смесь отработанная (из зоны вакуумного насыщения продукта пряно-копильными компонентами)	IV	–
10	Коптильная смесь отработанная (объединенный поток)	–	V
11	Коптильная смесь сконденсированная	V	–
12	Хладоноситель	–	V
13	Электроэнергия для термоэлемента	–	I
14	Электроэнергия для генератора аэродисперсной смеси	–	II
15	Электроэнергия для привода ротационного насоса	–	II
16	Электроэнергия для привода мотор-редуктора	–	IV
17	Электроэнергия для привода конденсатора	–	V
18	Электроэнергия для привода вакуум-насоса	–	V

Таблица 2. Эксергетический баланс установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения

№ п/п	Наименование контрольной поверхности	Абсолютная эксергетическая мощность E, кДж/ч	Относительная эксергетическая мощность, %
I. Парогенератор			
Приход			
1	Пряно-копильные ароматизаторы	0,0	0,0
2	Электроэнергия для термоэлемента	2400,0	34,5
Суммарная эксергия, подводимая к контрольной поверхности		3600,0	2400,0
Расход			
3	Внутренние эксергетические потери	1635,4	23,5
4	Внешние эксергетические потери	655,6	9,4
Суммарная эксергия, отводимая от контрольной поверхности		3495,0	2291,0
II. Подготовка копильных компонентов			
Приход			
1	Электроэнергия для привода ротационного насоса	220,0	3,2
2	Электроэнергия для генератора аэродисперсной системы	3016,0	43,4
Суммарная эксергия, подводимая к контрольной поверхности		5586,0	3236,0
Расход			
3	Внутренние эксергетические потери	2129,7	30,6
4	Внешние эксергетические потери	659,2	9,5
Суммарная эксергия, отводимая от контрольной поверхности		5133,1	2788,9
III. Зона формирования структуры продукта			
Приход			
1	Исходный продукт	0,0	0,0
Суммарная эксергия, подводимая к контрольной поверхности		0,0	0,0
Расход			
1	Внутренние эксергетические потери	49,6	0,5
2	Внешние эксергетические потери	0,0	0,0
Суммарная эксергия, отводимая от контрольной поверхности			

IV. Зона вакуумного насыщения продукта пряно-копильными компонентами			
Приход			
1	Электроэнергия для привода мотор-редуктора	520,0	7,5
Суммарная эксергия, подводимая к контрольной поверхности		520,0	7,5
Расход			
2	Готовый продукт	481,3	6,9
3	Внутренние эксергетические потери	438,1	6,3
4	Внешние эксергетические потери	88,1	1,3
Суммарная эксергия, отводимая от контрольной поверхности		1007,5	14,5
V. Отвод копильной смеси			
Приход			
1	Электроэнергия для конденсатора	320,0	4,6
2	Электроэнергия для привода рециркуляционного насоса	320,0	4,6
3	Хладоноситель	159,0	2,3
Суммарная эксергия, подводимая к контрольной поверхности		799,0	11,5
Расход			
4	Внутренние эксергетические потери	795,9	11,4
5	Внешние эксергетические потери	22,1	0,3
Суммарная эксергия, отводимая от контрольной поверхности		818,0	11,8
Общий подвод		6955,0	100,0
Общий отвод		6955,0	100,0

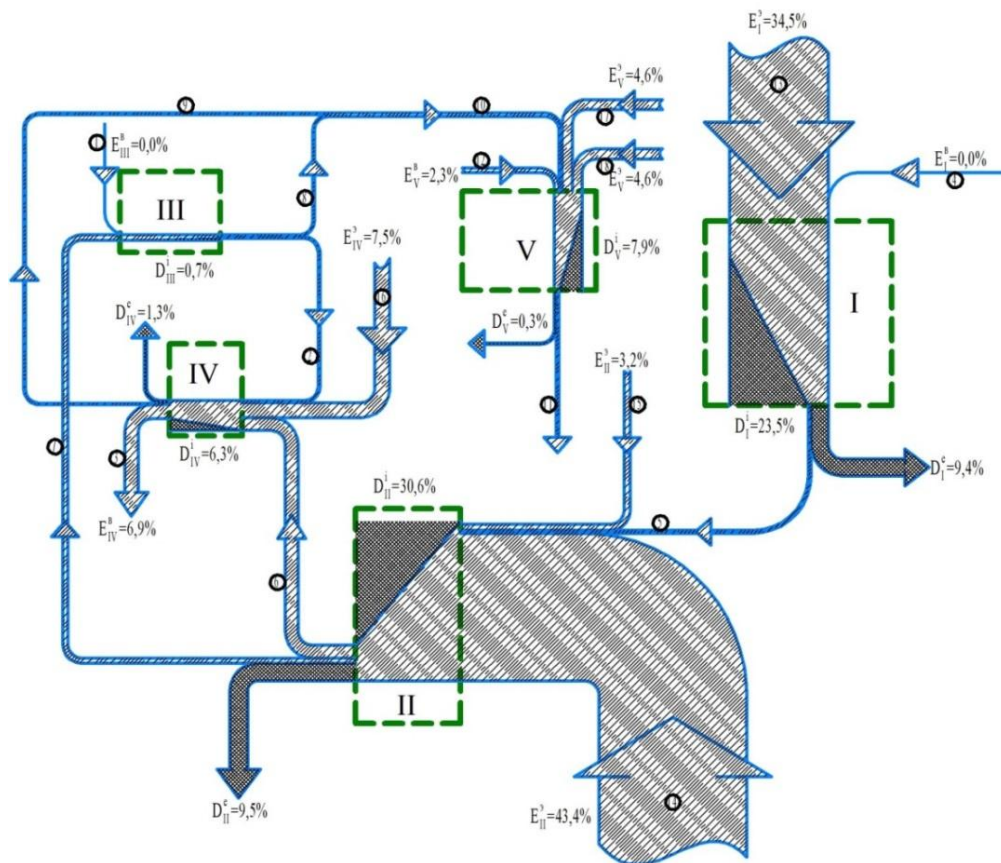


Рисунок 3. Диаграмма Грассмана-Шаргута для исследуемой системы вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения: I-V – номера контрольных поверхностей

Выводы

1. В рамках исследования были изучены потоки эксергии в линии установки для вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов функционального назначения. Было установлено, что расход эксергии на электромеханические потери равен мощности, потребляемой приводами технологического оборудования, используемого при обработке сырья и промежуточных продуктов. Внешние потери эксергии связаны с условиями сопряжения системы с окружающей средой. Причинами таких потерь является разница температур между копильной смесью и окружающей средой, а также недостаточная теплоизоляция оборудования.

2. В результате проведенной термодинамической оценки эффективности процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов методом эксергетического анализа выявлено, что значение эксергетического КПД, полученного по формуле (10), составило 6,9 %, что на 2,4 % выше, чем при использовании технологии-прототипа [11]. Это свидетельствует о повышении степени термодинамического совершенства теплотехнологической линии вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов.

Список источников

1. Ангелюк В.П., Скотников Д.А., Шибанова Е.А. Эксергетический анализ процесса стерилизации // Аграрный научный журнал. 2014. № 10. С. 43-45.
2. Богословский С.В. Физические свойства газов и жидкостей. СПб.: СПбГУАП, 2001. 73 с.
3. Вент Д.П., Ляшенко А.И., Соболев А.В. Управление процессом теплообмена на основе эксергетического анализа // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. 2011. Т. 13, № 1. С. 93-99.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн. Москва: Химия, 1981. 812 с.
5. Гинзбург А.С., Савина И.М. Массообменные характеристики пищевых продуктов // Москва: Пищевая промышленность, 1982. 280 с.
6. Задоянный А.В., Евдокименко Ю.Н. Углубленный эксергетический анализ основных психрометрических процессов в системах кондиционирования воздуха // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2020. № 16. С. 71-75.
7. Конструктивные особенности установки для обезвоживания мелкодисперсных сыпучих продуктов в активном гидродинамическом режиме и ее эксергетический анализ / А.А. Малибеков, С.В. Шахов, И.А. Глотова, П.В. Груздов // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3-4. С. 66-70.
8. Михеев П.Ю., Тананаев А.В. Методика эксергетического анализа жизненных циклов энергетических объектов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2012. № 1-2 (147). С. 70-77.
9. Морозюк Т.В. Новый этап в развитии эксергетического анализа // Холодильная техника и технология. 2014. Т. 50. № 4. С. 13-17.
10. Рубан Н.В., Кульнева Н. Г., Журавлев М.В. Обоснование энергетической эффективности технологии термохимической подготовки свекловичной стружки к экстрагированию сахарозы с помощью эксергетических методов анализа // Health, Food & Biotechnology. 2019. Т. 1. № 3. С. 69-83.
11. Термодинамическая оценка эффективности процесса электростатического копчения мелкокусковых рыбопродуктов в пересыпающемся слое / С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев, С.В. Елецких, И.Н. Сухарев // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 4. С. 168-179.

12. Шадрина Е.М., Углов А.С. Эксергетический анализ процесса ректификации бинарной смеси // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2011. Т. 54. № 8. С. 102-104.
13. Шубкин С.Ю. Исследование свойств экструдированных мясорастительных продуктов и процесса их вакуумного насыщения бездымными пряно-копильными ароматизаторами // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 3. С. 243-253.
14. Шубкин С.Ю., Бунеев С.С. Оптимизация процесса получения экструдированных продуктов функционального назначения с добавлением бездымных пряно-копильных ароматизаторов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2022. № 4(26). С. 41-47.
15. Шубкин С.Ю., Шахов С.В. Разработка установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных продуктов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2022. № 4(26). С. 95-101.
16. Шурак А.А., Шагарова А.А. Оценка энергоэффективности сушилок на основе эксергетического анализа // Булатовские чтения. 2020. Т. 5. С. 330-334.
17. Эксергетический анализ вакуум-сублимационной установки / В.Е. Добромиров, С.В. Шахов, Т.И. Некрылова, С.А. Бокадаров // Вестник Международной академии холода. 2011. № 4. С. 46-48.
18. Эксергетический анализ концентрирующей вымораживающей установки / С.Т. Антипов, В.Ю. Овсянников, Я.И. Кондратьева, А.А. Корчинский // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 78-83.
19. Юшкова Е.А. Эксергетический метод анализа теплоэнергетических систем // Достижения вузовской науки: сб. матер. XXX Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 82-86.
20. Exergetic analysis of the technological line preparing of triticale grain for grinding. A. V. Drannikov, A. A. Shevtsov, L. I. Lytkina [et al.]. Modern Science and Innovations. 2022. No. 1(37). Pp. 44-54.

References

1. Angelyuk V.P., Skotnikov D.A., Shibanova E.A. Exergetic analysis of the sterilization process. Agrarian Scientific journal. 2014. No. 10. Pp. 43-45.
2. Bogoslovsky S.V. Physical properties of gases and liquids. St. Petersburg: SPbGUAP, 2001. 73 p.
3. Vent D.P., Lyashenko A.I., Sobolev A.V. Heat transfer process control based on exergetic analysis. Bulletin of the International Academy of Systems Research. Computer science, ecology, economics. 2011. Vol. 13. No. 1. Pp. 93-99.
4. Gelperin N.I. Basic processes and apparatuses of chemical technology. In 2 books. Moscow: Chemistry, 1981. 812 p.
5. Ginzburg A. S., Savina I. M. Mass-exchange characteristics of food products. Moscow: Food industry, 1982. 280 p.
6. Zadoyanny A.V., Evdokimenko Yu.N. In-depth exergetic analysis of the main psychrometric processes in air conditioning systems. Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied sciences. 2020. No. 16. Pp. 71-75.
7. Design features of an installation for dewatering fine bulk products in an active hydrodynamic mode and its exergetic analysis. A.A. Malibekov, S.V. Shakhov, I.A. Glotova, P.V. Gruzlov. Scientific Review. Pedagogical sciences. 2019. No. 3-4, Pp. 66-70.
8. Mikheev P.Yu., Tananaev A.V. Methodology of exergetic analysis of life cycles of energy facilities. Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. 2012. No. 1-2 (147). Pp. 70-77.
9. Morozyuk T.V. A new stage in the development of exergetic analysis. Refrigeration technology and technology. 2014. Vol. 50. No. 4, Pp. 13-17.

10. Ruban N.V., Kulneva N. G., Zhuravlev M.V. Substantiation of the energy efficiency of the technology of thermochemical preparation of beet chips for sucrose extraction using exergetic analysis methods. *Health, Food & Biotechnology*. 2019. Vol. 1. No. 3. Pp. 69-83.
11. Thermodynamic evaluation of the efficiency of the process of electrostatic smoking of small-scale fish products in the interstitial layer. S. Y. Shubkin, S. S. Buneev, S. V. Yeletskikh, I. N. Sukharev. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*. 2021. No. 4. Pp. 168-179.
12. Shadrina E.M., Uglov A.S. Exergetic analysis of the process of rectification of a binary mixture. *Izvestiya of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology*. 2011. Vol. 54. No. 8. Pp. 102-104.
13. Shubkin S. Yu. Investigation of the properties of extruded meat and vegetable products and the process of their vacuum saturation with smokeless spicy-smoky flavors. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*. 2022. No. 3. Pp. 243-253.
14. Shubkin S.Yu., Buneev S.S. Optimization of the process of obtaining extruded functional products with the addition of smokeless spicy-smoky flavors. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2022. No. 4(26). Pp. 41-47.
15. Shubkin S.Yu., Shakhov S.V. Development of an installation for carrying out the process of vacuum saturation with vapors of spicy-smoky flavors of extruded products. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2022. No. 4(26). Pp. 95-101.
16. Shurak A.A., Shagarova A.A. Evaluation of the energy efficiency of dryers based on exergetic analysis. *Bulatovskie readings*. 2020. Vol. 5. Pp. 330-334.
17. Exergetic analysis of a vacuum-sublimation installation. V.E. Dobromirov, S.V. Shakhov, T.I. Nekrylova, S.A. Bokadarov. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2011. No. 4. Pp. 46-48.
18. Exergetic analysis of a concentrating freezing plant. S.T. Antipov, V.Y. Ovsyannikov, Ya.I. Kondratieva, A.A. Korchinsky. *Bulletin of the International Academy of Cold*. 2017. No. 2. Pp. 78-83.
19. Yushkova E.A. Exergetic method of analysis of thermal power systems // *Achievements of university science: Collection of materials of the XXX International Scientific and Practical Conference*. 2017. Pp. 82-86.
20. Exergetic analysis of the technological line preparing of triticale grain for grinding. A. V. Drannikov, A. A. Shevtsov, L. I. Lytkina [et al.]. *Modern Science and Innovations*. 2022. No. 1(37). Pp. 44-54.

Информация об авторах

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии;

Д.Н. Мокренский – обучающийся агропромышленного института.

Information about the authors

S.Yu. Shubkin – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technological processes in mechanical engineering and agroengineering;

D.N. Mokrenskiy – student of the agro-industrial institute.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант № МК-2213.2022.4).

Научная статья

УДК 637.146: 636.2

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-58-65

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЯЖЕНКИ ИЗ МОЛОКА КОРОВ КРАСНО-ПЁСТРОЙ И ЧЁРНО-ПЁСТРОЙ ПОРОД

Щегольков Николай Федорович¹, Захаров Вячеслав Леонидович^{2✉},
Волохов Иван Михайлович³, Нальвадаев Николай Яковлевич⁴

^{1,3,4}ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Липецк,
Россия

²ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», Елец, Россия

¹nikfed50@bk.ru

²zaxarov7979@mail.ru✉

⁴nikolai16111962@mail.ru

Аннотация. Исследования проводились на территории Липецкой области с целью сравнительной оценки качества ряженки, изготовленной из нативного молока крупного рогатого скота разных пород. Объектом исследования являлось молоко вечернего удоя от двух пород коров: чёрно-пёстрой и красно-пёстрой. Более жирным, богатым белком и сухим обезжиренным молочным остатком было молоко коров красно-пёстрой породы. Сычужная проба молока животных обеих пород составила менее 15 минут, что указывает на ее хорошую свёртываемость. Согласно редуктазной пробе молоко обеих пород имело удовлетворительное качество, относилось ко II классу и содержало бактерий от 500 тыс. до 4 млн. КОЕ в 1 мл. Через 4 дня хранения при температуре +4 °С ряженка из молока чёрно-пёстрой породы коров была сравнительно более кислой и жидкой, чем из молока животных красно-пёстрой породы. В ряженке из молока обеих пород коров не обнаружено появления палочковидных патогенных бактерий, срок хранения при температуре +4 °С составил 14 дней. Породные особенности крупного рогатого скота оказали непосредственное влияние как на физико-химический состав молока, так и на его технологические свойства и качество выработанного из него кисломолочного продукта.

Ключевые слова: жирность молока, породы коров, кислотность ряженки, сухой обезжиренный молочный остаток.

Для цитирования: Сравнительная оценка качества ряженки из молока коров красно-пёстрой и чёрно-пёстрой пород / Н.Ф. Щегольков, В.Л. Захаров, И.М. Волохов, Н.Я. Нальвадаев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 58-65. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-58-65>.

Original article

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF FERMENTED BAKED MILK FROM RED-MOTTLED AND BLACK-MOTTLED COWS

Nikolaj F. Shchegol'kov¹, Vyacheslav L. Zakharov^{2✉},
Ivan M. Volokhov³, Nikolaj Ya. Nal'vadaev⁴

^{1,3,4}All-Russian Research Institute of Breeding, Lipetsk, Russia

²Bunin Yelets State University, Yelets, Russia

¹nikfed50@bk.ru

²zaxarov7979@mail.ru✉

⁴nikolai16111962@mail.ru

Abstract. The research was carried out on the territory of the Lipetsk region in order to compare the quality of fermented baked milk made from native milk of cattle of different breeds. The object of the study was evening milk from two breeds of cows: black-mottled and red-mottled. The milk of red-mottled cows was

more fatty, rich in protein and skimmed milk residue. The rennet sample of milk from animals of both breeds was less than 15 minutes, which indicates its good coagulability. According to the reductase test, the milk of both breeds was of satisfactory quality, belonged to Class II and contained bacteria from 500 thousand to 4 million. CFU in 1 ml. After 4 days of storage at a temperature of + 4 oC, the fermented milk from the milk of the black-mottled breed of cows was comparatively more acidic and liquid than from the milk of animals of the red-mottled breed. The appearance of rod-shaped pathogenic bacteria was not detected in ryazhenka from the milk of both breeds of cows, the shelf life at a temperature of +4 oC was 14 days. The breed characteristics of cattle had a direct impact on both the physico-chemical composition of milk and its technological properties and the quality of the fermented milk product produced from it.

Keywords: fat content of milk, breeds of cows, acidity of fermented baked milk, dry skimmed milk residue.

For citation: Comparative assessment of the quality of fermented baked milk from red-mottled and black-mottled cows. N.F. Shchegol'kov, V.L. Zakharov, I.M. Volokhov, N.Ya. Nal'vadaev. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023. No. 2(28). Pp. 58-65. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-58-65>.

Введение

Наиболее важными показателями качества ряженки остаются органолептические и микробиологические [2]. При производстве ряженки топление рекомендуется проводить при температуре 99°C [1]. Были получены результаты исследований по влиянию режима термической обработки и биологически активной добавки «Лактусан» на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества ряженки. Изучено влияние различных доз йодированного казеинового белка и заквасочной культуры LAT BY T на качество ряженки. Определена оптимальная доза внесения йодированного казеинового белка и заквасочной культуры LAT BY T [13]. В осенне-зимний период молоко менее биологически активно, поэтому для усиления процесса сквашивания увеличивают температуру 20°C, масса вносимой закваски, соответственно 3,5 и 3%, её кислотность в осенне-зимний период 85 °Т, а в весенне-летний 76°Т [18]. В зависимости от производителя кислотность ряженки может колебаться от 76 до 81°Т [14]. От производителей также зависят и вкусовые качества ряженки [12]. В процессе хранения ряженки в холодильниках содержание молочнокислых бактерий может снижаться с $58,2 \times 10^7$ КОЕ до $24,7 \times 10^7$ КОЕ [20]. Установлено, что за счёт использования высококачественной закваски с бифидобактериями (например, «Good Food») продолжительность сквашивания ряженки можно сократить в 2 раза [16]. Повышается качество ряженки и при введении в рецептуру биодобавки «Люцевит» [19]. Из литературных источников известно, что порода коров является основополагающим фактором, оказывающим непосредственное влияние, как на физико-химический состав молока, так и на качество молочных продуктов, получаемых из этого молока [11, 15, 17, 21].

Материалы и методы исследований

Объектом нашего исследования было молоко вечернего удоя от двух пород крупного рогатого скота (чёрно-пёстрой и красно-пёстрой). Исследования проводились на базе лаборатории кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

Очищенное от механических загрязнений молоко было проанализировано по основным показателям теххимического контроля: кислотность – титриметрическим методом [8], плотность – ареометрическим методом [7], жирность – бутирометрическим методом [5], количество соматических клеток – вискозиметрическим методом на анализаторе молока «Соматос мини» [10], pH – ионометрическим методом [4] на pH-метре-иономере «Эксперт-001», содержание органических кислот в пересчёте на молочную – титриметрическим методом [3], редуцатная проба – с 5% раствором сульфата меди, сычужная проба – с 1% раствором микробиального препарата «meito» [6]. Содержание в молоке белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), жира и плотности определяли на анализаторе молока «Клевер-2».

За истинное значение брали среднее арифметическое между данными, полученными химическими анализами и экспресс-анализом.

Молоко пастеризовали 25 минут при температуре 60 °С в стеклянных емкостях объемом по 0,5 л. После его охлаждения до температуры 37 °С в него вносили в качестве закваски ряженку фирмы «Лебедянь молоко» жирностью 4%, произведенную по ГОСТу 31455-2012 [9]. Содержание белка в используемой ряженке было 3%, углеводов 4,2%. После тщательного перемешивания смеси её ставили на сутки в термостат при температуре 37 °С. Плотность готовых вариантов ряженки определяли в мерных стаканах объёмно-весовым методом, кислотность [8] и содержание органических кислот – титриметрическим, а рН – ионометрическим методом [4]. При определении содержания органических кислот делали пересчёт на молочную кислоту [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Молоко, полученное от коров разных пород по кислотности, рН и плотности не различалось (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические свойства молока разных пород КРС

Порода КРС	Кислотность, °Т	рН	Жир, %	Белок, %	Плотность, г/см ³	СОМО, %
чёрно-пёстрая	22	6,6	3,5	3,4	1,03	8,8
красно-пёстрая	22	6,6	4,4	3,6	1,03	9,0

Однако более высоким по содержанию жира, белка и сухого обезжиренного молочного остатка было молоко животных красно-пёстрой породы по сравнению с молоком черно-пестрых. Сычужная проба молока коров обеих пород составила менее 15 минут, что указывает на ее хорошую свёртываемость. Согласно показаниям редуктазной пробы молоко обеих пород имело удовлетворительное качество, относилось к 2 классу и содержало от 500 тыс. до 4 млн. КОЕ бактерий в 1мл. Содержание соматических клеток в молоке не превышало нормы (до 500 млн. клеток/мл), количество этих клеток было чуть больше в молоке от коров чёрно-пёстрой породы (табл. 2).

Таблица 2. Микробиологические показатели молока разных пород КРС

Порода КРС	Соматические клет-ки, тыс. клеток/мл	Сычужная проба, минут	Редуктазная проба в пробирках, часов
чёрно-пёстрая	153	0,5	2
красно-пёстрая	146	0,5	2

В вариантах ряженки не обнаружено палочковидных патогенных бактерий, ряженка совершенно не различалась по своей консистенции, вкусу, цвету, запаху и соответствовала норме стандарта по органолептическим показателям (табл. 3).

Таблица 3. Органолептические показатели ряженки в зависимости от породы крупного рогатого скота

Вариант (порода КРС)	Цвет	Вкус	Консистенция	Запах
чёрно-пёстрая	бежевый	слабокислый	вязкая со сгустком	чистый молочнокислый
красно-пёстрая	бежевый	слабокислый		

Из физико-химических свойств ряженки различия наблюдались по кислотности. Ряженка из молока чёрно-пёстрой породы незначительно имела более высокую кислотность и содержание органических кислот (табл. 4).

Таблица 4. Плотность и кислотность ряженки в зависимости от породы КРС

Варианты и породы	Плотность, г/см ³	Содержание органических кислот, %	pH	Кислотность, °Т
чёрно-пёстрая	0,993	1,4	4,19	200
красно-пёстрая	0,992	1,3	4,20	195

Измерение плотности и pH показало одинаковые свойства ряженки. В начале хранения различия по кислотности вариантов ряженки были минимальны. И лишь через 3 дня хранения при температуре +4 °С различия увеличились: кислотность ряженки из молока животных чёрно-пёстрой породы возросла и стала выше, чем во втором варианте (табл. 5).

Таблица 5. Динамика кислотности ряженки в зависимости от породы животных и добавления сычужного фермента

Варианты пород	1 день		3 день		4 день	
	pH	кислотность, °Т	pH	кислотность, °Т	pH	кислотность, °Т
чёрно-пёстрая	4,19	200	4,17	197	4,21	256
красно-пёстрая	4,20	195	4,23	197	4,25	225

После хранения ряженки в течение 4 дней вариант из молока коров чёрно-пёстрой породы оставался более кислым. Также установлено, что через 4 дня хранения ряженка из молока особей чёрно-пёстрой породы изменила свою консистенцию, став более жидкой. Второй вариант ряженки сохранил свою первоначальную консистенцию. Срок хранения ряженки из молока обеих пород коров при температуре +4 °С составил 14 дней.

Выводы

1. Более высоким по содержанию жира, белка и сухого обезжиренного молочного остатка было молоко животных красно-пёстрой породы.
2. Сычужная проба молока коров обеих пород составила менее 15 минут, что указывает на ее хорошую свёртываемость.
3. Согласно показаниям редуктазной пробы молоко обеих пород имело удовлетворительное качество, относилось ко 2 классу и содержало от 500 тыс. до 4 млн. КОЕ бактерий в 1мл.
4. После хранения в течение 4 дней ряженка из молока коров чёрно-пёстрой породы оставалась более кислой и изменила свою консистенцию, став более жидкой.
5. В ряженке из молока обеих пород коров не было обнаружено появления палочковидных патогенных бактерий, срок хранения при температуре +4 °С составил 14 дней.
6. Результаты исследований показали, что порода коров молочного направления продуктивности, является определяющим фактором влияния на технологические свойства молока и качество вырабатываемых из него кисломолочных продуктов.

Список источников

1. Блинова О.А., Кикарь А.А. Влияние режима термической обработки и биологически активной добавки «Лактусан» на качество ряженки // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли: Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 30 апреля 2021 года. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. С. 23-27.
2. Вахняк Н.Д., Коваль И.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза творога и ряженки // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3-х частях,

Краснодар, 10–30 марта 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 164-166.

3. ГОСТ 25555.0-82 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. М.: Стандартинформ, 2010. 4 с.

4. ГОСТ 26188-84 Продукты переработки плодов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения рН. М.: Стандартинформ, 2010. 3 с.

5. ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ, 2009. 13 с.

6. ГОСТ Р 53430-2009 Молоко и продукты переработки молока. Методы микробиологического анализа. М.: Стандартинформ, 2011. 27 с.

7. ГОСТ 54758-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности. М.: Стандартинформ, 2012. 19 с.

8. ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

9. ГОСТ 31455-2012 Ряженка. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.

10. ГОСТ 23453-2014 Молоко сырое. Методы определения соматических клеток. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.

11. Карамеева А.С., Соболева Н.В., Карамеев С.В. Влияние породы на сыропригодность молока и качество сыра // Молочное и мясное скотоводство. 2018. №5. С. 34-38.

12. Крючкова В.В., Скрипин П.В., Воробьева Н.Н. Интегральная оценка потребительских свойств ряженки // Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания: материалы международной научно-практической конференции, пос. Персиановский, 28–29 ноября 2016 года. пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2016. С. 239-243.

13. Кузьменкова А.В., Денисюк Е.А., Бабенко И.А. Влияние йодированного казеинового белка и заквасочной культуры LAT BY T на качество и биологическую ценность ряженки // Современному АПК - эффективные технологии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Валентины Михайловны Макаровой, Ижевск, 11–14 декабря 2018 года. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 230-234.

14. Литвинова З.А., Гильметдинова Ю.С., Шкуратова А.В. Ветеринарно-санитарная оценка качества кисломолочных напитков // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XLIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 марта 2021 года. Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021. С. 149-151.

15. Овсянникова Г.В., Копырина Л.Ю. Влияние породы коров на технологические свойства молока / Материалы конференции «Современные наукоемкие технологии». №5. 2014. С. 190-191.

16. Особенности технологии производства биоряженки с различными заквасками / В.В. Почапская, Н.А. Бахирева, М.В. Бобрус, А.О. Елисеева // Научные исследования по приоритетным направлениям как основа инновационного прорыва: сборник статей Международной научно-практической конференции, Пермь, 27 ноября 2020 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2020. С. 87-92.

17. Скоркина И.А., Ламонов С.А., Ротов С.В. Хозяйственно-биологические особенности и технологические свойства молока и молочных продуктов красно-пестрой породы: монография // Мичуринск: Изд-во ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, 2020. 91 с.

18. Соболева Н.В., Ляшенко В.А., Борисова В.В. Влияние сезонных изменений молока на качество и технологию выработки ряженки // Сборник материалов: Сборник материалов международных научно-практических конференций, Москва, 06 марта 2019 года / Редактор А.А. Коротких. Москва: Индивидуальный предприниматель Коротких Алиса Анатольевна, 2019. С. 35-42.

19. Трофимова А.А. Разработка технологии производства ряженки повышенной биологической ценности // Наука и инновации в АПК XXI века: Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 145-летию академии, Казань, 15–16 марта 2018 года. Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2018. С. 386-389.

20. Чепиков Л.С. Микрофлора ряженки // Инновационная наука. 2018. № 7-8. С. 14-17.

21. Щегольков Н.Ф. и др. Порода как основополагающий фактор, оказывающий непосредственное влияние на качество кисломолочных продуктов / Щегольков Н.Ф., Захаров В.Л., Нальвадаев Н.Я., Волохов И.М., Машталер Д.В. // Перспективы эффективного развития племенного животноводства и кормопроизводства в Российской Федерации: Сб. матер. XIII Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. Тверь, 2022. С. 48-50.

References

1. Blinova O.A., Kikar' A.A. The influence of the heat treatment regime and the biologically active additive "Lactusan" on the quality of ryazhenka // Actual problems of food technology, tourism and trade: Collection of scientific papers of the All-Russian (national) Scientific and Practical conference. April 30. Nalchik. 2021. Pp. 23-27.

2. Vahnyak N.D., Koval' I.V. Veterinary and sanitary examination of cottage cheese and ryazhenka. Scientific support of the agro-industrial complex: A collection of articles based on the materials of the 76th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2020. In 3 parts. March 10-30. Krasnodar. 2021. Pp. 164-166.

3. State standard 25555.0-82 Fruit and vegetable processing products. Methods for determining titrated acidity. Approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Committee on Standards dated 12/27/1982. No. 5130, 5132, 5133. 4 p.

4. State standard 26188-84 Fruit and vegetable processing products, canned meat and meat-growing. pH determination method. Introduced on 1.07.1985 by the Resolution of the USSR State Committee for Standards dated 10.05.1984. No. 1601. M.: Standartinform Publ., 2010. 3 p.

5. State standard 5867-90 Milk and dairy products. Methods for determining fat. It was developed and introduced by the All-Union Research and Design Institute of the Dairy Industry, the Scientific and Production Association of the Butter and Cheese Industry "Uglich", the Union Research Institute of Instrument Engineering. Approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards dated 26.07.90. No. 2293. M.: Standartinform Publ., 2009. 13 p.

6. State standard R 53430-2009 Milk and milk processing products. Methods of microbiological analysis. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Introduced by the Technical Committee for standardization TC 470 "Milk and milk processing products". Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 27.11.2009. No. 520-st. M.: Standartinform Publ., 2011. 27 p.

7. State standard 54758-2011 Milk and milk processing products. Methods for determining density. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Introduced by the Technical Committee for standardization TC 470 "Milk and milk processing products". Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 13, 2011. No. 947-art. M.: Standartinform Publ., 2012. 19 p.

8. State standard R 54669-2011 Milk and milk processing products. Methods for determining acidity. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Introduced by the Technical Committee for standardization TC 470 "Milk and milk processing products". Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 13.12.2011. No. 826-st. M.: Standartinform Publ., 2019. 12 p.

9. State standard 31455-2012 Ryazhenka. Technical conditions. Developed by the State scientific institution of the Research Institute of Dairy Industry of the Russian Agricultural Academy. M.: Standartinform Publ., 2019. 6 p.

10. State standard 23453-2014 Raw milk. Methods for the determination of somatic cells. Prepared by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Submitted by the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (Protocol No. 46-2014 of 5.12.2014). M.: Standartinform Publ., 2015. 16 p.

11. Karamaeva A.S., Soboleva N.V., Karamaev S.V. Vliyanieporodynasyroprigodnost' molo-ka i kachestvosyra. Molochnoe i myasnoeskotovodstvo. 2018. №5. Pp. 34-38.

12. Kryuchkova V.V., Skripin P.V., Vorob'yova N.N. Integral assessment of consumer properties of ryazhenka. Current directions of innovative development of animal husbandry and modern technologies of food production: materials of the international scientific and practical conference. The village of Persianovskiy. November 28-29. 2016. Pp. 239-243.

13. Kuz'menkova A.V., Denisyuk E.A., Babenko I.A. The effect of iodized casein protein and starter culture LAT BY T on the quality and biological value of fermented baked milk // Modern agro-industrial complex - effective technologies: materials of the International scientific and Practical conference dedicated to the 90th anniversary of V.M. Makarova. December 11-14, 2018. Izhevsk. 2019. Pp. 230-234.

14. Litvinova Z.A., Gil'metdinova YU.S., Shkuratova A.V. Veterinary and sanitary assessment of the quality of fermented milk drinks // Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations: collection of articles of the XLIII International Scientific and Practical Conference, Penza, March 15, 2021. Penza. 2021. Pp. 149-151.

15. Ovsyannikova G.V., Kopyrina L.Yu. The influence of the breed of cows on the technological properties of milk. Modern high-tech technologies: Materials of the conference. 2014. No 5. Pp. 190-191.

16. Features of the bioryazhenki production technology with various ferments / V.V. Pochapskaya, N.A. Bahireva, M.V. Bobrus, A.O. Eliseeva // Scientific research in priority areas as the basis of an innovative breakthrough: a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Perm, November 27, 2020. Ufa. 2020. Pp. 87-92.

17. Skorkina I.A., Lamonov S.A., Rotov S.V. Economic and biological features and technological properties of milk and dairy products of the red-mottled breed: monograph. Michurinsk: Bulletin of Michurinsky State University Publ., 2020. 91 p.

18. Soboleva N.V., Lyashenko V.A., Borisova V.V. The influence of seasonal changes in milk on the quality and technology of ryazhenka production. Materials of the collection: materials of international scientific and practical conferences. March, 6. Moscow. 2019. Pp. 35-42.

19. Trofimova A.A. Development of technology for the production of fermented baked milk of increased biological value. Science and innovation in the Agro-industrial complex of the XXI century: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 145th anniversary of the Academy, March 15-16. Kazan. 2018. Pp. 386-389.

20. Chepikov L.S. The microflora of ryazhenka. Innovative science. 2018. № 7-8. Pp. 14-17.

21. Shchegol'kov N.F. et al. Breed as a fundamental factor that has a direct impact on the quality of fermented milk products / Shchegol'kov N.F., Zaharov V.L., Nal'vadaev N.Ya., Volohov I.M., Mashtaler D.V. Prospects for the effective development of livestock breeding and feed pro-

duction in the Russian Federation: Collection of materials of the XIII All-Russian (national) scientific and practical conference. Tver, 2022. Pp. 48-50.

Информация об авторах

Н.Ф. Щегольков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник Липецкой лаборатории разведения крупного рогатого скота;

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

И.М. Волохов – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Липецкой лаборатории разведения крупного рогатого скота;

Н.Я. Нальвадаев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, и. о. зав. Липецкой лаборатории разведения крупного рогатого скота.

Information about the authors

N.F. Shchegol'kov – candidate of agricultural sciences, associate professor, leading researcher of the Lipetsk laboratory of cattle breeding;

V.L. Zakharov – doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the department of agrotechnology, storage and processing of agricultural products;

I.M. Volokhov – doctor of biological sciences, professor, chief researcher of the Lipetsk laboratory of cattle breeding;

N.Ya. Nal'vadaev – candidate of agricultural sciences, senior researcher, acting head Lipetsk laboratory of cattle breeding.

Научная статья

УДК 658.26:[664.956:639.22]

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-66-74

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ СЛАЙСОВ ФИЛЕ БЫЧКА АЗОВСКОГО

Яшонков Александр Анатольевич^{1✉}, Прокопенко Ирина Александровна²

¹ Керченский государственный морской технологический университет, Республика Крым, Керчь, Россия

² Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

¹ jashonkov@rambler.ru[✉]

² iaprokopenko.sevsu@mail.ru

Аннотация. С целью повышения энергоэффективности процесса переработки рыбного сырья, а также качества получаемых сушеных продуктов была разработана конструкция гибридной сушильной установки, с совмещенным инфракрасным и конвективным подводом энергии. Установка может быть использована для сушки овощей, фруктов, мясных и рыбных продуктов. Работоспособность установки и обеспечение ею заданных параметров сушки были проверены экспериментально на примере сушки слайсов филе бычка азовского (*Neogobius melanostomus*), толщиной 3 мм со скоростью 0,8 м/с при трех температурах 40, 50 и 60 °С и интенсивностью инфракрасных нагревателей 1500, 2000 и 3000 Вт/м². Теоретически кинетика процесса сушки была описана согласно моделей Ньютона, Ванга и Сингха, в том числе для прогнозирования коэффициента влажности. В результате экспериментальных исследований установлено, что все исследуемые модели показали адекватное прогнозирование искомого коэффициента. Гибридное инфракрасное излучение и конвективная сушка обеспечили эффективность с точки зрения сокращения продолжительности процесса сушки, экономия времени составила 190-260% по сравнению с конвективной и инфракрасной сушкой. Кроме того, наблюдалось значительное улучшение способности к регидратации. Фактически применение комбинированного гибридного способа сушки и предлагаемой конструкции сушилки может стать альтернативой другим видам сушилок в рамках промышленных предприятий, так как она обладает потенциалом для экономии энергии и улучшения качества высушенных продуктов.

Ключевые слова: сушка, *Neogobius melanostomus*, конвективная сушка, инфракрасная сушка, энергоэффективность.

Для цитирования: Яшонков А.А., Прокопенко И.А. Исследование процесса комбинированной сушки слайсов филе бычка азовского // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 66-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-66-74>.

Original article

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF COMBINED DRYING OF SLICES OF THE AZOV BULL FILLET

Alexander A. Yashonkov^{1✉}, Irina A. Prokopenko²

¹ Kerch State Maritime Technological University, Republic of Crimea, Kerch, Russia

² Sevastopol state University, Sevastopol, Russia

¹ jashonkov@rambler.ru[✉]

² iaprokopenko.sevsu@mail.ru

Abstract. In order to increase the energy efficiency of the processing of fish raw materials, as well as the quality of the dried products obtained, the design of a hybrid drying plant with combined infrared and convective energy supply was developed. The unit can be used for drying vegetables, fruits, meat and fish products. The operability of the installation and its provision of the specified drying parameters were tested experimentally on the example of drying slices of Azov goby fillet (*Neogobius melanostomus*) with a thickness of 3 mm at a speed of 0.8 m/s at three temperatures of 40, 50 and 60 °C and the intensity of infrared

heaters 1500, 2000 and 3000 W/m². Theoretically, the kinetics of the drying process was described according to the Newton, Wang and Singh models, including for predicting the humidity coefficient. As a result of experimental studies, it was found that all the studied models showed an adequate prediction of the desired coefficient. Hybrid infrared radiation and convective drying provided efficiency in terms of reducing the duration of the drying process, saving time was 190-260% compared to convective and infrared drying. In addition, there was a significant improvement in the ability to rehydrate. In fact, the use of a combined hybrid drying method and the proposed dryer design can become an alternative to other types of dryers within industrial enterprises, since it has the potential to save energy and improve the quality of dried products.

Keywords: drying, *Neogobius melanostomus*, convective drying, infrared drying, energy efficiency.

For citation: Yashonkov A.A., Prokopenko I.A. Investigation of the process of combined drying of slices of the azov bull fillet. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023. No. 2(28). Pp. 66-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-66-74>.

Введение

С целью продления срока хранения пищевых продуктов, в том числе гидробионтов, применяют различные способы консервирования. Одним из распространенных способов является сушка. Технология сушки играет важную роль для повышения качества готовой продукции, а также снижения ее себестоимости. Конвективная сушка горячим воздухом широко используется для сушки фруктов, овощей и гидробионтов. Однако значительная продолжительность процесса приводит к высокому потреблению энергии и, следовательно, является одной из основных проблем, связанных с конвективной сушкой [1]. Одним из конкретных вариантов снижения энергопотребления в технологии сушки является разработка гибридных сушильных установок, которые имеют возможность совмещать различные системы нагрева для эффективного использования энергии.

Были проведены исследования по сушке овощей, фруктов, мясных и рыбных продуктов с использованием различных способов подвода теплоты, таких как вакуумная микроволновая сушка, сушка горячим воздухом, микроволновая сушка, инфракрасная и сублимационная сушка [2, 4]. Например, влияние предварительной ультразвуковой обработки на дольки чеснока перед сушкой горячим воздухом и микроволновой сушкой было изучено Бозкиром [5]. По сравнению с контрольными образцами, скорость сушки увеличилась почти на 20% и 15% соответственно. По сравнению с конвективной сушкой, удельное потребление энергии при микроволновом конвективном методе сушки может достигать 90%.

Для улучшения качества готового продукта и снижения энергопотребления была разработана гибридная сушилка, состоящая из конвективной системы горячего воздуха и инфракрасной системы нагрева.

Целью исследования было изучение влияния гибридного подвода теплоты при сушке слайсов филе бычка азовского горячим воздухом и инфракрасным излучением на качество готовых снеков, а также оценка энергоэффективности предлагаемого процесса и регидратационной способности продукта.

Материалы и методы исследований

Описание гибридной сушилки

Процесс сушки слайсов филе проводился в разработанной гибридной сушилке. Система нагрева которой состоит из двух источников, включающих конвективный подвод энергии (обдув горячим воздухом) и систему инфракрасного нагрева. Принципиальная схема сушилки показана на рис. 1.

Конвекционная система подачи горячего воздуха состоит из двух электрических нагревателей и вентилятора, который обеспечивал необходимую скорость сушильного агента (0,5-5,0 м/с). На входе подающей воздух трубы расположен регулирующий клапан для контроля количества воздуха, поступающего в сушильную камеру. Воздух нагревается, проходя через два спиральных электронагревателя мощностью 2,5 кВт каждый. Эти электронагреватели регулируются контрольно-измерительными приборами.

Система инфракрасного нагрева оснащена трубчатыми инфракрасными лампами мощностью 1000 Вт диаметром 1,0 см и длиной 38 см. Инфракрасный нагреватель с интенсивностью нагрева 1500-6000 Вт/м² установлен в верхней части внутренней поверхности сушильных камер для обеспечения равномерности прогрева. Инфракрасные лампы были размещены параллельно конвейерной ленте и на расстоянии 10 см друг от друга. Интенсивность инфракрасного излучения или выходная мощность ламп может быть изменена путем регулирования напряжения через регулятор мощности.

Таким образом, гибридная сушилка позволяет использовать конвективную и инфракрасную сушку одновременно или по отдельности. Температура воздуха при сушке рассчитывалась с помощью термодатчиков Т-типа, соединенных с регистратором данных (точность измерений ± 1 °С).

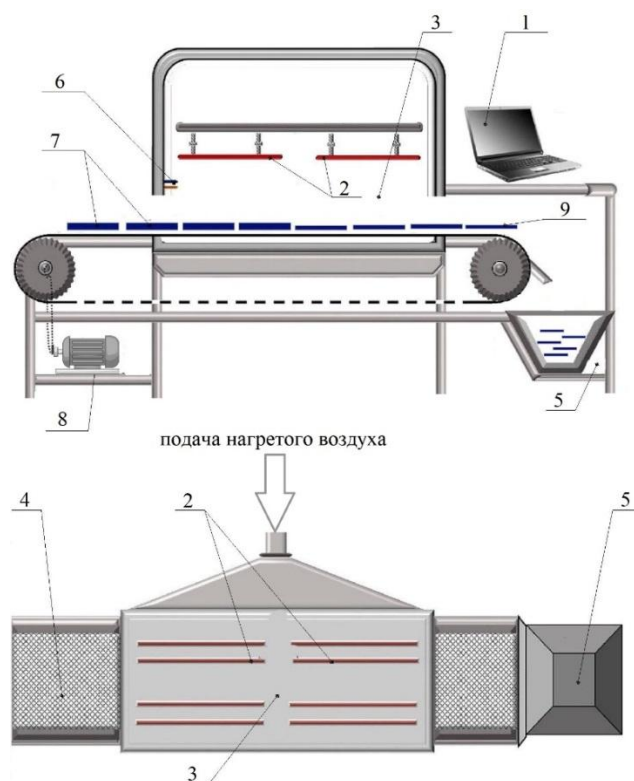


Рисунок 1. Схема экспериментальной гибридной сушильной установки (вид спереди, вид сверху): 1 – компьютер для управления установкой и регистрации параметров процесса; 2 – инфракрасные нагреватели; 3 – сушильная камера; 4 – конвейер ленточный; 5 – выходной бункер для сухих образцов; 6 – датчик температуры и скорости; 7 – исходное сырье; 8 – электрический двигатель; 9 – готовый продукт

Подготовка образцов

Мороженую рыбу размораживали в проточной воде температурой не выше 20°C. Соотношение массы рыбы и воды должно быть 1:2. Размораживали рыбу до полного распада блока. Разделку проводили на филе. После разделки филе промывали в воде температурой не выше 20°C, затем направляли на посол. Посол проводили в солевом растворе, плотность которого составляла от 1,18 г/см³ до 1,20 г/см³ с температурой не выше 15°C при соотношении массы рыбы и солевого раствора 1:2. Посол рыбы заканчивали при достижении массовой доли поваренной соли в мясе рыбы от 3 % до 5 %. Филе нарезают на слайсы толщиной $3 \pm 0,25$ мм. Начальное содержание влаги в слайсах определялось путем высушивания примерно 20 г образца в вакуумной печи при 70 °С и 85 кПа в течение 24 ч. Было установлено, что начальное содержание влаги в филе составляет около $79,1 \pm 0,8\%$.

Подготовка оборудования и проведение эксперимента

Обязательным являлся предварительный прогрев сушильной установки в течение 45-60 минут до заданной температуры. Слайсы филе размещали на сетке из нержавеющей стали и перемещали в сушильную камеру. В первой серии экспериментов слайсы сушили с использованием конвективной сушки при трех температурах 40, 50 и 60 °С и скорости воздуха 0,8 м/с. Во второй серии экспериментов использовали инфракрасную сушку с тремя интенсивностями 1500, 2000 и 3000 Вт/м². В третьей серии экспериментов обе системы нагрева были объединены. Слайсы филе бычка азовского сушили гибридной сушилкой с интенсивностью инфракрасного излучения 1500, 2000 и 3000 Вт/м² при температуре конвективного воздуха 40, 50 и 60 °С при постоянной скорости воздуха 0,8 м/с.

Изменение веса наблюдали каждые 10 мин с помощью цифровых весов с точностью ±0,01 г, пока не был получен постоянный вес.

Кинетика сушки слайсов филе была представлена как уменьшение соотношения влажности (W) в зависимости от времени сушки (t). Соотношение влажности описывается уравнением (1):

$$W = \frac{W_t - W_e}{W_0 - W_e}, \quad (1)$$

где W_t – содержание влаги в образцах по истечении времени t ;

W_e – равновесная влажность;

W_0 – начальное содержание влаги.

Поскольку значения W_e были сравнительно незначительными по сравнению с W_t или W_0 , и, как следствие, их можно считать равными нулю для условий сушки, подобных тем, которые применялись в этих исследованиях. Уравнение (1) было упрощено в уравнении (2):

$$W = \frac{W_t}{W_0}. \quad (2)$$

Уравнение (3) использовалось для расчета скорости сушки (DR) [7]:

$$DR = \frac{W_{ct1} - W_{ct2}}{t_2 - t_1}, \quad (3)$$

где W_{ct1} и W_{ct2} – содержание влаги при времени высыхания t_1 и t_2 соответственно;

t_1 и t_2 – разное время (мин).

Три полуэмпирические модели сушки (уравнения Ньютона (4), (5) [8] и уравнение Ванг и Сингха (6) [9]) были использованы для описания кинетики сушки слайсов филе бычка азовского.

$$W = e^{-kt}, \quad (4)$$

$$W = e^{-kt^n}, \quad (5)$$

$$W = 1 + at + bt^2. \quad (6)$$

Основываясь на втором законе диффузии Фика, эффективная диффузия влаги была описана в период снижения скорости сушки (уравнение (7)):

$$\frac{\partial W}{\partial t} = D_{eff} \nabla^2 W. \quad (7)$$

Уравнение (7) основано на предположениях Кранка [10] (постоянная диффузионная способность, изменение объема, одномерное перемещение влаги, постоянная температура и незначительное внешнее сопротивление). Таким образом, уравнение (7) может быть записано в виде уравнения (8):

$$W = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} e^{\left[-(2n-1)^2 \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t\right]}, \quad (8)$$

где D_{eff} – постоянная эффективная диффузионная способность (м²/с);

L – соответствует половине толщины слайса филе.

Для длительного времени высыхания используется только первый член уравнения. Таким образом, уравнение (8) может быть упрощено до уравнения (9):

$$W = \frac{8}{\pi^2} e^{\left[\pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t\right]}. \quad (9)$$

Уравнение (9) может быть записано в логарифмической форме уравнения (10):

$$\ln W = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) - \left[\pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t \right]. \quad (10)$$

Для построения графика $\ln W$ относительно t наклон k_0 можно определить по уравнению (11) [6]:

$$k_0 = \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2}. \quad (11)$$

Способность к регидратации

Согласно рекомендациям [5], способность к регидратации оценивали путем погружения сушеных слайсов филе в горячую воду. Уравнение (12) было использовано для расчета способности к регидратации (RC):

$$RC = \frac{W_r}{W_d}, \quad (12)$$

где W_r и W_d – масса обезвоженных слайсов филе (г) и масса сушеных слайсов филе (г) соответственно.

Результаты исследований и их обсуждение

Кинетика сушки слайсов филе бычка азовского

Графическая интерпретация кинетики процесса сушки слайсов филе бычка азовского, высушенного с использованием двух различных систем нагрева (т.е. конвективной сушкой и инфракрасной сушкой), показана на рисунке 2 (а, б). Согласно рисунку 2, можно сделать вывод, что во всех случаях сушки содержание влаги снижалось быстрее на ранних стадиях сушки (в течение 15-45 мин) и уменьшалось с увеличением времени сушки. Постоянные периоды (первая стадия) сушки отсутствовали во всех случаях сушки в то время как большая часть удаленной влаги приходилось на периоды падающей скорости сушки.

Анализ данных из рисунка 2 показывает, что температура сушильного агента и интенсивность инфракрасного излучения являются важными параметрами, влияющими на обезвоживание слайсов филе. Установлено, что происходит существенное сокращение времени сушки при увеличении указанных выше параметров. Однако значительное их увеличение снижает качество готовых продуктов. Дополнительно, важным параметром, влияющим на качество продукта, является продолжительность сушки, что также увеличивает потребление энергии и, как следствие, приводит к высокой себестоимости производства. Согласно исследованиям [11], это явление объясняется высоким содержанием влаги, и по принципу диффузии свободная вода легко удаляется в начальный период сушки.

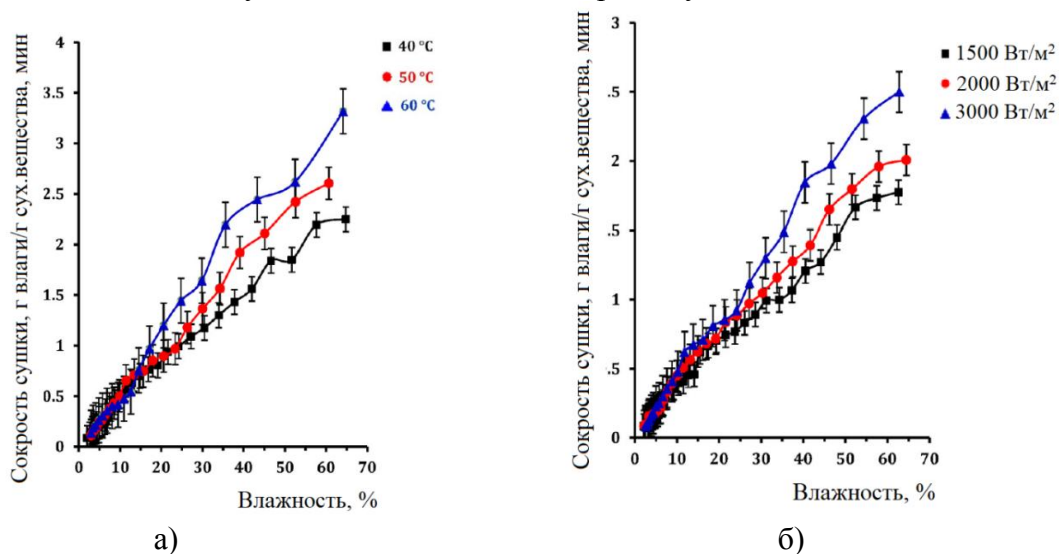


Рисунок 2. Изменение влажности продукта в зависимости от времени сушки при сушке слайсов филе бычка азовского способом конвективной (а) и инфракрасной (б) сушки

По результатам экспериментальных исследований были получены кривые скорости сушки (рис. 3 а, б). Скорость сушки непрерывно снижалась по мере снижения влажности сырья. Анализ результатов исследований (рис. 3) подтверждает отсутствие периода постоянной скорости сушки

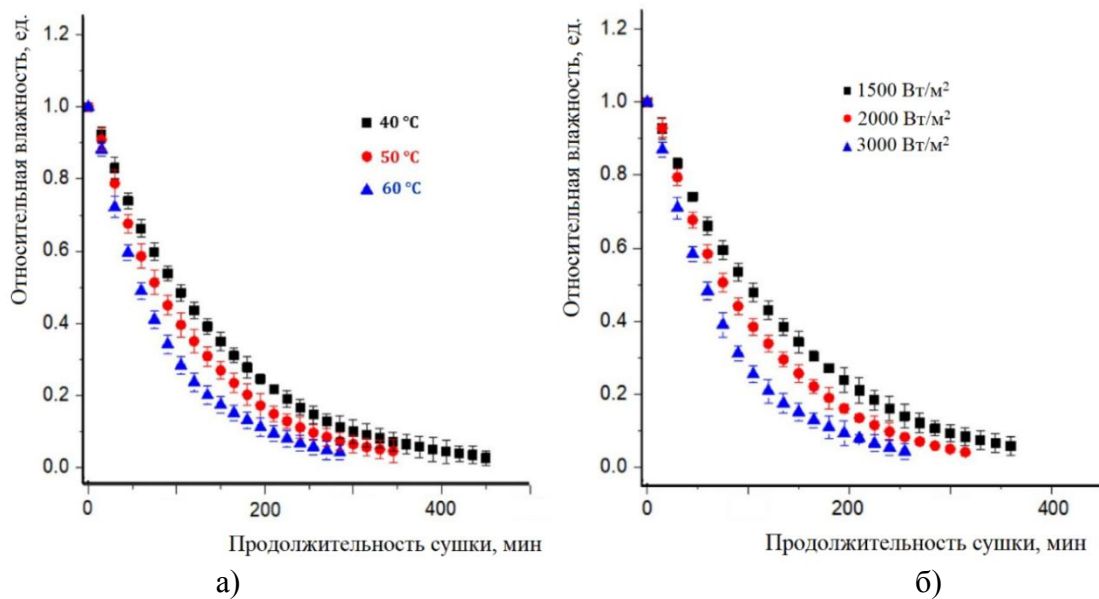


Рисунок 3. Экспериментальные данные зависимости скорости сушки от влажности слайсов филе бычка азовского способом конвективной (а) и инфракрасной (б) сушки

Кинетика процесса гибридной сушки представлена на рисунке 4. Кривые сушки показывают, что относительная влажность непрерывно уменьшалась. Как видно по результатам экспериментов, время исследуемого процесса было значительно сокращено за счет применения гибридной сушилки с комбинированным подводом теплоты. В относительном выражении сокращение составило приблизительно 260% (80-125 мин) по сравнению с конвективной сушкой (290-450 мин) и в диапазоне 190-220% по сравнению с инфракрасной системой сушки (255-360 мин).

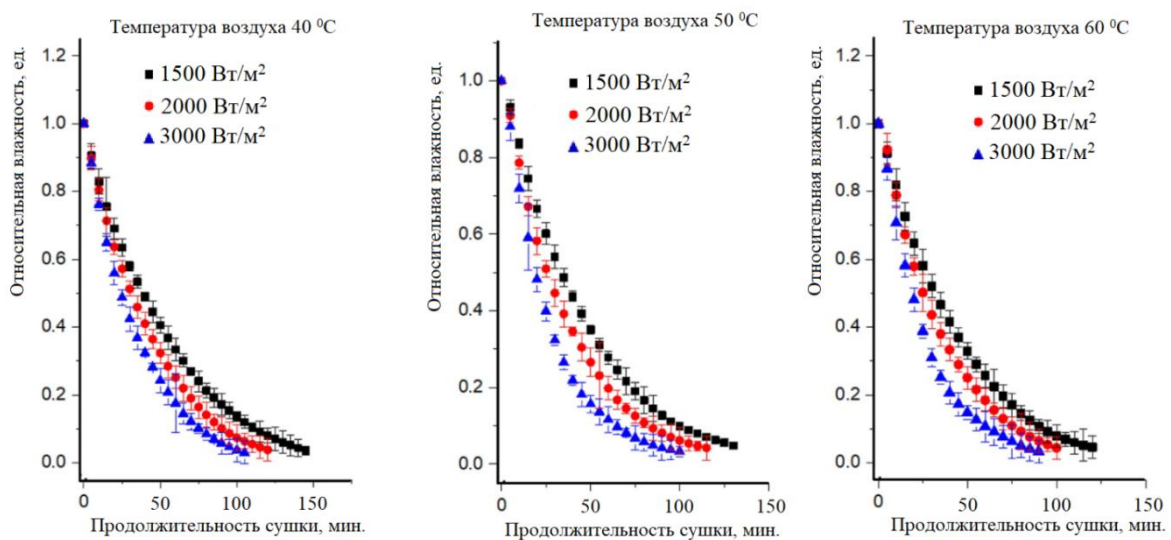


Рисунок 4. Изменение соотношения относительной влажности в зависимости от продолжительности процесса гибридной сушки слайсов филе бычка азовского

Согласно исследованиям [11], инфракрасный нагрев создает температурный градиент, который приводит к термодиффузии пара от внутренней части к поверхности высушиваемого образца в отличие от обычной диффузии, проявляемой конвективными сушилками. Однако такие характеристики инфракрасного нагрева оказывают разрушающее действие на термолабильные соединения, например, витамины, по сравнению с сушкой горячим воздухом [3]. Следовательно, объединение инфракрасного излучения с другой системой сушки потенциально может улучшить качество готовой продукции [3].

Оценка качества готового продукта

Одним из важных показателей качества готовой продукции является способность к регидратации. Результаты исследований восстанавливаемости рыбных снеков приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований по определению способности к регидратации высушенных слайсов филе бычка азовского с применением различных способов сушки

Тип сушки	Интенсивность ИК нагревателя, Вт/м ²	Температура сушильного агента, °С	RC
Конвективная сушка		40	1,28
		50	1,34
		60	1,49
ИК сушка	1500		1,08
	2000		1,27
	3000		1,42
Гибридная сушка (конвективная + ИК)	1500	40	1,78
		50	1,83
		60	2,03
	2000	40	1,94
		50	2,17
		60	2,32
	3000	40	2,14
		50	2,25
		60	2,49

Увеличение способности к регидратации при применении гибридного способа сушки объясняется повышением эластичности клеточных стенок за счет объединения инфракрасной и тепловой систем подвода тепла, что приводит к увеличению влагоудерживающей способности мяса рыбы. Таким образом, можно сделать вывод, что применение способа гибридной сушки приводило к меньшему разрушению внутренней структуры ячейки.

Выводы

В ходе экспериментальных исследований была изучена кинетика процесса сушки слайсов филе бычка азовского различными способами: конвективная сушка со скоростью обдува 0,7 м/с при трех температурах 40, 50 и 60 °С; инфракрасная сушка с интенсивностью нагрева 1500, 2000 и 3000 Вт/м²; а также гибридная сушка путем комбинирования конвективной и инфракрасной сушки при указанных выше параметрах.

Установлено, что:

1. Применение гибридной сушки позволяет сократить продолжительность процесса сушки на 260% по сравнению с конвективной сушкой и на 190-220% по сравнению с инфракрасной.
2. Комбинирование способов подвода тепла позволяет увеличить влагоудерживающую способность готового продукта за счет меньшего разрушения внутренней структуры ячейки клетки мяса рыбы.

Дальнейшие исследования будут направлены на дополнительные исследования качества готового продукта, получаемого способом комбинированной гибридной сушки (например, влияние способа сушки на сохранность термолабильных витаминов), а также исследование энергоэффективности (удельных затрат энергии на получение готового продукта) предлагаемого способа сушки.

Список источников

1. Яшонков А.А., Косачев В.С. Инженерная модель сушки высоковлажных морепродуктов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 296-303.
2. Яшонков А. А., Устинова М.Э., Косачев В.С. Анизотропная модель кинетики теплообмена в процессе сушки кубика рыбного филе // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 4. С. 274-286.
3. Antelo F.S., Costa J.A.V., Kalil S.J. Thermal degradation kinetics of the phycocyanin from *Spirulina platensis*. *Biochemical Engineering Journal*. 2008. Vol. 41. Pp. 43-47.
4. Baysal T., Icier F., Ersus S. et al. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *European Food Research and Technology*. 2003. Vol. 218. Pp. 68-73.
5. Bozkir H., Rayman Ergün A., Tekgül Y. et al. Ultrasound as pretreatment for drying garlic slices in microwave and convective dryer. *Food Science and Biotechnology*. 2019. Vol. 28. Pp. 347-354.
6. Caliskan G., Dirim S.N. Drying characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices in convective and freeze dryer. *Heat and Mass Transfer*. 2017. Vol. 53. Pp. 2129-2141.
7. El-Mesery H.S., Mwithiga G. Performance of a convective, infrared and combined infrared-convective heated conveyor-belt dryer. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. Pp. 2721-2730.
8. Fernando J.A., Amarasinghe A.D. Drying kinetics and mathematical modeling of hot air drying of coconut coir pith. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. Pp. 807.
9. Ibrahim N.A., Salleh K.M., Fudholi A., Zakaria S. Drying Regimes on Regenerated Cellulose Films Characteristics and Properties. *Membranes* 2022. Vol. 12. Pp. 445.
10. Lin Fu-Rong & Qiuya, Wang & Jin, Xiao-Qing. Crank-Nicolson-weighted-shifted-Grünwald-difference schemes for space Riesz variable-order fractional diffusion equations. *Numerical Algorithms*. 2021. Vol. 87. Pp. 601-631.
11. Mghazli S., Ouhammou M., Hidar N., Lahnine L., Idlimam A., Mahrouz M. Drying characteristics and kinetics solar drying of Moroccan rosemary leaves. *Renewable & Green Energy*. 2017. Vol. 108. Pp. 303-310.

References

1. Yashonkov A.A., Kosachev V.S. Engineering model of drying of high-moisture seafood. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*. 2022. No. 4. Pp. 296-303.
2. Yashonkov A. A., Ustinova M.E., Kosachev V.S. Anisotropic model of heat transfer kinetics in the process of drying a fish fillet cube. *Bulletin of the Kerch State Marine Technological University*. 2021. No. 4. Pp. 274-286.
3. Antelo F.S., Costa J.A.V., Kalil S.J. Thermal degradation kinetics of the phycocyanin from *Spirulina platensis*. *Biochemical Engineering Journal*. 2008. Vol. 41. Pp. 43-47.
4. Baysal T., Icier F., Ersus S. et al. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *European Food Research and Technology*. 2003. Vol. 218. Pp. 68-73.
5. Bozkir H., Rayman Ergün A., Tekgül Y. et al. Ultrasound as pretreatment for drying garlic slices in microwave and convective dryer. *Food Science and Biotechnology*. 2019. Vol. 28. Pp. 347-354.

6. Caliskan G., Dirim S.N. Drying characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices in convective and freeze dryer. *Heat and Mass Transfer*. 2017. Vol. 53. Pp. 2129-2141.
7. El-Mesery H.S., Mwithiga G. Performance of a convective, infrared and combined infrared-convective heated conveyor-belt dryer. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. Pp. 2721-2730.
8. Fernando J.A., Amarasinghe A.D. Drying kinetics and mathematical modeling of hot air drying of coconut coir pith. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. Pp. 807.
9. Ibrahim N.A., Salleh K.M., Fudholi A., Zakaria S. Drying Regimes on Regenerated Cellulose Films Characteristics and Properties. *Membranes* 2022. Vol. 12. Pp. 445.
10. Lin Fu-Rong & Qiuya, Wang & Jin, Xiao-Qing. Crank-Nicolson-weighted-shifted-Grünwald-difference schemes for space Riesz variable-order fractional diffusion equations. *Numerical Algorithms*. 2021. Vol. 87. Pp. 601-631.
11. Mghazli S., Ouhammou M., Hidar N., Lahnine L., Idlimam A., Mahrouz M. Drying characteristics and kinetics solar drying of Moroccan rosemary leaves. *Renewable & Green Energy*. 2017. Vol. 108. Pp. 303-310.

Информация об авторах

А.А. Яшонков – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств;

И.А. Прокопенко – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые технологии и оборудование».

Information about the authors

A.A. Yashonkov – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of machines and apparatus for food production;

I.A. Prokopenko – candidate of technical sciences, associate professor at the department of food technologies and equipment.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 635.82:631.4

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-75-85

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУБСТРАТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ШАМПИНЬОНОВ

Азизов Ирек Раилевич^{1✉}, Русинов Алексей Владимирович²,
Анисимов Сергей Александрович³, Горюнов Дмитрий Геннадьевич⁴

^{1,2,3,4}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹irekmen97@yandex.ru✉

²rusinovsar@yandex.ru

³asa.sgau@mail.ru

⁴md111@bk.ru

Аннотация. Шампиньон относится к группе мезофитов, т.е. к организмам, требующим для нормального роста и развития достаточно высокой влажности как питательного субстрата, так и окружающей воздушной среды. Исследования показывают, что плодовые тела шампиньона содержат от 88 до 94 % воды. При наличии в субстрате достаточного количества питательных веществ вода становится одним из лимитирующих факторов получения высокого урожая шампиньона. Во время процесса роста мицелий шампиньон потребляет воду как из субстрата, так и слоя покровного материала. При этом запас влаги в субстрате создается в период его приготовления, а требуемая влажность покровного материала создается путём проведения регулярных поливов в течение всего периода выращивания гриба. Отметим, что при культивировании шампиньона важно определить режим полива, который в значительной мере влияет на выход грибов и их качество. Необходимо дифференцированный подход к обеспечению оптимального уровня влагосодержания покровного материала в зависимости от фазы роста и развития шампиньона. Поэтому в материалах данной статьи рассмотрены исследования, проведенные для определения агротехнических показателей субстрата для выращивания шампиньонов. Проведены исследования по определению зависимости уровня влажности субстрата от количества нормы полива, взаимосвязи уровня влажности субстрата и времени полива при разных нормах полива, зависимости влажности субстрата по глубине просачивания влаги от нормы полива.

Ключевые слова: шампиньоны, субстрат, покровный слой, агротехнические показатели, влажность, впитываемость, равномерность распределения влаги.

Для цитирования: Результаты исследований агротехнических показателей субстрата для выращивания шампиньонов / И.Р. Азизов, А.В. Русинов, С.А. Анисимов, Д.Г. Горюнов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 75-83. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-75-83>.

THE RESULTS OF STUDIES OF AGROTECHNICAL INDICATORS OF THE SUBSTRATE FOR GROWING CHAMPIGNONS

Irek R. Azizov^{1✉}, Alexey V. Rusinov², Sergey A. Anisimov³, Dmitry G. Goryunov⁴

^{1,2,3,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

¹irekmen97@yandex.ru✉

²rusinovsar@yandex.ru

³asa.sgau@mail.ru

⁴md111@bk.ru

Abstract. Champignon belongs to the group of mesophytes, i.e. to organisms that require a sufficiently high humidity for normal growth and development of both the nutrient substrate and the surrounding air en-

vironment. Studies show that the fruit bodies of champignons contain from 88 to 94% water. If there is a sufficient amount of nutrients in the substrate, water becomes one of the limiting factors for obtaining a high yield of champignons. During the growth process, the mycelium of the champignon consumes water from both the substrate and the layer of the covering material. At the same time, the moisture reserve in the substrate is created during its preparation, and the required moisture content of the cover material is created by regular watering during the entire period of mushroom cultivation. Note that when cultivating champignons, it is important to determine the watering regime, which significantly affects the yield of mushrooms and their quality. A differentiated approach is needed to ensure an optimal level of moisture content of the cover material, depending on the phase of growth and development of the mushroom. Therefore, the materials of this article consider the studies conducted to determine the agrotechnical parameters of the substrate for growing champignons. Studies have been carried out to determine the dependence of the moisture level of the substrate on the amount of irrigation norm, the relationship between the moisture level of the substrate and the watering time at different watering rates, the dependence of the moisture content of the substrate on the depth of moisture seepage from the irrigation norm.

Keywords: *champignons, substrate, cover layer, agrotechnical indicators, humidity, absorbency, uniformity of moisture distribution.*

For citation: *The results of studies of agrotechnical indicators of the substrate for growing champignons. I.R. Azizov, A.V. Rusinov, S.A. Anisimov, D.G. Goryunov. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No. 2(28). Pp. 75-83. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-75-83>.*

Введение

Шампиньон относится к группе мезофитов, т.е. к организмам, требующим для нормального роста и развития достаточно высокой влажности как питательного субстрата, так и окружающей воздушной среды. Исследования показывают, что плодовые тела шампиньона содержат от 88 до 94 % воды [1-3,6,12,14, 18,19,21].

При наличии в субстрате достаточного количества питательных веществ вода становится одним из лимитирующих факторов получения высокого урожая шампиньона. Во время процесса роста мицелий шампиньон потребляет воду как из субстрата, так и слоя покровного материала. При этом запас влаги в субстрате создается в период его приготовления, а требуемая влажность покровного материала создается путём проведения регулярных поливов в течение всего периода выращивания гриба [4,7,11,13].

Ряд исследователей отмечают, что для получения наибольшего выхода урожая оптимальным можно считать содержание воды в покровном материале в пределах 65...85 % ППВ [20].

Согласно литературным источникам [16] плодовые тела шампиньонов потребляют воду в основном из субстрата. Оптимальное содержание воды в субстрате в период роста мицелия находится в пределах 64...68 %.

Известны исследования, по результатам которых был определен оптимальный уровень влажности покровного материала, находящийся в пределах 60...70 % от полной влагоёмкости, что также подтверждают данные, полученные исследователями разных стран [8,15].

Отметим, что при культивировании шампиньона важно определить режим полива, который в значительной мере влияет на выход грибов и их качество. Необходим дифференцированный подход к обеспечению оптимального уровня влагосодержания покровного материала в зависимости от фазы роста и развития шампиньона [9,17].

Поэтому актуальной задачей исследований является определение агротехнических параметров субстрата для дальнейших исследований оптимальных режимов полива.

Цель исследования – определение параметров впитываемости и распределения воды в субстрате для выращивания шампиньонов с целью дальнейшей разработки и выявления оптимальных агротехнических параметров технического устройства для внесения поливной нормы.

Материалы и методы исследований

Практическая часть работы выполнена на базе УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Вавиловский университет, в 2022 году. Экспериментальные исследования проводились с восьмикратной повторностью и с применением методов статистического анализа. Объектом исследова-

дования являются агротехнические показатели субстрата для производства шампиньонов в специализированных закрытых камерах – шампиньонницах.

Для проведения исследований по определению влияния поливной нормы на изменение влажности субстрата был подготовлен субстрат в объеме 1 м³. Внесение поливной нормы производилось лабораторной дождевальной установкой равномерно по всей площади исследуемого субстрата.

Для выращивания шампиньонов использовался субстрат, приготовленный из компонентов в следующем соотношении: солома пшеничная – 15,3 %, помет кур-бройлеров подстилочный на опилках или соломе (влажность 35-38%, общий азот не менее 2,5-3 %) – 15,6 %, гипс – 0,9 %, вода – 68 %, мицелий (зерновой) – 0,2 %.

При подготовке к исследованиям покровный слой субстрата и сам субстрат предварительно были высушены до влажности в 20 %.

В ходе эксперимента оценивали агротехнические параметры субстрата и покровного слоя, а именно: влияние поливной нормы на изменение влажности покровного слоя субстрата; изменение влажности во времени при разных количествах вносимой нормы полива, а также глубину впитывания влаги субстратом при разных нормах полива.

Влажность субстрата определяли термостатно-весовым методом измерения влажности почвы (рис. 1) [5,10].



Рисунок 1. Отбор проб почвы на влажность

Результаты исследований заносились в рабочий журнал испытаний. Статистическую обработку данных осуществляли в программных продуктах Microsoft Excel и StatSoft Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований влияния поливной нормы на изменение влажности субстрата отображены на рисунке 2.

Было установлено, что для увеличения влажности субстрата с 20 до 30 % требуется внесение поливной нормы – 28 л/м³. Дальнейшие увеличения поливной нормы на 28 л/м³ сопровождаются повышением уровня влажности на 10 %, до наступления граничного условия в 80 % влажности, при котором происходит перенасыщение субстрата и прекращается впитывание поливной нормы.

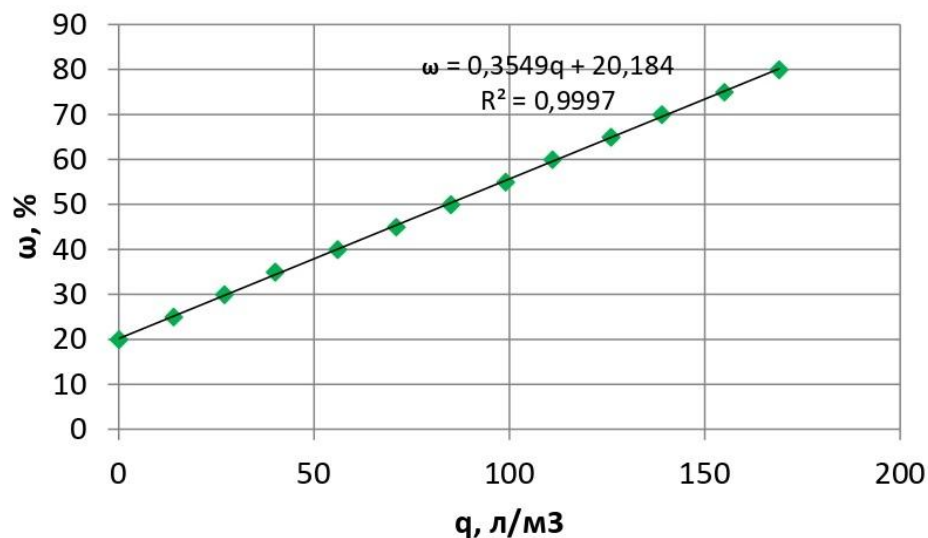


Рисунок 2. График влияния поливной нормы (q) на изменение влажности субстрата (ω).

Для проведения исследований на изменение влажности субстрата во времени, при котором осуществлялось внесение нормы полива, был отобран участок размером 1 м³ и толщиной субстрата 0,15 м.

Исследования проводили в трех режимах с нормами внесения полива: 0,62 л/м², 1,25 л/м² и 2,5 л/м². Результаты исследований приведены на рисунке 3.

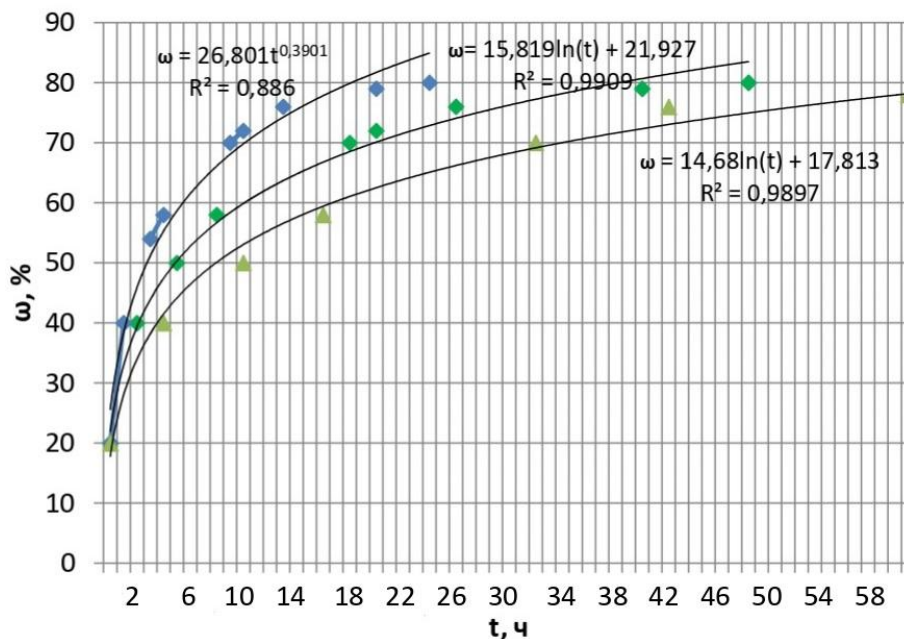


Рисунок 3. График изменение влажности субстрата (ω) относительно времени (t), при котором осуществлялось внесение нормы полива

Установлено, что субстрат обеспечивает процесс полного впитывания влаги при разных нормах полива, однако наибольшее впитывание происходит в первые часы. Также установлено, что при норме полива 0,62 л/м² увеличение влажности с 20 до 58 % идет более интенсивно в первые 16 часов, далее при насыщении субстрата рост влажности сокращается и достигает своего максимального значения 80 % примерно через 95 часов.

Аналогичная картина наблюдается при нормах полива в 1,25 л/м² и 2,5 л/м², граничные условия которых достигаются через 48 и 24 часа соответственно.

Исследования по определению отношения влажности к глубине пропитывания субстрата при различных нормах полива проводились на участке площадью 1 м². Внесение поливной нормы производилось с помощью лабораторной дождевальной установки. Полученные результаты представлены на рисунке 4.

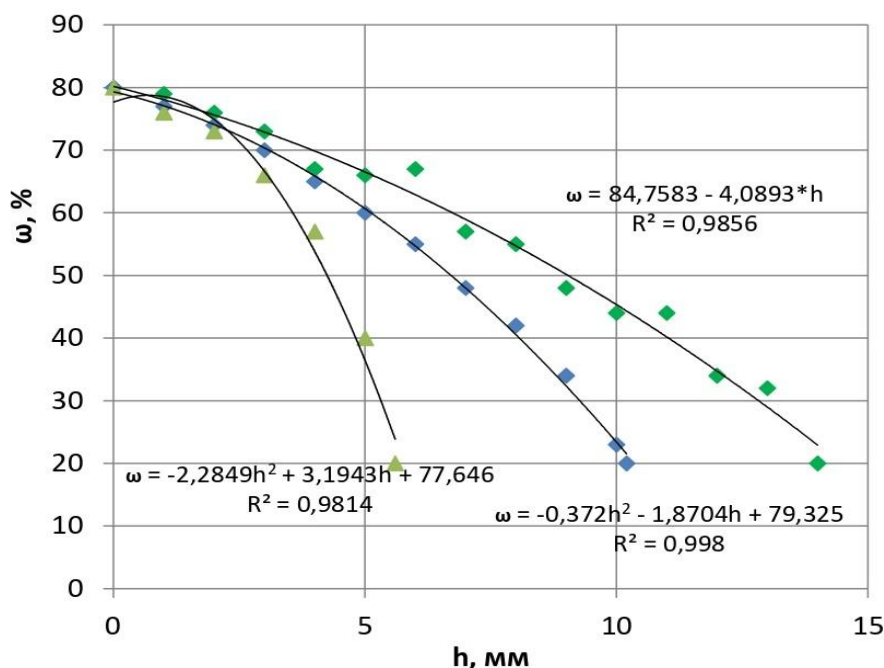


Рисунок 4. График отношения влажности (ω) к глубине пропитывания субстрата (h), при различных нормах полива

Исследования показали, что с увеличением нормы полива, увеличивается глубина просачивания влаги в субстрат.

Выводы

1. В результате исследований было установлено, что влажность субстрата меняется по глубине с учетом норм полива, в частности при поливе с нормой 0,62 л/м² в горизонте от 0 до 0,30 м была наибольшая влажность и составляла от 80 до 70 %, при дальнейшем увеличении глубины влажность снижалась на 50 % и достигала минимума при 20 %. Аналогичная картина прослеживалась и при последующих опытах с отличными нормами полива, однако было установлено, что при увеличении нормы полива влажность, приближающаяся к 80 %, находилась на большей глубине, так, в частности, при максимальной норме полива 2,5 л/м² влажность в диапазоне от 70 до 80 % колебалась на глубине в горизонте от 0 до 0,45 м. Дальнейшее снижение до 20 % было зафиксировано на глубине от 0,13 до 0,15 м, что свидетельствовало о полной пропитке слоя субстрата без выхода воды в осадок.

2. В результате исследований была определена полная влагоемкость субстрата, которая составила 80%. Было определено время впитывания воды субстратом, зависящее от расхода выливаемой воды на субстрат. При норме полива 0,62 л/м² полная влагоемкость достигается за 95 часов, а при нормах полива в 1,25 л/м² и 2,5 л/м² граничное условие достигалось за 48 ч и 24 ч соответственно.

3. Определены граничные условия отношения влажности к глубине пропитывания субстрата при различных нормах полива. Установленные параметры позволят разработать технические устройства для внесения поливной нормы с оптимальными агротехническими параметрами.

Список источников

1. Авдеенко С.С. Особенности производства шампиньона в мелкотоварном секторе Ростовской области // Вопросы науки 2019: потенциал науки и современные аспекты: сб. науч. тр. по матер. I Междунар. научн.-практ. конф., 18 декабря 2019 г. Анапа: ООО «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2019. С. 66-69.
2. Афанасьев В.И. Об экономической эффективности грибоводства в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. М.: ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, 2020. №8. С. 99-103.
3. Батин А.А., Мазурин И.В., Богородский А.Б. Коммерческие перспективы производства шампиньонов // Актуальные проблемы менеджмента в экономике XXI века: Сб. науч. тр. по матер. междунар. науч.-практ. конф. 21-22 мая 2014 года, Ярославль. 2014. С. 104-106.
4. Ветеринарно-санитарная экспертиза и оценка шампиньонов / О. С. Крючкова, А. А. Шульгина, М. Е. Аралова, К. В. Порошин // Развитие науки и образования в современном мире: Сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф.: в 6 частях, Москва, 31 марта 2015 год. Москва: ООО «АР-Консалт», 2015. С. 167-168.
5. Гилёв В.Ю. Физика почв / Учебно-методические указания по полевой практике 2012. 37 с.
6. Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Д., Долгих Л.И. Промышленное культивирование – основа для развития грибоводства в России // Теплицы России. №3. 2012. С. 39-43.
7. Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Д., Дугуниева Л. Г. Плодоношение шампиньона при укрытии субстрата покровным грунтом // Картофель и овощи. 2020. № 4. С. 22-25.
8. Девочкина Н.Л. Агротехнологическое обоснование промышленного культивирования шампиньона двуспорового: дисс... д-ра с.-х. н., Москва. 2004. 370 с.
9. Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Дж., Дугуниева Л.Г. Плодоношение шампиньона при укрытии субстрата покровным грунтом // Картофель и овощи. 2020. №4. С. 22-25.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. С. 15-20.
11. Еникиев Р.И., Ибатуллина А.Р. Технология приготовления питательных субстратов для выращивания шампиньонов // NovaInfo.Ru. 2017. Т. 1. № 59. С. 158-162.
12. Коробская А.Д., Цветкова Л.А. Особенности организации бизнеса по выращиванию грибов шампиньонов // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов экономического факультета Новосибирского ГАУ, 10-13 апреля 2018 года. Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2018. С. 138-141.
13. Крутов А.В., Шихарев И.А. К вопросу промышленного выращивания шампиньонов в Республике Беларусь // Агропанорама. 2021. № 4(146). С. 17-21.
14. Курагодникова Г.А., Тельнова Е.М. Культура шампиньонов // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. С. 8-16.
15. Лазарева Т.Г., Александрова Е.Г. Производство грибов в России: основные проблемы и перспективы // Успехи современной науки и образования. Белгород, 2017. Т.5 №4. С. 181-185.
16. Михалев Е.В., Насонова Л.В., Самсонова М.В. Влияние толщины слоя покровной земли на урожайность шампиньона в ЗАО Агрокомбинат «Горьковский» // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. Т. 1. С. 263-268.
17. Назранов Х.М., Карежева З.М., Губжокова Д.А. Оптимизация технологии приготовления компоста и покровного материала при культивировании шампиньона

двуспорового // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования, с. Соленое Займище, 28 февраля 2018 года. С. Соленое Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2018. С. 629-633.

18. Оптимизация технологии приготовления компоста и покрывного материала при культивировании шампиньона двуспорового / Назранов Х.М., Карежева З.М., Губжокова Д.А., Бахтиярова Н.В. // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: сб. матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2018. С. 7-10.

19. Промышленное грибоводство как инновационное направление экономической деятельности в сфере АПК / Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Нурметов Р.Д., Девочкина Н.Л. // Овощи России. 2018. №3 (41). С. 89-92.

20. Титова Ю.А. Производство шампиньона путем мультибиоконверсии отходов бикультуры шиитаке и вешенки // Современная микология в России: матер. 4 Микологического форума, 14–15 апреля. Москва. 2020. С. 462-464.

21. Aleksandrova E.G. Assessment of yield and quality of double-spore champignon mushrooms / E.G. Aleksandrova, V.A. Milyutkin, O.A. Blinova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13-14 ноября 2019 года. Kazan: EDP Sciences Publ., 2020. P. 00040.

References

1. Avdeenko S.S. Features of champignon production in the small-scale sector of the Rostov region. Questions of science 2019: the potential of science and modern aspects: a collection of scientific papers based on the materials of the I International Scientific and Practical Conference, Anapa, December 18, 2019. Anapa: Limited Liability Company «Research Center of Economic and Social Processes». Publ. in the Southern Federal District, 2019. Pp. 66-69.

2. Afanasyev V.I. About the economic efficiency of mushroom farming in Russia. Economics, labor, management in agriculture. M.: FGBNU FNC VNIIESH, 2020. No. 8. Pp. 99-103.

3. Batin A.A., Mazurin I.V., Bogorodsky A.B. Commercial prospects for the production of champignons. Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference "Actual problems of management in the economy of the XXI century", Yaroslavl, May 21-22, 2014. Yaroslavl State Agricultural Academy; under the general editorship of Ph.D. Associate Professor A.M. Sukhovskaya. Yaroslavl: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", 2014. Pp. 104-106.

4. Veterinary and sanitary examination and evaluation of champignons. O. S. Kryuchkova, A. A. Shulgina, M. E. Aralova, K. V. Poroshin. Development of science and education in the modern world : A collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference: in 6 parts, Moscow, March 31, 2015. AR-Consult LLC. Moscow: Limited Liability Company "AR-Consult" Publ., 2015. Pp. 167-168.

5. Gilev V.Yu. Physics of soils. Educational and methodological guidelines for field practice 2012. 37 p.

6. Devochkina N.L., Nurmetov R.D., Dolgikh L.I. Industrial cultivation is the basis for the development of mushroom farming in Russia. Greenhouses of Russia. Publ. No.3. 2012. Pp. 39-43.

7. Devochkina N.L., Nurmetov R.D., Dugunieva L. G. Fruiting of champignons when covering the substrate with a cover soil. Potatoes and vegetables. Publ. 2020. No. 4. Pp. 22-25.

8. Devochkina H.L. Agrotechnological substantiation of industrial cultivation of double-leaf champignon: Dissert. for the academic degree, Doctor of agricultural sciences. Moscow. 2004. 370 p.

9. Devochkina N. L., Nurmetov R. D., Dugunieva L. G. Fruiting of champignons when covering the substrate with a cover soil. Potatoes and vegetables. Publ. 2020. No. 4. Pp. 22-25.
10. Dospekhov B. A. Methodology of field experience : (with the basics of statistical processing of research results) : textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties Ed. 6th, erased, reprinted from the 5th ed. 1985. Moscow : Alliance, Publ. 2011. Pp. 15-20.
11. Enikiev R. I., Ibatullina A.R. Technology of preparation of nutrient substrates for growing champignons. NovaInfo.Ru Publ. 2017. Vol. 1. No. 59. Pp. 158-162.
12. Korobskaya A.D., Tsvetkova L.A. Features of business organization for growing mushrooms. Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex of the region : Proceedings of the scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Faculty of Economics of Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, April 10-13, 2018. Novosibirsk: Publishing Center of NGAU "Golden Ear" Publ., 2018. Pp. 138-141.
13. Krutov A.V., Shikharev I.A. On the issue of industrial cultivation of champignons in the Republic of Belarus. Agropanorama. 2021. No. 4(146). Pp. 17-21.
14. Kuragodnikova G.A., Telnova E.M. Culture of champignons. Science and Education. 2021. Vol. 4. No. 2. Pp. 8-16.
15. Lazareva T.G., Alexandrova E.G. Mushroom production in Russia: main problems and prospects. Successes of modern science and education. Belgorod, 2017. Vol.5. No.4. Pp. 181-185.
16. Mikhalev, E. V., Nasonova L. V., Samsonova M. V. The effect of the thickness of the cover earth layer on the yield of champignons in CJSC Agrokombinat "Gorky". Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2012. Vol. 1. Pp. 263-268.
17. Nazranov H. M., Karezheva Z. M., Gubzhokova D. A. Optimization of the technology of compost preparation and cover material in the cultivation of double-leaf champignon. H. M. Nazranov. The current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management, Saline Zaymishche village, February 28, 2018. Saline Zaymishche village: Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2018. Pp. 629-633.
18. Optimization of the technology of compost preparation and coating material in the cultivation of double-leaf champignons. Nazranov H.M., Karezheva Z.M., Gubzhokova D.A., Bakhtiyarova N.V. Agricultural land use and food security: collection of materials of the IV International Scientific and Practical Conference. Nalchik: Kabardino-Balkarian State University, 2018. Pp. 7-10.
19. Industrial mushroom growing as an innovative direction of economic activity in the field of agriculture / Soldatenko A.V., Razin A.F., Nurmetov R.D., Devochkina N.L. // Scientific and practical journal "Vegetables of Russia" Publ. 2018. No. 3 (41). Pp. 89-92.
20. Titova, Yu. A. Champignon production by multibioconversion of shiitake and oyster mushroom biculture waste. Modern Mycology in Russia: Materials of the 4th Mycological Forum, Moscow, April 14-15, 2020. Pp. 462-464.
21. Aleksandrova E.G. Assessment of yield and quality of double-spore champignon mushrooms. E.G. Aleksandrova, V.A. Milyutkin, O.A. Blinova. BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, November 13-14, 2019. Kazan: EDP Sciences Publ., 2020. P. 00040.

Информация об авторах

И.Р. Азизов – аспирант кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»;

А.В. Русинов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»;

А.С. Анисимов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»;

Д.Г. Горюнов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины».

Information about the authors

I.R. Azizov – postgraduate student of the department "Technosphere safety and transport and technological machines";

A.V. Rusinov – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Technosphere safety and transport and technological machines";

S.A. Anisimov – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Technosphere safety and transport and technological machines";

D.G. Goryunov – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Technosphere safety and transport and technological machines".

Научная статья

УДК 635.634:631.8

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-84-90

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА «МУССОН F1»

Дубровина Ольга Алексеевна^{1✉}, Зубкова Татьяна Владимировна²

^{1,2}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Россия

¹laboratoria101@mail.ru✉

²zubkovatanua@yandex.ru

Аннотация. Овощеводство закрытого грунта – одно из приоритетных направлений работы АПК РФ. Оно призвано обеспечивать население свежей овощной продукцией в межсезонье. В 2022 году тепличная отрасль признана одним из самых доходных сегментов АПК. До 67 % полезной площади теплиц занимают огурцы. В этой связи, актуальным вопросом в повышение продуктивности огурца является изучение оптимизации минерального питания. В статье представлен анализ влияния многокомпонентных микроудобрений на интенсивность фотосинтеза огурца «Муссон F1» в условиях закрытого грунта. На разных этапах развития растений требуется определенный микроэлементный состав. В фазу 3-5 листьев эффективно применение Green-lift и Nutrivant plus melons, с фазы начала плодоношения Vitanol micro.

Ключевые слова: микроудобрения, огурец, подкормки.

Для цитирования: Дубровина О.А., Зубкова Т.В. Влияние минеральных компонентов на фотосинтетическую активность и продуктивность растений огурца «Муссон F1» // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 84-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-84-90>.

Original article

THE EFFECT OF MINERAL COMPONENTS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND PRODUCTIVITY OF CUCUMBER PLANTS "MUSSON F1"

Olga A. Dubrovina^{1✉}, Tatiana V. Zubkova²

^{1,2}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹laboratoria101@mail.ru✉

²zubkovatanua@yandex.ru

Abstract. Vegetable growing of the closed ground is one of the priority areas of the agro-industrial complex of the Russian Federation. It is designed to provide the population with fresh vegetable products in the off-season. In 2022, the greenhouse industry is recognized as one of the most profitable segments of the agro-industrial complex. Cucumbers occupy up to 67% of the useful area of greenhouses. In this regard, the study of optimization of mineral nutrition is an urgent issue in increasing cucumber productivity. The article presents an analysis of the effect of multicomponent micronutrients on the intensity of photosynthesis of cucumber "Monsoon F1" in closed ground conditions. At different stages of plant development, a certain trace element composition is required. In the phase of 3-5 leaves, the use of Green-life and Nutrivant plus melons is effective, from the phase of the beginning of fruiting Vitanol micro.

Keywords: micro fertilizers, cucumber, top dressing.

For citation: Dubrovina O.A., Zubkova T.V. The effect of mineral components on photosynthetic activity and productivity of cucumber plants "Monsoon F1". Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No 2(28). Pp. 84-90 <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-84-90>.

Введение

Овощеводство закрытого грунта – одно из приоритетных направлений работы АПК РФ. Оно призвано обеспечивать население свежей овощной продукцией в межсезонье. В 2022

году тепличная отрасль признана одним из самых доходных сегментов АПК. До 67 % полезной площади теплиц занимают огурцы [16]. Плоды огурца являются востребованным населением продуктом питания. Свою популярность культура огурца получила из-за скороспелости, урожайности и высокого потребительского спроса. Его рекомендуют для включения в низкокалорийные диеты, способствующие улучшению пищеварения, профилактике и лечению ряда заболеваний [7]. В этой связи актуальным вопросом повышения продуктивности огурца является изучение оптимизации минерального питания [9]. Для нормального роста и развития растения нуждаются в минеральных элементах. Важное место в системе минерального питания занимают макроэлементы N, P, K, Ca, Mg и микроэлементы; Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Mo, B [11, 15]. В сумме минеральные компоненты влияют на все физиологические процессы - дыхание, рост, развитие, фотосинтез, водный режим [1,10,13,17]. Поэтому для повышения урожайности и качества продукта, необходимо обратить внимание на оптимальное сбалансированное использование питательных веществ путем внесения удобрений.

В овощеводстве защищенного грунта нехватку микроэлементов компенсируют с помощью микроудобрений, применяя их в виде корневых или некорневых подкормок. [8,1].

Целью исследований было изучение влияния минеральных компонентов на фотосинтетическую активность и продуктивность растений огурца «Муссон F1».

Материалы и методы исследований

Эксперимент был проведен в виде четырех рендомизированных повторений в рассадно-овощной теплице при агропромышленном институте ЕГУ им. И.А. Бунина в г. Ельце, Липецкой области. Теплица выполнена из поликарбоната, однопролетная, общая полезная площадь – 200 м². Почвогрунт в теплице – органоминеральный. Состав: торф верховой – 10%, навозный компост – 30%, местные рыхлящие материалы (опилки хвойных, + песок) – 20%, дерновая земля – 15% к общему объему с оптимальными агрохимическими и агрофизическими свойствами. Плотность грунта составляла 0,55 г/см³, пористость – 75%, pH-6,32, NO₃ – 14,02 мг /кг, P₂O₅ – 121,5 мг/кг, K₂O – 228 мг/кг, Ca – 18,0 ммоль/100г, Mg – 5,0 ммоль/100 г, Cu 3,28 мг/кг, Zn – 11,22 мг/кг, Mn – 35,0 мг/кг, Ni – 2,40 мг/кг. Тяжелых металлов и радионуклидов не выявлено. Суточное количество ФАР в период плодоношения культуры составляло 800-900 Вт ч/м² ФАР. Схема посадки 50×70 см или 2,8 растений на метр квадратный. Уход за растениями огурца после посадки сводился к поддержанию в теплицах необходимого микроклимата. Объект исследований – культура огурца Муссон F1. Схема опыта представлена 8 вариантами: 1 – контроль – без обработки; 2 – green-lift; 3 – nutrivant plus melons; 4 – vitanol micro; 5- green-lift + nutrivant plus melons; 6 – green-lift + vitanol micro; 7 – nutrivant plus melons + vitanol micro; 8 – green-lift + nutrivant plus melons + vitanol micro.

В опыте проводили некорневую подкормку растений с интервалом 2 недели, начиная с фазы трех настоящих листьев и заканчивая фазой активного плодоношения. Концентрации растворов – 0,5 %. В процессе исследований проводили: фенологические наблюдения по методике Б.А. Доспехова (1985) [3]; морфологические наблюдения и фотосинтетический потенциал (ФП) определялся по Гавриленко В. Ф (2003) [2]; биохимический анализ плодов по И.К. Мурри (1961). [4]. Учет урожая производился по мере созревания плодов [3].

Характеристика объекта исследований: Муссон F1 – скороспелый, партенокарпический, гибрид огурца женского типа цветения, предназначенный для выращивания в культивационных сооружениях и в открытом грунте. Урожайность 18-22 кг/м² Начало массового плодоношения через 45 дней после появления первых всходов. Химический состав удобрений: Green-lift -комплексное микроудобрение выпускается в жидкой форме. Имеет универсальный состав, который отвечает биологическим потребностям растений семейства тыквенных: азот – 35 г/л, фосфор – 12,9 г/л, калий – 11,4 г/л, сера – 25,0 г/л, магний – 14,8 г/л, марганец – 11,4 г/л, цинк – 5,7 г/л, кремний – 3,8 г/л, железо – 3,0, г/л, бор – 1,7 г/л, медь – 2,5 г/л, молибден – 0,2 г/л, кобальт – 0,1 г/л, селен – 0,01 г/л. Nutrivant plus melons – азото-фосфорно-калийное удобрение (6-16-31) с микроэлементами и фертивантом. Форма выпуска

- кристаллический порошок. В состав удобрения входят: азот – 6%, фосфор – 16%, калий – 31%, магний – 2%, + микроэлементы: железо (Fe), % 0,4, бор (В), % 0,5, марганец (Mn), % 0,7, цинк (Zn), % 0,1 медь (Cu), % 0,01, молибден (Mo), % 0,005. Vitanol micro – выпускается в жидкой форме, обладает высокой концентрацией: сера – 25,0 г/л, магний – 20 г/л, марганец – 20 г/л, цинк – 20 г/л, кремний – 3,8 г/л, железо – 5,0, г/л, бор – 2,0 г/л, медь – 2,0 г/л, молибден – 1,0 г/л.

Результаты исследований и их обсуждение

Применение первой подкормки (в фазу трех листьев) не повлияло на соотношение пигментов, участвующих в процессе фотосинтеза во всех изучаемых вариантах, по отношению к контролю они были приблизительно равны. Незначительно выше сумма всех пигментов была в варианте 6 (green-lift + vitanol micro) - $2,880 \pm 0,13$ мг/г сырого веса, в варианте 8 (green-lift + nutritant plus melons + vitanol micro) - $2,826 \pm 0,31$ и в варианте 2 (green-lift) - $2,808 \pm 0,31$ мг/г сырого веса.

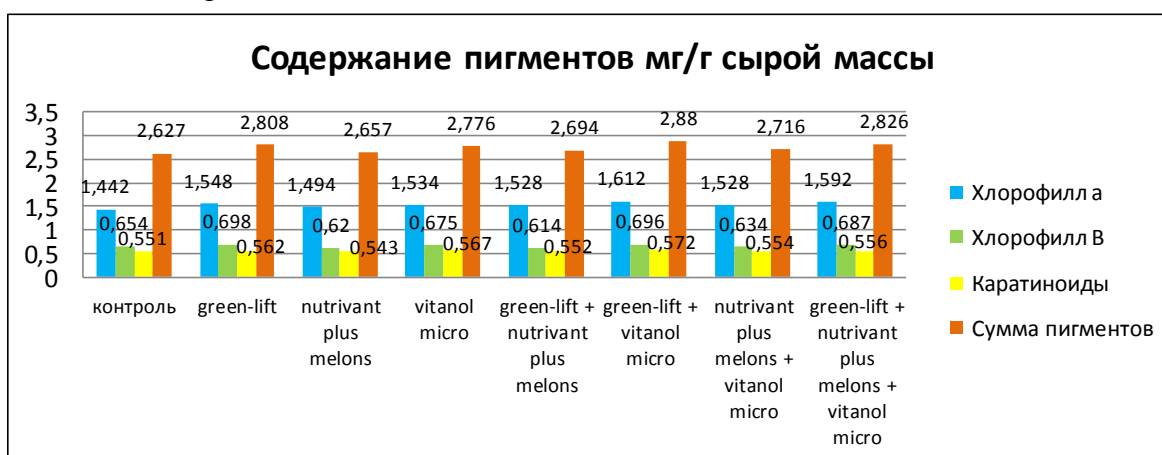


Рисунок 1. Интенсивность фотосинтеза (мг/г сырого веса) Муссон F1 в фазу трех листьев

После вторичной обработки растений изучаемыми удобрениями наивысшая фотосинтетическая активность отмечена в фазу пяти настоящих листьев на варианте 8 (green-lift + nutritant plus melons + vitanol micro). Общая сумма пигментов здесь возросла до $3,136$ мг/г сырого веса, из них на долю зеленых пигментов отведено: Хла - $1,912 \pm 0,0031$ мг/г сырого веса и Хлв - $0,872$ мг/г сырого веса.

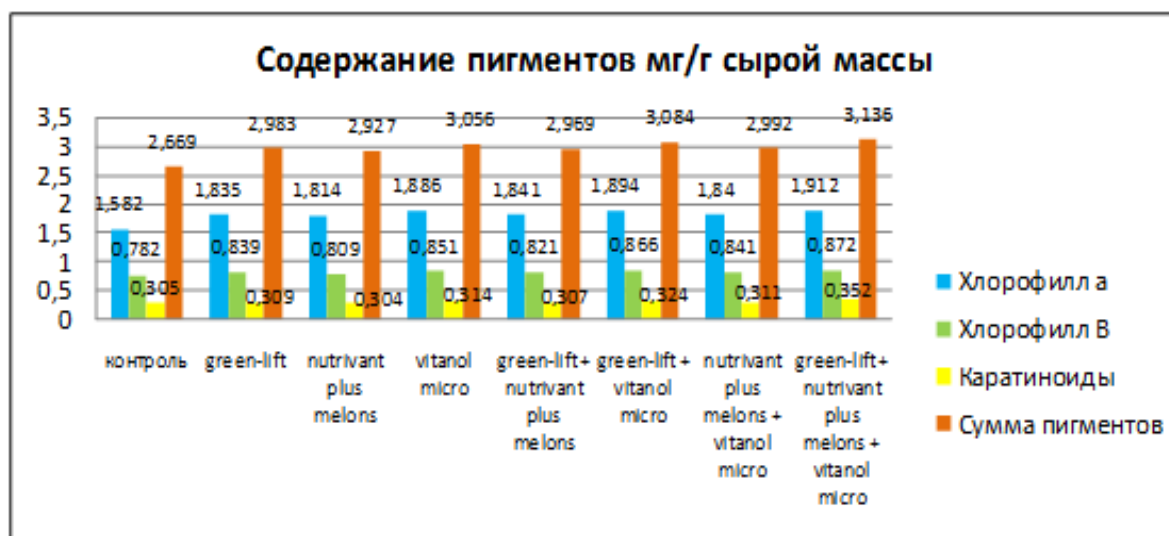


Рисунок 2. Интенсивность фотосинтеза (мг/г сырого веса) Муссон F1 в фазу пяти листьев

Высокий эффект на биохимические процессы в этот период получен при совместном использовании удобрений green-lift + vitanol micro (вариант 6) и vitanol micro (вариант 4). Сумма пигментов в этих вариантах была равна 3,084 и 3,056 мг/г сырого веса. При анализе вариантов 2, 3, 5, 7 присутствуют тенденции изменения содержания хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов между вариантами, но не выявлено их явное преимущество по отношению к контролю.

В период фазы цветения – отток ассимилянтов из листьев особенно остро проявлялся на контрольном варианте (без применения некорневых подкормок), его активность снизилась на 0,427 мг/г сырого веса в сравнении с предыдущей фазой. Более стабильно фотохимические процессы проходили в вариантах с применением vitanol micro, где сумма пигментов осталась в пределах предыдущей фазы и даже незначительно увеличилась (+0,50 мг/г сырого веса).

При обработке растений; green-lift + vitanol micro сумма всех пигментов увеличилась на 0,144 мг/г сырого веса. Максимальный эффект от удобрений до 3,425 мг/г сырого веса получен в варианте 8, при некорневой подкормке green-lift + nutrivan plus melons + vitanol micro.

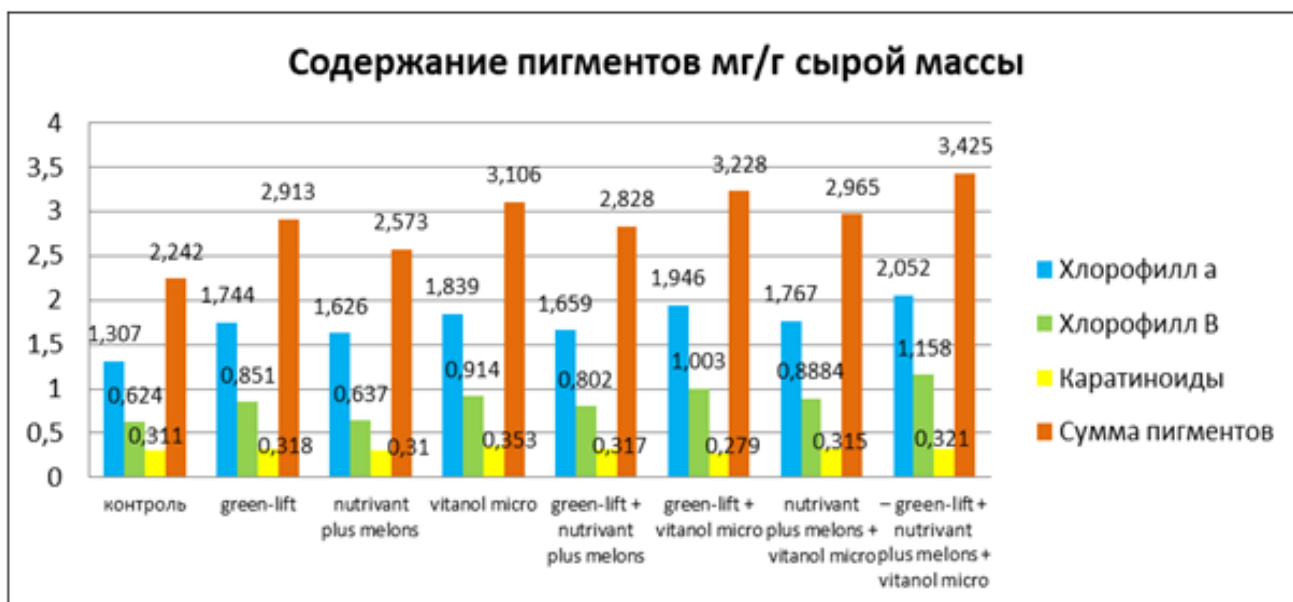


Рисунок 3. Интенсивность фотосинтеза (мг/г сырого веса) Муссон F1 в фазу цветения

Результаты исследования фотосинтетической активности, в период активного плодоношения культуры, после применения четвертой некорневой подкормки, позволили выявить дальнейшее снижение фотохимических процессов, происходящих в растении. В этот период за счет появления признаков старения растений, отмечено возрастание каротиноидов и отношение хлорофилла b по отношению к хлорофиллу а, что позволяет сделать вывод о проявлении защитной реакции растений. Более стабильно в эту фазу выглядели вариант 6 (green-lift + vitanol micro) и вариант 8 (green-lift + nutrivan plus melons + vitanol micro) (рис.4).

Некорневые подкормки огурца в защищенном грунте способствуют повышению урожайности культуры (табл. 1).

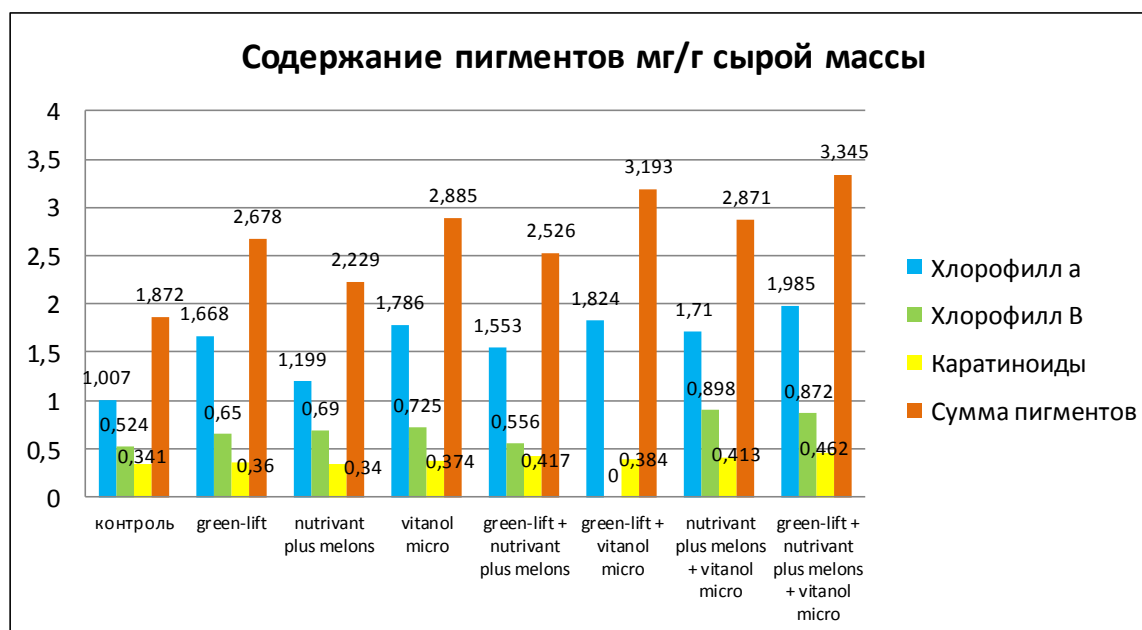


Рисунок 4. Интенсивность фотосинтеза (мг/г сырого веса) Муссон F1 в фазу плодоношения

Урожайность на контроле Муссон F1 составила 15,3 кг/м².

Таблица 1. Влияние удобрений на урожайность огурца кг/м² (среднее за оборот)

Вариант	Урожайность, кг/м ²	Прибавка к контролю, кг/м ²
1. контроль	15,3	-
2. green-lift	16,0	+0,7
3. nutritant plus melons	16,4	+ 1,1
4. vitanol micro	15,9	+0,2
5. green-lift + nutritant plus melons	17,6	+2,3
6. green-lift + vitanol micro	17,2	+1,9
7. nutritant plus melons + vitanol micro	17,1	+1,8
8. green-lift + nutritant plus melons + vitanol micro	19,8	+4,5

При применении удобрений самостоятельно в качестве некорневых подкормок самые высокие показатели урожайности были отмечены в варианте 2 с применением green-lift, урожайность огурца в среднем за весь период исследований на этом варианте была выше контроля на 1,1 кг/м². Показатели урожайности от самостоятельного применения удобрений и их сочетаний были в пользу парного применения. Максимальная урожайность отмечена в сочетании green-lift + nutritant plus melons - 17,6 кг/м². Наивысшая урожайность от некорневых подкормок получена в варианте 8 – green-lift + nutritant plus melons + vitanol micro, при максимальном сочетании макро и микроэлементного состава удобрений.

Выводы

1. Изучение фотосинтетического потенциала растений культуры огурца при применении некорневых подкормок в период вегетации гибрида Муссон F1 позволило сделать вывод, об эффективном применении удобрений green-lift, nutritant plus melons, vitanol micro. Химический состав этих удобрений восполнял потребность растений в микроэлементах по фазам развития культуры. Полученная в опытах урожайность подтверждает положительное действие агроприёма.

2. Полученные в эксперименте данные о влиянии минеральных компонентов, содержащихся в микроудобрениях, на фотосинтетическую активность и продуктивность растений огурца «Муссон F1» свидетельствуют о положительном отклике растений на некорневые подкормки многокомпонентными водорастворимыми удобрениями. На разных этапах развития растений требуется определенный микроэлементный состав: в фазу 3-5 листьев необходимы удобрения, содержащие в своем составе азот, с фазы начала плодоношения в состав удобрений должен входить магний, позволяющий предотвратить преждевременное разрушение хлорофилла и снизить процессы старения растений.

Список источников

1. Галаян А.Г., Лаврухина И.М. Вклад российских ученых в развитие представлений о фотосинтезе // Донского государственного аграрного университета. 2020. С. 60.
2. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: Академия, 2003. 256 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. 1985 г. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Мурри И.К. Биохимия огурца // Биохимия овощных культур. Л.-М.: Сельхозгиз, 1961. С. 173-205.
5. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. М.: Техносфера, 2010. 784 с.
6. Blanchard S. et al . The effect of pH on cucumber growth and nutrient availability in an unrelated aquaponic system with minimal removal of solid particles. Horticulture. 2020. Vol. 6. No. 1. P. 10.
7. Bowman K.D. Healthy, precocious and fertile hybrids obtained from *Microcitrus* spp. (*Citrus ichangensis*). HortScience. 1997. Vol. 32. No. 3. Pp. 440-441.
8. Campos C.N.S. et al. Deficiency of macronutrients in cucumber plants: effect on nutrition, growth and symptoms. Journal of Plant Nutrition. 2021. Vol. 44. No. 17. Pp. 2609-2626.
9. Chen J.H. Combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizers for crop growth and soil fertility. International seminar on sustainable management of the soil-rhizosphere system for the efficient production of crops and the use of fertilizers. Department of Land Management of Bangkok, Thailand, 2006. Vol. 16. No. 20. Pp. 1-11.
10. Hänsch R., Mendel R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Current opinion in plant biology. 2009. Vol. 12. No. 3. Pp. 259-266.
11. Jones C., Jacobsen J. Plant nutrition and soil fertility. Nutrient management module. 2005. Vol. 2. No. 11. Pp. 1-11.
12. Kumar S., Patel N. B., Saravaiya S. N. Response of parthenocarpic cucumber to fertilizers and training systems under NVPH in subtropical conditions. International Journal of Current Research. 2014. Vol. 6. No. 8. Pp. 8051-8057.
13. Pandey N. Role of plant nutrients in plant growth and physiology. Plant nutrients and abiotic stress tolerance. 2018. Pp. 51-93.
14. Roberts T.L. Improving nutrient use efficiency. Turkish journal of agriculture and forestry. 2008. Vol. 32. No. 3. Pp. 177-182.
15. Solopov V.A., Minakov I.A. Food safety in the field of production and consumption of plant products. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7. No. 4. Pp. 523-527.
16. Vassilev A., Nikolova A., Koleva L., Lidon F. Effects of excess Zn on growth and photosynthetic performance of young bean plants. Journal of Phytochemistry. 2011. V. 3(6). Pp. 58-62.

References

1. Galayan A.G., Lavrukhina I.M. Contribution of Russian scientists to the development of ideas about photosynthesis. Don State Agrarian University. 2020. P. 60.
2. Gavrilenko V.F., Zhigalova T.V. Large workshop on photosynthesis. M.: Academy Publ., 2003. 256 p.
3. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook for higher agricultural educational institutions. Stereotype. ed., reprinted from the 5th ed., additional and reprinted. 1985, Moscow: Alliance Publ., 2014. 351 p.
4. Murri I.K. Biochemistry of cucumber. Biochemistry of vegetable crops. L. M.: Selkhozgiz Publ., 1961. Pp. 173-205.
5. Pupyshev A.A. Atomic absorption spectral analysis.- M.: Technosphere Publ., 2010. 784 p.
6. Blanchard S. et al. The effect of pH on cucumber growth and nutrient availability in an unrelated aquaponic system with minimal removal of solid particles. Horticulture. 2020. Vol. 6. No. 1. P. 10.
7. Bowman K.D. Healthy, precocious and fertile hybrids obtained from *Microcitrus* spp. (*Citrus ichangensis*). HortScience. 1997. Vol. 32. No. 3. Pp. 440-441.
8. Campos C.N.S. et al. Deficiency of macronutrients in cucumber plants: effect on nutrition, growth and symptoms. Journal of Plant Nutrition. 2021. Vol. 44. No. 17. Pp. 2609-2626.
9. Chen J.H. Combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizers for crop growth and soil fertility. International seminar on sustainable management of the soil-rhizosphere system for the efficient production of crops and the use of fertilizers. Department of Land Management of Bangkok, Thailand, 2006. Vol. 16. No. 20. Pp. 1-11.
10. Hänsch R., Mendel R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Current opinion in plant biology. 2009. Vol. 12. No. 3. Pp. 259-266.
11. Jones C., Jacobsen J. Plant nutrition and soil fertility. Nutrient management module. 2005. Vol. 2. No. 11. Pp. 1-11.
12. Kumar S., Patel N. B., Saravaiya S. N. Response of parthenocarpic cucumber to fertilizers and training systems under NVPH in subtropical conditions. International Journal of Current Research. 2014. Vol. 6. No. 8. Pp. 8051-8057.
13. Pandey N. Role of plant nutrients in plant growth and physiology. Plant nutrients and abiotic stress tolerance. 2018. Pp. 51-93.
14. Roberts T.L. Improving nutrient use efficiency. Turkish journal of agriculture and forestry. 2008. Vol. 32. No. 3. Pp. 177-182.
15. Solopov V.A., Minakov I.A. Food safety in the field of production and consumption of plant products. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7. No. 4. Pp. 523-527.
16. Vassilev A., Nikolova A., Koleva L., Lidon F. Effects of excess Zn on growth and photosynthetic performance of young bean plants. Journal of Phytology. 2011. V. 3(6). Pp. 58-62.

Информация об авторах

О.А. Дубровина – кандидат биологических наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Т.В. Зубкова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

O.A. Dubrovina – candidate of biological sciences, associate professor of the department of agrotechnology, storage and processing of agricultural products;

T.V. Zubkova – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agrotechnology, storage and processing of agricultural products.

Научная статья
УДК 635.21:631.8
DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-91-98

ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ОПЫТНОГО ПОЛЯ БРЯНСКОГО ГАУ

**Нечаев Михаил Макарович^{1✉}, Мельниченко Константин Вячеславович²,
Кондалеева Виктория Валерьевна³**

^{1,2,3}Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

¹nmm0704@mail.ru✉

²moonvel@yandex.ru

³kafeap@bgsha.com

Аннотация. В условиях серых лесных почв опытного поля Брянского ГАУ исследовали комплексную систему защиты растений картофеля препаратами АО Фирма «Август». В результате проведения исследований установлено, что обработка клубней при посадке препаратом Идикум, СК полностью защитила картофель от колорадского жука ровно на 43 дня. В дальнейшем потребовалась 3-х кратная обработка вегетирующих растений картофеля инсектицидами в составе баковых смесей, что способствовало полной гибели личинок и взрослых жуков. Кроме этого была продемонстрирована высокая эффективность Идикума, СК против проволочника. Обработка посадок картофеля гербицидами при строгом соблюдении регламента их применения показала отличный результат – поле до уборки оставалось свободным от сорной растительности. Фунгицидная защита позволила не допустить даже малейшего поражения картофеля фитофторозом и альтернариозом. В непростых погодных условиях вегетационного периода 2022 года получен рекордный урожай здоровых клубней. Исследуемая схема защиты картофеля от комплекса вредных объектов препаратами АО «Фирма Август» необходимо рекомендовать сельхозпредприятиям всех форм собственности для практического применения, не только как достойную альтернативу препаратам зарубежных компаний – производителей, но и как имеющую целый ряд преимуществ перед ними (цена, логистическая доступность, эффективность, агрономическое сопровождение и др.).

Ключевые слова: картофель, сорт, урожайность, пестициды, болезни, вредители, сорняки.

Для цитирования: Нечаев М.М., Мельниченко К.В., Кондалеева В.В. Защита картофеля в условиях опытного поля Брянского ГАУ // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 91-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-91-98>.

Original article

POTATO PROTECTION UNDER THE CONDITIONS OF THE BRYANSK SAU EXPERIMENTAL FIELD

Mikhail M. Nechaev^{1✉}, Konstantin V. Melnichenko², Victoria V. Kondaleeva³

^{1,2,3}Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia

¹nmm0704@mail.ru✉

²moonvel@yandex.ru

³kafeap@bgsha.com

Abstract. In the conditions of gray forest soils of the experimental field of the Bryansk SAU, a comprehensive system for protecting potato plants with preparations of JSC Firm August was investigated. As a result of the research, it was established that the treatment of tubers during planting with Idikum, the UK completely protected the potatoes from the Colorado beetle for exactly 43 days. Subsequently, it was necessary to 3-fold treatment of vegetating potato plants with insecticides as part of tank mixtures, which contributed to the complete death of larvae and adult beetles. In addition, the high effectiveness of Idicum, SC against the wire was demonstrated. Treatment of potato plantings with herbicides, with strict observance of the regulations for their use, showed an excellent result - the field remained free of weed vegetation before harvesting. Fungicidal protection made it possible to prevent even the slightest defeat of potatoes by blight and alternariosis. In the difficult weather conditions of the growing season of 2022, a record harvest of

healthy tubers was obtained. The studied scheme for protecting potatoes from a complex of harmful objects with drugs of JSC "Firm August" should be recommended to agricultural enterprises of all forms of ownership for practical use, not only as a worthy alternative to drugs of foreign companies - manufacturers, but also as having a number of advantages over them (price, logistic availability, efficiency, agronomic support, etc.).

Keywords: potatoes, variety, yield, pesticides, diseases, pests, weeds.

For citation: Nechaev M.M., Melnichenko K.V., Kondaleeva V.V. Potato protection under the conditions of the Bryansk SAU experimental field. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023, No. 2(28). pp. 91-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-91-98>.

Введение

Картофель является одной из основных продовольственных культур юго-запада России, за что в народе его называют «вторым хлебом» [11]. Являясь хорошим предшественником для большинства возделываемых культур, картофель является агротехнически значимой культурой [14].

В настоящее время на территории России возделывают более 160 различных по созреванию и хозяйственному назначению сортов картофеля. По сроку созревания сорта картофеля делятся на группы: ранние (50-70 дней); среднеранние (75-90 дней); среднеспелые (100-110 дней); среднепоздние (110-120 дней); поздние (созревают более 120 дней) [6].

Брянская область до 1991 года являлась крупным производителем товарного картофеля и обладала значительными мощностями по его переработке. В это время в сельскохозяйственных предприятиях области картофель возделывался на площади около 78 тыс. га, с валовым сбором около 1,5 млн. тонн клубней, после чего по различным причинам произошел резкий спад производства товарного картофеля [4].

В настоящее время картофелеводство на подъеме, растут площади посадок картофеля, и увеличивается валовый сбор. Так, в 2019 году в сельскохозяйственных организациях и крестьянско-фермерских хозяйствах картофель был посажен на площади соответственно 28,3 и 17,4 тыс. га [10].

В 2022 году в сельскохозяйственных организациях произошло увеличение площадей данной культуры до 29,8 тыс. га. При возделывании картофеля используются западноевропейские технологии, которые дают урожайность клубней картофеля на уровне 40-50 т/га, а на новых перспективных сортах до 60-70 т/га. Однако реализовать свою продуктивность сорт может только в условиях соблюдения систем земледелия, удобрения и защиты растений [1, 3, 12, 13].

Цель исследования – изучить роль системы защиты растений в реализации продуктивности различных сортов картофеля в условиях серых лесных почв опытного поля Брянского ГАУ.

Материалы и методы исследований

Брянская область характеризуется умеренно теплым и влажным климатом. Средняя многолетняя температура воздуха января колеблется в пределах – 7,3... – 8,9 °С, а июля – 18,0...19,5 °С. Продолжительность периода вегетации колеблется от 136 до 154 дней, сумма температур периода вегетации варьирует от 2150 до 2450 °С. Средняя многолетняя сумма осадков около 580 мм. На зимний период приходится около 35%, а на летний – 60%. Минимум осадков выпадает в феврале-марте, максимум в июле. В виде дождя выпадает 70 % осадков, 30% – в виде снега [8].

Исследования проводили на различных сортах в условиях серых лесных почв опытного поля Брянского ГАУ в период с 2021 по 2022 гг., в системе защиты растения использовали препараты АО Фирма «Август». Почвенный покров представлен серой лесной легкосуглинистой почвой на карбонатном лессовидном суглинке, со следующими агрохимическими свойствами: рН_{KCl} – 5,7 ед., содержание С_{орг.} – 3,69 % (по Тюрину), содержание Р₂О₅ и К₂О соответственно 322 и 184 мг/кг почвы (по Кирсанову). Обеспеченность микроэлементами – слабая.

Для выявления роли системы защиты растений в продуктивности клубней картофеля использовали следующую схему и последовательность использования пестицидов, показанную в таблице 1.

Таблица 1. Система защиты картофеля

Наименование препарата, норма расхода	Вредоносный объект	Способ и срок обработки
Инсекто-фунгициды		
Идикум, СК, 4,5 л/га	Ризоктониоз, антракноз, проволочник, тли	Протравливание клубней и дна борозды при посадке
Гербициды		
Лазурит Ультра, СК, 1,0 л/га	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание почвы до всходов и при высоте растений 5 см
Лазурит Ультра, СК, 0,3 л/га		Опрыскивание по второй волне отрастающих сорняков
Квикстеп, МКЭ, 0,8 л/га		Опрыскивание против злаковых сорняков
Инсектициды		
Борей Нео, СК, 0,15 л/га	Колорадский жук, тли	Опрыскивание посадок при появлении вредителей
Скутум, СК, 0,06 л/га		Опрыскивание при наличии вредителей в 3-4 обработку
Фунгициды		
Метаксил, СП + Полифем, Ж, 2,5 кг/га + 0,05 л/га	Фитофтороз, альтернариоз	В период активного роста ботвы
Инсайд, СК + Раек, КЭ, 1 + 0,4 л/га		Через 7 – 10 дней после первой
Ордан МЦ, СП + Интрада, СК + Полифем, Ж, 2,5 кг/га + 0,3 + 0,05 л/га		Через 7 – 10 дней после второй
Инсайд, СК + Раек, КЭ, 1 + 0,4 л/га		Через 7 – 10 дней после третьей
Талант, СК, 1 л/га		Через 7 – 10 дней после четвертой
Контрольный вариант (без обработки средствами защиты растения)		

Система земледелия картофеля – общепринятая для зоны исследования. Озимая пшеница являлась предшественником. 28 апреля проводили вспашку на глубину 22 см, а 30 апреля – культивацию на глубину 15 см. Минеральные удобрения (азофоска) в норме N₈₀P₈₀K₈₀ вносили вручную под культивацию. 18 мая проводили посадку различных сортов картофеля по схеме посадки 75 × 28 см. Норма посадки 3,5 т/га.

06 июня проводили наращивание трапецевидных гребней фрезой.

В период вегетации производили 5 обработок от фитофтороза: 1-ю до смыкания ботвы в рядках - 29 июня, 2-ю – 06 июля, 3-ю – 13 июля, 4-ю – 20 июля, 5-ю – 01августа. Три обработки осуществлены баковыми смесями с инсектицидами – Борей Нео, СК и Скутум, СК.

Поражение ботвы (листьев) фитофторозом и альтернариозом оценивали по 9-балльной шкале: 9 баллов – очень высокая устойчивость, симптомы поражения отсутствуют; 8 баллов – высокая устойчивость, поражение может составлять от 1 до 10% поверхности в виде единичных пятен на отдельных растениях (примерно до 10 листьев поражены инфекцией); 7 баллов – относительная устойчивость, поражается от 10 до 25% поверхности листьев (симптомы поражения могут отмечаться почти на всех листьях у большей части растений, но кусты сохраняют нормальную форму, явно преобладающий цвет – зеленый); 5 баллов –

средняя устойчивость, поражается от 25 до 50% поверхности листьев растений; 3 балла – низкая устойчивость; поражается более 50% площади листьев всех растений; 1 балл – очень низкая устойчивость, все листья растений сильно поражены.

Первый учет по поражению ботвы фитофторозом и альтернариозом проводили во время цветения картофеля, последующие с интервалом 7-10 дней [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Использования Идикум, СК в дозе 4,5 л/га в 2022 году при посадке клубней полностью защитило на 43 дня картофель от колорадского жука, что на 3 дня превышало показатель 2021 года [5]. Что, по-видимому, связано с прохладной погодой в начале июня. Только 29 июня появились первые личинки. Баковая смесь инсектицидов в составе Борей Нео, СК и Скутум, СК, которая в дальнейшем использовалась при обработке вегетирующих растений картофеля в 3-х кратной повторности, привела к полной гибели личинок и взрослых жуков.

Что касается эффективности Идикум, СК против проволочника, то в 2022 году у исследуемых сортов повреждений проволочником практически не было. При фитосанитарном обследовании (раскопках) личинок проволочника на демонстрационных посадках картофеля также не обнаружено.

В 2022 году клубни картофеля нового урожая практически не были поражены заболеваниями, наблюдали только паршу обыкновенную на сорте Айл Оф Джура, по видимому, это связано с качеством семенного материала, который, возможно, был заражен данным патогеном (перед посадкой клубневой анализ не проводили). Других заболеваний на исследуемых сортах отмечено не было. Это свидетельствует о высокой фунгицидной эффективности препарата Идикум, СК.

Прохладная дождливая погода мая сдерживала массовое прорастание сорной растительности [9]. При этом на момент формирования гребней количество сорняков достигало более 75 шт./м². Для создания «экрана» использовали гербицид Лазурит Ультра, СК, который наносили на гладкую поверхность почвы (после фрезы), что препятствовало прорастанию сорной растительности. Применение данного гербицида дало отличный результат, только через 8 дней в посадках картофеля появились единичные растения куриного проса (2-3 шт./м²). Для сдерживания прорастания «второй» волны сорных растений использовалась баковая смесь Лазурит Ультра, СК и Квикстеп, МКЭ. Результативность данной смеси составила 99 %, наблюдали единичные растения куриного проса, которые находились под покровом листьев картофеля и на них соответственно не попали гербициды. В дальнейшем активно развивающийся картофель полностью закрыл листовым аппаратом все пространство, и второй «волны» сорняков не последовало до конца вегетационного периода. Следует отметить, что на контрольном варианте – без применения гербицидов, количество сорняков, прежде всего куриного проса, из-за огромного количества не поддавалось учету.

Таким образом, использование препарата Лазурит Ультра, СК и баковой смеси Лазурит Ультра, СК и Квикстеп, МКЭ выявило в условиях 2022 года отличный результат – до момента уборки картофельное поле оставалось идеально чистым. При этом одним из обязательных условий успешного сдерживания прорастания сорняков является применение гербицида Лазурит Ультра, СК на гладкую поверхность влажной почвы.

Следует напомнить, что прохладная погода в мае – начале июня 2022 года не благоприятствовала развитию фитофтороза и альтернариоза на картофеле. Однако по мере повышения температурного фона возрастала угроза поражения картофеля этими патогенами. Нашими экспериментальными исследованиями доказана высокая эффективность фунгицидов против патогенов. Причем в профилактических целях обработки проводились через 7-10 дней. Все изучаемые сорта в течение вегетационного периода либо совсем не имели признаков поражения, либо имели единичные пятна заболеваний, купируемые при проведении очередной фунгицидной обработки, проявив устойчивость на уровне 8–9 баллов. Полученный результат подтверждает высочайшую эффективность применявшейся схемы защиты, что позволило получить

абсолютно здоровый листовой аппарат практически до начала биологического старения растений [7]. В этом случае при подготовке к уборке была необходима десикация, которую проводили экспериментальным препаратом – Сахара, ВР в дозировках 0,15 и 0,25 л/га. Проведенные мероприятия позволили получить рекордную урожайность клубней за все годы демонстрационных испытаний по большинству изучаемых сортов (табл. 2).

Применение экспериментального препарата для десикации Сахара, ВР показало, что предварительно рекомендованные дозировки: а) - 0,15 л/га (двукратно) и б) - 0,25 л/га (однократно) явно недостаточны для быстрого и эффективного высушивания ботвы картофеля и некоторых сорняков (если таковые имеются). И в первом, и во втором случае усыхание ботвы происходило очень медленно (с 02 сентября по 27 сентября), а у сорта Кумач и через 30 дней после применения этот показатель составил не более 50%. В то же время, листовой аппарат такого сорняка, как вьюнок полевой исчез практически за 3-4 дня, а на бодяк полевой Сахара, ВР никакого угнетающего действия не оказала вовсе.

Таблица 2. Урожайность сортов картофеля на демонстрационных посевах, ц/га

Сорт	2021 г.	2022 г.	Сорт	2021 г.	2022 г.	Сорт	2021 г.	2022 г.
Оригинатор – ФГБНУ "ВНИИКХ имени А.Г. Лорха"			Оригинатор – ООО "Дока-Генные Технологии"			Егорьевская коллекция сортов картофеля		
Евпатий	330	496	Индиго	362	583	Мусинский	303	335
Варяг	541	563	Айл Оф Джура	802	745	Лучезарный	484	861
Тайфун	336	426	Ла Страда	368	571	Инара	381	771
Метеор	480	673	Кингсмен	395	583	Фламинго	408	550
Спринтер	295	550	Калинка	482	965	Юлия	–	413
Пламя	412	560	Гэтсби	724	600	Першацвет	–	725
Чароит	499	653	Прайм	330	779	Гарантия	–	520
Гулливёр	780	621	Кармен	392	788	Мастак	–	698
Гранд	368	316	Оригинатор – Германский Семенной Альянс			Манифест	–	473
Утро	454	458	Опал	510	938	Десятка	–	811
Кумач	302	575	Лабелла	335	605	Водар	–	986
Фаворит	574	489	Лилли	338	553	Отолия	–	1335
Вымпел	704	636	Ред леди	424	665	Сальса	–	724
Оригинатор – ООО «НОРИКА-СЛАВИЯ»			Реал	504	549	Изюминка	–	1086
Аксинья	301	821	Эдисон	420	668			
Балтик Роуз	302	791						
Пароли	381	825						
Гала	639	810						
Фиделия	852	424						
Балтик Фаер	438	–						

На контрольном варианте листья и стебли растений картофеля к 10 августа были сильно поражены патогенами, что привело к получению урожая клубней картофеля практически у всех сортов на уровне 80 ц/га. В 2022 году сорт Гала показал полное (1 балл) отсутствие устойчивости к фитофторозу, это же наблюдали и в 2021 году. Без применения средств защиты растения все изучаемые сорта продемонстрировали такую же низкую устойчивость к альтернариозу, на уровне 2 баллов.

Сорта картофеля различных коллекций, высаженных в рамках проведения выставки – «День Брянского поля-2022» с применением средств защиты растения, показали высокую эффективность применявшейся их защиты, это позволило получить высокую (биологическую) урожайность клубней в сложных погодных условиях вегетационного периода 2022 года, выше, чем в 2021 году (табл. 2).

В условиях использования технологических приемов (система удобрения и защиты растений), а также природно-климатических условий и плодородия серой лесной почвы обеспечивало урожайность клубней сортов картофеля от 316 до 1335 ц/га в зависимости от сорта.

Минимальную урожайность 316 ц/га выявили при возделывании сорта картофеля Гранд (Оригинатор – ФГБНУ "ВНИИКХ имени А.Г. Лорха"), а максимальную урожайность 1335 ц/га обеспечило возделывание сорта картофеля Отолия (Егорьевская коллекция сортов картофеля).

Выводы

1. Нами установлено, что использование препарата Идикум, СК при посадке защитило картофель от колорадского жука на 43 дня. В дальнейшем потребовалась 3-х кратная обработка вегетирующих растений картофеля инсектицидами в составе баковых смесей, что способствовало полной гибели личинок и взрослых жуков. Обнаружена высокая эффективность Идикума, СК против проволочника, все изучаемые сорта не имели повреждения клубней этим вредителем.

2. Обработка посадок картофеля гербицидами при строгом соблюдении регламента их применения показала отличный результат – поле до уборки оставалось свободным от сорной растительности.

3. В непростых погодных условиях периода вегетации 2022 года получен рекордный урожай здоровых клубней за счет применения фунгицидной защита картофеля, которая не допустила даже малейшего поражения растений фитофторозом и альтернариозом.

4. Считаем, что количество препарата Сахара, ВР на единицу обрабатываемой площади необходимо увеличить, а более точную дозировку выяснить продолжением эксперимента.

5. Рекомендуем применять препараты АО «Фирма Август» в системе защиты картофеля сельхозпредприятиями всех форм собственности не только как достойную альтернативу препаратам зарубежных компаний-производителей, но и как имеющую целый ряд преимуществ перед ними (цена, логистическая доступность, эффективность, агрономическое сопровождение и др.).

Список источников

1. Биопрепараты для защиты картофеля от болезней / Л.И. Пусенкова, В.М. Глез, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, И.В. Максимов // Защита и карантин растений. 2010. № 10. С. 26-28.

2. Болезни, вредители и сорные растения картофеля. Методы диагностики и учета / В.Н. Зейрук, Г.Л. Белов, И.Н. Гаспарян и др. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 256 с.

3. Зейрук В.Н., Абашкин О.В., Дорожкина Л.А. Применение Силипланта для снижения пестицидной нагрузки и повышения урожая картофеля // Агрехимический вестник. 2010. № 2. С. 20-21.

4. Использовать региональные ресурсы для картофеля / А.А. Молявко, А.В. Марухленко, Л.А. Еренкова, Н.П. Борисова, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 5-12.

5. Нечаев М.М., Смольский Е.В. Эффективность средств защиты картофеля в условиях серых лесных почв Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 10-17.

6. Оценка сортов картофеля на пригодность к переработке на хрустящий картофель и фри в условиях Приморского края / Д.И. Волков, И.В. Ким, А.А. Гисюк, А.Г. Клыков // Овощи России. 2022. № 5. С. 35-42.

7. Приемы снижения вирусной инфекции на семенном картофеле / А.А. Молявко, А.В. Марухленко, Н.П. Борисова, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 15-22.

8. Просянных Е.В., Молявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных

- ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.
9. Профилактика вирусных болезней, контролируемых в семеноводстве картофеля / Б.В. Анисимов, З.А. Марзоев, С.Н. Зебрин, Е.Г. Блинков, И.А. Грачева // Защита и карантин растений. 2022. № 9. С. 27-31.
10. Развитие аграрного сектора экономики Брянской области – 2021 год / Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Е. Ториков, А.В. Дронов, А.А. Осипов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 3-9.
11. Савельев В.А. Картофель: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 240 с.
12. Стимуляторы роста и фунгициды при возделывании и хранении картофеля / А.А. Молявко, Н.П. Борисова, А.В. Марухленко, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 15-19.
13. Химическая защита картофеля препаратами ООО "Агрорус и Ко" / Г.Л. Белов, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, С.В. Васильева, М.К. Даниленков, А.А. Коблов // Аграрный научный журнал. 2021. № 5. С. 9-14.
14. Эффективность возделывания картофеля / А.А. Молявко, А.В. Марухленко, Н.П. Борисова, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 6. С. 31-38.

References

1. Biologics for the protection of potatoes from diseases. L.I. Pusenkova, V.M. Glez, V.N. Zeiruk, M.K. Derevyagina, I.V. Maksimov. Protection and quarantine of plants. 2010. No. 10. Pp. 26-28.
2. Potato diseases, pests and weeds. Diagnostic and accounting methods. V.N. Zeiruk, G.L. Belov, I.N. Gasparyan, St. Petersburg: Lan' Publ., 2022. 256 p.
3. Zeiruk V.N., Abashkin O.V., Dorozhkina L.A. Use of Siliplant to reduce pesticide load and increase potato yield. Agrochemical Herald. 2010. No. 2. Pp. 20-21.
4. Use regional resources for potatoes. A.A. Molyavko, A.V. Marukhlenko, L.A. Erenkova, N.P. Borisova, N.M. Belous, V.E. Torikov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2018. No. 3. Pp. 5-12.
5. Nechaev M.M., Smolsky E.V. Effectiveness of potato protection products in gray forest soils of the Bryansk region. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2022. No. 3. Pp. 10-17.
6. Assessment of potato varieties for the suitability for processing for crispy potatoes and fries in the conditions of the Primorsky Territory. D.I. Volkov, I.V. Kim, A.A. Gisyuk, A.G. Klykov. Vegetables of Russia. 2022. No. 5. Pp. 35-42.
7. Techniques for reducing viral infection on seed potatoes. A.A. Molyavko, A.V. Marukhlenko, N.P. Borisova, N.M. Belous, V.E. Torikov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2021. No. 5. Pp. 15-22.
8. Prosyannikov E.V., Malyavko G.P., Mameev V.V. The current state of natural resources of crop production in the Bryansk region. Agrochemical Herald. 2021. No. 6. Pp. 45-49.
9. Prevention of viral diseases controlled in potato seed production. B.V. Anisimov, Z.A. Marzoev, S.N. Zebrin, E.G. Blinkov, I.A. Gracheva. Plant protection and quarantine. 2022. No. 9. Pp. 27-31.
10. Development of the agricultural sector of the economy of the Bryansk region – 2021. N.M. Belous, S.A. Belchenko, V.E. Torikov, A.V. Dronov, A.A. Osipov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2021. No. 5. Pp. 3-9.
11. Savelyev V.A. Potatoes: monograph. St. Petersburg: Lan' Publ., 2017. 240 p.
12. Growth stimulators and fungicides during potato cultivation and storage. A.A. Molyavko, N.P. Borisova, A.V. Marukhlenko, N.M. Belous, V.E. Torikov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2020. No. 2. Pp. 15-19.
13. Chemical Protection of Potatoes with Preparations of LLC «Agrorus and Co».

G.L.Belov, V.N. Zeiruk, M.K. Derevyagina, S.V. Vasilyeva, M.K. Danilenkov, A.A. Koblov. Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 5. Pp. 9-14.

14. Efficiency of potato cultivation. A.A. Molyavko, A.V. Marukhlenko, N.P. Borisova, N.M. Belous, V.E. Torikov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2020. No. 6. Pp. 31-38.

Информация об авторах

М.М. Нечаев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства;

К.В. Мельниченко – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии;

В.В. Кондалеева – студент.

Information about the authors

M.M. Nechaev – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agronomy, selection and seed production;

K.V. Melnichenko – graduate student of department of agrochemistry, soil science and ecology;

V.V. Kondaleeva – student.

Научная статья

УДК 631.4

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-99-113

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА КРЕМНИСТЫХ ПОРОДАХ ЮГО-ЗАПАДА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Степанцова Людмила Валентиновна^{1✉}, Красин Вячеслав Николаевич²,

Мацнев Игорь Николаевич³, Красина Татьяна Владимировна⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

¹Stepanzowa@mail.ru[✉]

²krasin84@yandex.ru

³min74@mail.ru

Аннотация. Пестрый состав почвообразующих пород юго-запада Калужской области определяет формирование комплекса уникальных дерново-подзолистых почв, различающихся по степени проявления подзолистого процесса, гранулометрическому составу, физическим и водно-физическим свойствам. Дерново-подзолистые почвы на коре выветривания трепелов и опок имеют профиль А1-А2-А2f количество щебнистого материала органических пород составляет 5-20%, содержание ила в их профиле изменяется от 2-3% в верхних горизонтах до 30% в нижних. Низкая 0,6-0,7 г/см³ плотность почвы сопровождается слабой эрозионной устойчивостью. Широкий 25-30% диапазон активной влаги определяет хорошую обеспеченность влагой. Дерново-грунтово-глеевые почвы на коре выветривания трепелов и опок формируются в условиях близкого 1м залегания грунтовых вод и имеют профиль А1g-Bg-G. Плотность почвы - 0,9-1,1 г/см³, пористость выше 60%. Диапазон активной влаги 15-20%. Дерново-подзолистые почвы на водно-ледниковых отложениях малой мощности, подстилаемые корой выветривания трепелов и опок характеризуются дифференциацией профиля на горизонты А1-А2-Bg, количество щебнистого материала менее 10%, содержание ила изменяется от 1-2% - в верхних горизонтах до 20-25% - в нижних. Плотность верхних горизонтов около 1 г/см³, нижних 0,7-0,8 г/см³, диапазон активной влаги с глубины 20-50 см составляет 20-25%. Дерново-подзолистые почвы на водно-ледниковых отложениях мощностью более 50 см, подстилаемые корой выветривания трепелов и опок, имеют строение А2-А2-Bg-Cg, содержание щебнистого материала различного состава менее 5%, содержание ила изменяется от 1-2% до 12-15%, плотность в средней части профиля выше 1,4 г/см³, диапазон активной влаги менее 10%. Дерново-слабоподзолистые почвы на каменных песках имеют строение А1-А1А2-Bf. Количество щебнистого материала менее 1%, содержание песка более 70%, ила - менее 5%, плотность 1,1-1,2 г/см³, диапазон активной влаги менее 5%. Дерново-слабоподзолистые почвы на моренных отложениях, подстилаемые трепелами и опоками, характеризуются профилем А1g-А2g,fs-Bf-C. Количество щебнистого материала различного состава менее 5%, содержание ила изменяется от 2-3 до 15%, плотность горизонта А2 достигает 1,4 г/см³, диапазон активной влаги - 8-10%.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, опок, трепела, морена, водно-ледниковые пески, садопригодность, физические и водно-физические свойства, гранулометрический состав, морфология.

Для цитирования: Морфологические особенности и водно-физические свойства дерново-подзолистых почв на кремнистых породах юго-запада Калужской области / Л.В. Степанцова, В.Н. Красин, И.Н. Мацнев, Т.В. Красина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №2(28). С.99-113. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-99-113>.

Original article

MORPHOLOGICAL FEATURES AND WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOILS ON SILICEOUS ROCKS OF THE SOUTH-WEST OF THE KALUGA REGION

Lyudmila V. Stepanzova^{1✉}, *Vyacheslav N. Krasin*², *Igor' N. Matsnev*³, *Tat'yana V. Krasina*⁴

^{1,2,3,4}Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

¹Stepanzowa@mail.ru✉

²krasin84@yandex.ru

³min74@mail.ru

Abstract. *The variegated composition of the soil-forming rocks of the south-west of the Kaluga region determines the formation of a complex of unique sod-podzolic soils, differing in the degree of manifestation of the podzolic process, granulometric composition, physical and water-physical properties. Sod-podzolic soils on the weathering crust of trepels and flakes have a profile A1-A2-A2f the amount of gravelly material of organic rocks is 5-20%, the silt content in their profile varies from 2-3% in the upper horizons to 30% in the lower ones. Low 0.6-0.7 g/cm³ soil density is accompanied by weak erosion resistance. A wide 25-30% range of active moisture determines good moisture security. Sod-ground-gley soils on the weathering crust of trepels and flakes are formed under conditions of close 1m groundwater occurrence and have A1g-Bg-G profile. Soil density is 0.9-1.1 g/cm³, porosity is above 60%. The range of active moisture is 15-20%. Sod-podzolic soils on water-glacial deposits of low thickness, underlain by the weathering crust of trepels and flakes are characterized by differentiation of the profile into A1-A2-Bg horizons, the amount of gravelly material is less than 10%, the silt content varies from 1-2% - in the upper horizons to 20-25% - in the lower ones. The density of the upper horizons is about 1 g / cm³, the lower 0.7-0.8 g / cm³, the range of active moisture from a depth of 20-50 cm is 20-25%. Sod-podzolic soils on water-glacial deposits with a thickness of more than 50 cm, underlain by the weathering crust of trepels and flakes, have the structure A2-A2-Vd-Cg, the content of gravelly material of various compositions is less than 5%, the silt content varies from 1-2% to 12-15%, the density in the middle part of the profile above 1.4 g/cm³, the range of active moisture is less than 10%. Sod-slobodzolic soils on kama sands have the structure A1-A1A2-Bf. The amount of gravelly material is less than 1%, the sand content is more than 70%, silt is less than 5%, density is 1-1.2 g/cm³, the range of active moisture is less than 5%. Sod-weakly podzolic soils on moraine sediments, underlain by trepels and flanks are characterized by the profile A1g-A2g, fs-Bf-C. The amount of gravelly material of various compositions is less than 5%, the silt content varies from 2-3 to 15%, the density of the A2 horizon reaches 1.4 g/cm³, the range of active moisture is 8-10%.*

Keywords: *Keywords: sod-podzolic soils, flanks and trepels, moraine, water-glacial sands, horticultural suitability, physical and water-physical properties, granulometric composition, morphology.*

For citation: *Morphological features and water-physical properties of sod-podzolic soils on siliceous rocks of the south-west of the Kaluga region. L.V. Stepancova, V.N. Krasiv, I.N. Macnev, T.V. Krasina. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No 2(28). Pp. 99-113. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-99-113>.*

Введение

Трепела, опоки, диатомит – белая, светло-серая, очень легкая кремнистая органическая порода, состоящая из сцементированных раковин диатомовых водорослей или спикул губок. Его химический состав: окись кремния – 79,92 %, окись алюминия – 6,58 %, окись железа – 3,56 %, окись рубидия – 1,37 %, окись магния – 0,98 %, окись кальция – 1,43 %, окись титана – 0,48 % и др. [2]. В сельском хозяйстве существует два возможных направления использования этих природных материалов: в качестве носителей и наполнителей для пестицидов и для получения пролонгированных удобрений [7, 9]. Минералы кремния так же рассматривают как источник растворимого кремнезема, который играет важную роль в формировании плодородия почв, повышении продуктивности растений и их устойчивости к болезням и вредителям [12]. Внесение кремнистых пород оказывает существенное влияние на физические и водно-физические свойства. По данным И.М. Сухановой и др. [16], внесение 600 кг/га диатомита привело к снижению плотности серой лесной почвы на 0,15 г/см и увеличило оструктуренность агрегатов на 20 %. Н.Н. Багатырева и др. [6] в лабораторном эксперименте ус-

тановили, что добавление опоки способствовало резкому снижению водопроницаемости грунтов и повышению испаряемости.

Несмотря на то, что кремнистые органические породы достаточно широко распространены на земной поверхности, сведения о их влиянии на скорость и направленность почвообразовательных процессов ограничены. Нами было найдено только 3 значимых цикла работ.

В.Е. Глотов и др. [4] изучали подбуры в бассейне р Анадырь Магаданской области на кремнистых породах палеогена. Эти почвы характеризуются ярким проявлением оподзоливания, слабо выраженной оглееностью профиля. Несмотря на среднесуглинистый гранулометрический состав, почвы отличаются высокой водопроницаемостью, меньшей кислотностью, и лучшей обеспеченностью элементами питания, чем такие же почвы на магматических породах. Авторы отмечают перспективность этих почв для использования в сельском хозяйстве.

О.А. Константинов и др. [6] обратили внимание на особенности почвообразования на диатомитах среднего Зауралья в пределах Свердловской области. Были изучены дерново-подзолистые почвы, формирующиеся под сосновыми лесами на коренных берегах реки. Почвы характеризуются наличием мощной отбеленной элювиальной толщи с характерной структурой и визуально диагностируемыми следами растворения исходной породы. В статье приведены обширные данные по микроморфологии, но, к сожалению, практически отсутствуют сведения о физических и химических свойствах этих почв.

В 2020 г на кафедре агрохимии, почвоведения и агроэкологии Мичуринского ГАУ проводилось почвенно-агрохимическое обследование дерново-подзолистых почв на коре выветривания опок Людиновского района Калужской области [13,14]. Выявлено, что почвы на данных породах имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав, при этом в них отсутствуют признаки оглеения. Почвы характеризуются низкой плотностью, хорошей водопроницаемостью, высокой кислотностью и содержанием алюминия существенно выше порога токсичности. На момент исследований эти почвы находились в состоянии залежи.

Летом 2022 года нами проводились почвенные изыскания в действующих промышленных садах на юго-западе Калужской области. Необходимость обследования была вызвана низкой продуктивностью садов, многочисленными выпадами деревьев. Краткие выводы о садопригодности некоторых из обследованных участков предоставлены нами ранее [15].

Цель настоящей работы – дать морфологическое описание и характеристику физических и водно-физических свойств дерново-подзолистых почв на различных по генезису отложениях. В связи с крайней ограниченностью сведений о почвах на кремнистых органических породах, данная работа имеет не только практический, но и научный интерес, так как в ней представлены данные об уникальных почвах Калужской области, сведения о которых отсутствуют в литературе.

Материалы и методы исследований

Кировский, Людиновский и Жиздринский районы Калужской области, где проводились исследования, находятся на юго-западе области на границе с Брянской областью. Здесь выделяют Жиздринско-Овсорокский природно-географический район, где под прерывистым покровом водно-ледниковых песков и морены вскрываются и выходят на дневную поверхность трепелы и опоки мелового возраста [5]. Исследования проводились на 5 участках: 1) молодой сад на дерново-глубокоподзолистых легкосуглинистых почвах на коре выветривания кремнистых пород (разрез 1 – выровненный участок, разрез 2 – склон, 3 – пониженный участок с близкими грунтовыми водами); 2) зрелый сад на дерново-среднеподзолистых супесчаных почвах на двучленных отложениях – водно-ледниковые супеси разной мощности, подстилаемые трепелами и опоками (разрез 4 – мощность супесей менее 20 см, разрез 5 – мощность супесей 30-40 см, разрез 6 – мощность супесей более 60 см); 3) маточник и участок доращивания – дерново-среднеподзолистые супесчаные почвы на водноледниковых отложениях с глубоким, более 70 см, залеганием трепелов и опок (разрез 7 и 8 – склон и вы-

ровненный участок); 4) поле рапса – дерново-слабоподзолистая почва на камовых песках (разрез 9); 5) поле ячменя – дерново-среднеподзолистая поверхностно-оглеенная на морене, подстилаемой трепелами и опоками (разрез 10).

Комплекс исследований включал закладку разрезов и морфологическое описание почв, цветовая индексация проводилась по шкале Манселла, определение плотности почвы по Качинскому, плотность твердой фазы – пикнометрически, гранулометрический состав – по Долгову и Личмановой, гидрологические константы – по Николаеву [1, 9, 10]. На рисунке 1 представлены профили почв на двучленных отложениях.



Рисунок 1. Дерново-среднеподзолистые почвы на водноледниковых песках, подстилаемых корой выветривания из трепелов и опок

Результаты исследований и обсуждение

Светлая окраска и низкая плотность кремнистых органических пород определяют морфологические особенности дерново-глубокоподзолистых почв, которые на них формируются. Главной их отличительной особенностью является глубокий отбеленный профиль (табл. 1). Мощность подзолистого горизонта составляет более 70-75 см. Иллювиальный горизонт морфологически плохо выражен – отдельные ржавые пятна в нижней части подзолистого горизонта. Гумусовый горизонт пылеватый светлый, рыхлый обладает низкой эрозионной устойчивостью. На участке сада с уклоном менее 3^0 он практически полностью смыт. Отсутствие признаков оглеения в профиле почв транзитных и автоморфных участках свидетельствует об отсутствии застоя влаги в их профиле.

Таблица 1. Морфологические особенности дерново-подзолистых почв на коре выветривания трепелов и опок

Положение в рельефе	Почва	Индекс, мощность, цвет и структура горизонта				Обломочный материал, количество, состав
		гумусовый	подзолистый	иллювиальный	глеевый	
выровненный участок	дерново-глубоко-подзолистая иллювиально-железистая	A1, 0-30, светло-палевый, пылеватый, 10YR 5/4,	A2, 30-50, белесо-палевый, бесструктурный, 10YR 7/6	A2f, 50-100, белесо-палевый, 10YR6/6, ржавые пятна 5-10 %	отсутствует	трепела, опоки, размером 1-5 см до 10 %
склон		A1, 0-15, светло-палевый - 2,5Y 5/4, пылеватый	A2, 15-50, белесо-палевый - 2,5Y7/6, бесструктурный	A2f, 50-100, белесо-палевый -2,5Y 8/6, ржавые пятна 5-10 %	отсутствует	трепела, опоки, размером 1-10 см до 20 %

При близких грунтовых водах (1 м от поверхности) формируются совершенно другие по морфологии дерново-грунтово-глеевые почвы. В их профиле отсутствует подзолистый горизонт. Трепела и опоки характеризуются высокой водоудерживающей способностью. В результате чего их профиль даже в середине лета, когда проводились исследования, был переувлажнен. Признаки оглеения характерны для всего профиля, формируется самостоятельный глеевый горизонт сизой окраски.

Другой отличительной особенностью почв на коре выветривания трепелов и опок является высокое содержание щебнистого материала угловатой формы. По составу – это преимущественно опоки. Они характеризуются низкой плотностью и твердостью, хорошо впитывают воду. Водно-ледниковые отложения более богаты железом, чем кремнистые органические породы, поэтому в почвах на двучленных отложениях – зандровые пески, подстилаемые трепелами и опоками, даже при незначительной мощности верхней толщи (табл. 2) формируются дерново-среднеподзолистые почвы с хорошо выраженным иллювиально-железистым горизонтом Vf. Он приобретает палево-бурый цвет с ржаво-рыжими вкраплениями.

Таблица 2. Морфологические особенности дерново-подзолистых почв на водно-ледниковых отложениях малой мощности, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок

Мощность верхней толщи	Почва	Индекс, мощность, цвет и структура горизонта				Обломочный материал, количество, состав
		гумусовый	подзолистый	иллювиальный	глеевый	
до 20 см	дерново-среднеподзолистая иллювиально-железистая	A1, 0-25, буровато-светло-серый - 10YR4/4 пылеватый	A2, 25-50, белесо-палевый-10YR6/6, бесструктурный	Vf, 50-80, ржаво-палевый - 10YR 5/6, непрочнокомковатый	отсутствует	Щебень опок и трепелов 1-5 см до 10%
30-40 см		A1, 0-25, буровато-светло-серый - 10YR4/4, пылеватый	A2, 25-50, белесо-палевый - 7,5YR5/6, бесструктурный	Vf, 50-80, ржаво-палевый - 7,5YR 4/6, непрочнокомковатый	отсутствует	Щебень опок и трепелов 1-5 см до 5 %

60-80 см	дерново-глубокоподзолистая иллювиально-железистая	A1, 0-25 белесоватый светлосерый - 10YR 4/4, пылеватый	A2f, 25-60, белесо-палевый-10YR 8/4 с ржаво-бурыми вкраплениями, бесструктурный	Vf, 60-80, палево-рыжий - 7,5YR 5/10 с охристыми пятнами, непрочнокомковатый	мелкие ортштейны в слое 0-10 см	Щебень опок и трепелов 1-3 см менее 5 % с 20 см
----------	---	--	---	--	---------------------------------	---

Дифференциация профиля почв на двучленных отложениях (зандровые пески, подстилаемые опоками) на генетические горизонты становится более резкой, чем в почвах на однородных кремнистых органических отложениях. Мощность подзолистого горизонта сокращается до 30 см. Гумусовый горизонт приобретает более темную серовато-бурую окраску. Количество щебнистого материала в профиле по мере возрастания мощности песчаной толщи снижается, среди угловатых, но мягких обломков опоки появляются окатанные твердые включения халцедона и полевых шпатов, размером 1-3 см (табл.3).

Зандровые пески преимущественно тонкозернистые с большим количеством пыли, поэтому они имеют низкую водопроницаемость и часто оглеены. Однако при мощности их менее 50 см в профиле дерново-среднеподзолистых почв на двучленных отложениях отсутствуют видимые морфологические признаки оглеения, что свидетельствует об отсутствии застоя влаги. Ситуация меняется, когда мощность песков возрастает до 70-90 см. В почвах, приуроченных к микропонижениям рельефа, появляются мелкие ортштейны в гумусовом горизонте (разрез 6) или пятна оглеения глубже 100 см на склонах (разрез 7).

Камовые пески, в отличие от зандровых, преимущественно средне и крупнозернистые хорошо водопроницаемые, ожезненные. На этих отложениях формируются дерново-слабоподзолистые почвы со слабодифференцированным на генетические горизонты профилем. Гумусовый горизонт растянут до 60 см, делится на два подгоризонта - более темный буровато-серый горизонт A1 и белесоватый A1A2. Самостоятельный подзолистый горизонт отсутствует.

Таблица 3. Морфологические особенности дерново-подзолистых почв на водно-ледниковых отложениях мощностью более 50 см, подстилаемых трепелами и опоками

Мощность верхней толщи	Почва	Индекс, мощность, цвет и структура горизонта				Обломочный материал, количество, состав
		гумусовый	подзолистый	иллювиальный	глеевый	
80-90 см	дерново-среднеподзолистая иллювиально-железистая	A1, 0-22, буровато-светло-серый - 10YR 5/6, бесструктурный	A2, 22-50, белесый - 10YR 8/6, бесструктурный	Vf, 50-80, светло бурый - 10YR 8/4 с ржавыми пятнами, непрочнокомковатый	Cg, 80-120, палево-бурый - 7,5YR 7/10 с редкими сизыми пятнами	щебень халцедона, опок и трепелов до 5 % с 20 см
70-80 см	дерново-среднеподзолистая иллювиально-железистая	A1, 0-25, буровато-светло-серый - 10YR 4/6, бесструктурный	A2, 25-50, белесый - 2,5Y 7/6, бесструктурный	Vf, 50-80, ржаво-рыжий - 7,5YR 4/8, непрочнокомковатый	отсутствует	щебень халцедона, опок и трепелов до 5 % с 50 см

Таблица 4. Морфологические особенности дерново-подзолистых почв на водно-ледниковых отложениях и ледниковых отложениях

Генезис и состав отложений	Почва	Индекс, мощность, цвет и структура горизонта				Обломочный материал, количество, состав
		гумусовый	подзолистый	иллювиальный	глеевый	
камовые пески	дерново-слабо-подзолистая иллювиально-железистая	A1, 0-30, буровато-светло-серый - 10YR 3/2, бесструктурный	A1A2, 30-60, белесо-палевый - 10YR 5/8, бесструктурный	Bf, 60-100, ржаво-рыжий - 7,5YR 6/10, бесструктурный	отсутствует	щебень халцедона менее 5 % с 20 см
легко-суглинистая морена, подстилаемая опоками	дерново-слабо-подзолистая иллювиально-железистая	A1g, fs, 0-25, буровато-светло-серый - 10YR 5/6, непрочно-комковатый	A2 fs, 25-30, белесо-палевый - 10YR 6/6 с рыжими вкраплениями, чешуйчатый	Bf, 30-80, ржаво-рыжий - 7,5YR 4/8, комковатый	орштейны в слое 0-30 см	щебень халцедона и опок менее 5 % по всему профилю

Из-за высокого содержания железа весь профиль имеет буроватую окраску. Иллювиально-железистый горизонт Vf выделяется по многочисленным пятнам ожелезнения. Морфологически выраженные признаки оглеения в почве отсутствуют. Морена – супесчано-суглинистые отложения ледника имеют повышенную плотность, низкую водопроницаемость, содержат включения каменистого материала, различного минералогического состава.

Дерново-слабоподзолистые поверхностно оглеенные почвы, сформировавшиеся на этих отложениях, наследуют черты почвообразующей породы. Профиль резко дифференцирован на генетические горизонты. Мощность подзолистого горизонта всего 5 см, но он ярко выделяется белесой окраской, чешуйчатой структурой и плотным сложением. Гумусовый горизонт отличается комковатой структурой, буровато-серой окраской. Пятна ожелезнения по всему профилю и многочисленные орштейны в гумусовом и подзолистом горизонтах являются морфологическими признаками поверхностного застоя влаги.

На гранулометрический состав рассматриваемых почв оказывают влияние 2 фактора: 1) генезис почвообразующей породы, он определяет соотношение песка, пыли и илстых частиц, 2) подзолистый тип почвообразования, сопровождающийся разрушением и частичным выносом илстых частиц из верхних горизонтов и осадением их в нижних.

Участок 1. Почвы на коре выветривания трепелов и опок. Кремнистые органические породы состоят из очень мелких цементированных частичек. В процессе выветривания цементация разрушается и высвобождается значительное количество ила. Высокая пористость пород обеспечивает возможность перемещения по профилю наиболее мелкой фракции. Гранулометрический состав гумусовых горизонтов дерново-глубокоподзолистых почв оптимальный для плодовых культур – суглинок легкий-средний (табл. 5).

Таблица 5. Гранулометрический состав дерново-подзолистых почв на различных отложениях

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, %						
		песок		пыль			ил	физи- ческая глина
		крупный и средний	мелкий	круп- ная	средняя	мелкая		
>0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	<0,01		
Участок 1. Молодой сад. Дерново-подзолистые почвы на трепелах и опоках								
Разрез 1. Выровненный участок. Дерново-глубокоподзолистая среднемошная иллювиально-железистая почва								
Ап	0-30	22,5	31,7	28,4	5,8	10,6	1,0	17,4
А1А2	30-50	17,2	19,2	25,0	5,6	24,0	9,0	38,6
А2f	50-80	5,5	11,5	13,4	7,2	39,2	23,2	69,6
Разрез 2. Склон. Дерново-глубокоподзолистая маломощная иллювиально-железистая почва								
А1	0-15	19,0	30,4	21,0	7,0	19,4	3,2	29,6
А1А2	15-60	7,6	22,8	18,2	7,8	33,0	10,6	51,4
А2f	60-80	0,3	16,3	18,2	12,6	40,4	12,2	65,2
Разрез 3 Понижение. Дерново-грунтово-глеевая почва								
Ап	0-20	19,7	21,9	28,4	6,8	16,4	6,8	30,0
А1	20-30	25,0	24,0	21,8	5,8	14,8	8,6	29,2
Вg	30-50	37,9	25,5	14,6	2,8	8,6	10,6	22,0
G	50-100	33,0	19,2	11,4	4,6	18,6	13,2	36,4
Участок 2. Зрелый сад. Дерново-подзолистые почвы на маломощных водно-ледниковых отложениях, подстилаемых трепелами и опоками								
Разрез 4. Мощность верхней толщи 20-30 см. Дерново-среднеподзолистая среднемошная иллювиально-железистая почва								
Ап	0-25	20,8	32,4	31,6	7,0	7,8	0,4	15,2
А2	25-50	26,7	29,3	24,6	4,6	11,6	3,2	19,4
Вf	50-70	4,7	11,1	15,4	7,0	38,0	23,8	68,8
Разрез 5. Мощность верхней толщи 30-40 см. Дерново-среднеподзолистая среднемошная иллювиально-железистая почва								
А1	0-25	14,6	30,0	38,8	6,4	9,0	1,2	16,6
А2	25-50	14,5	28,3	31,8	5,6	13,6	6,2	25,4
Вf	50-70	10,9	18,1	13,8	6,2	31,2	19,8	57,2
Разрез 6. Мощность верхней толщи 60 см. Дерново-среднеподзолистая глубокооуглеенная среднемошная иллювиально-железистая почва								
А1	0-25	21,9	34,1	31,0	4,0	8,4	0,6	13,0
А2	25-60	27,1	38,9	14,0	2,0	6,8	11,2	20,0
Вf	60-80	31,1	35,7	10,2	3,0	5,6	14,4	23,0
С	80-110	48,4	34,2	4,0	1,2	5,8	6,4	13,4
D	110-150	20,6	39,6	16,2	2,8	7,6	13,2	23,6
Участок 3. Маточник и участок доразивания. Дерново-подзолистые почвы на мощных водно-ледниковых отложениях, подстилаемых трепелами и опоками								
Разрез 7. Мощность верхней толщи 80-90 см. Дерново-среднеподзолистая глубокооуглеенная среднемошная иллювиально-железистая почва								
А1	0-22	25,0	37,2	26,8	3,8	7,0	0,2	11,0
А2	22-50	18,8	29,8	40,4	3,2	7,4	0,4	11,0
Вg	50-70	27,8	29,4	25,4	2,6	7,0	7,8	17,4
Сg	70-100	17,2	25,2	29,0	2,8	8,0	17,8	28,6

Разрез 8. Мощность верхней толщи 70-80 см. Дерново-среднеподзолистая среднемошная иллювиально-железистая почва								
A1	0-25	38,9	36,9	15,4	3,2	5,4	0,2	8,8
A2	25-50	36,5	31,5	18,2	3,2	7,2	3,4	13,8
Bf	50-80	21,8	28,6	23,0	3,4	7,4	15,8	26,6
Участок 3. Поле рапса. Дерново-подзолистые почвы на зандровых песках								
Разрез 9. Дерново-слабоподзолистая мощная иллювиально-железистая почва								
A1	0-30	39,2	36,6	13,8	3,4	6,8	0,2	10,4
A2B	30-60	37,6	34,6	15,0	3,2	7,4	2,2	12,8
Bf	60-100	58,4	32,4	3,1	0,1	4,4	1,6	6,1
Участок 4. Поле ячменя. Дерново-подзолистые почвы на морене подстилаемой трепелами и опоками								
Разрез 10. Дерново-слабоподзолистая поверхностно-оглеенная среднемошная иллювиально-железистая почва								
A _{npfs}	0-25	25,1	39,5	18,8	5,2	9,0	2,4	16,6
A2	25-35	26,3	47,3	11,8	2,4	7,4	4,8	14,6
Bf	35-70	24,8	39,2	11,0	2,4	8,4	14,2	25,0

Нижние горизонты – глина. Почвы очень резко дифференцированы по физической глине и илу. В верхних горизонтах содержание ила 1-6 %, в нижних возрастает до 25-30 %. Содержание физической глины изменяется от 17-20% – в верхних горизонтах до 65-70% - в нижних. Содержание песка в верхних горизонтах 50% и более, в нижних – около 20%. В песке преобладает фракция более 0,25 мм и представлена обломками опок. Содержание пыли высокое – около 50%. В почве на склоне верхние обезиленные горизонты смыты. В дерново-грунтово-глеевой почве дифференциация почвы выражена значительно слабее. В верхних горизонтах содержание ила 8-10%, в нижних 10-12%. Содержание физической глины по всему профилю около 30%.

Участок 2. Дерново-среднеподзолистые почвы на двучленных отложениях. Зандровые пески отличаются тонкозернистым составом (преобладающие фракции мелкий песок и крупная пыль) с небольшой примесью ила, способного перемещаться вниз по профилю. Для этих почв, как и для почв на коре выветривания характерна резкая дифференциация по илу и физической глине (от супеси горизонтов A1 и A2 до глины в иллювиальных горизонтах). Содержание ила в гумусовом горизонте менее 1%, в горизонте A2- 5-8%, в иллювиальном 19-23%. Соответственно физической глины от 15-17% до 55-60%. Содержание песка и пыли и их распределение по профилю аналогичное предыдущему участку. При мощности верхней толщи более 60 см дифференциация выражена немного меньше (разрез 6).

Участок 3. Маточник и участок доразщивания. Дерново-подзолистые почвы на мощных водно-ледниковых отложениях, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок. На дифференциацию почвы по гранулометрическому составу оказывает влияние мощная толща водно-ледниковых песков. Содержание ила в верхних 50 см не поднимается выше 3%, в нижних возрастает до 15-17%, физической глины соответственно – 11-12% и 25-26%. Содержание песка по всему профилю более 50%, содержание крупной пыли 20-30%.

Участок 4. Поле рапса. Дерново-слабоподзолистая почва на водно-ледниковых камовых песках. Камовые пески преимущественно крупно и среднезернистые, почти не содержат ила и пыли. Поэтому профиль почвы, сформировавшейся на них, недифференцирован по илу (0,5-1,5-5 по всему профилю) и физической глине (10-11% по всему профилю). Более 70% – песок, большая часть его – крупный и средний. Содержание пыли менее 25%, в нижних горизонтах – менее 10%.

Участок 5. Поле ячменя. Дерново-слабоподзолистая почва на моренных отложениях, подстилаемых кремнистыми породами. Моренные отложения как правило имеют суглини-

стый состав, в них как правило одновременно значительно содержание всех трех фракций, песка, пыли и ила. Низкая водопроницаемость затрудняет перемещение ила по профилю. Преобладает процесс кислотного гидролиза алюмосиликатов в верхних горизонтах. Для почв, сформировавшихся на этих отложениях, характерна дифференциация профиля по илу и физической глине. В верхних горизонтах содержание ила 4-14 %, в нижних - 25 %. Физической глины соответственно - 14-16 и 25%. Содержание песка 60-70%, пыли – 20-30%.

Рассмотрим, как изменяются физические свойства и водно-физические показатели дерново-подзолистых почв в зависимости от почвообразующей породы.

Участок 1. Молодой сад. Низкая плотность по всему профилю дерново-глубокоподзолистых почв на выровненном участке и склоне определяет опасность падения деревьев. Плотность твердой фазы пониженная - 2,1-2,3 г/см³. Пористость по всему профилю около 70%. Значения гидрологических констант высокие. Широкий (28-30%) диапазон активной влаги определяет хорошую обеспеченность деревьев влагой. Пористость аэрации при влажности равной НВ верхних горизонтов более 20%, нижних ожелезненных – около 10%. Проблемы с водой у растений отсутствуют. После снеготаяния или выпадения обильных осадков возможен недостаток воздуха в нижних горизонтах. Однако водопроницаемость кремнистых пород хорошая, что способствует быстрому отводу лишней влаги из корнеобитаемого слоя. Об этом свидетельствует тот факт, что признаки оглеения нами не были встречены в профиле дерново-глубокоподзолистых почв.

Несколько иные свойства характерны для дерново-грунтово-глеевой почвы в понижении. Плотность и пористость оптимальные, пористость аэрации по всему профилю выше 20%. Диапазон активной влаги уже – 12-15%. Без дренажа эти почвы под сады непригодны, но их можно использовать под плодово-ягодные культуры.

Участок 2. Зрелый сад. Дерново-среднеподзолистые почвы на двучленных отложениях – водно-ледниковые отложения мощностью до 50 см, подстилаемых трепелами и опоками. Плотность верхних 50 см – оптимальная (1,1-1,2 г/см³), нижней толщи – низкая (0,7-0,9 г/см³). Опасность падения деревьев существенно ниже. Нижние горизонты сохраняют характерные для кремнистых пород высокие значения гидрологических констант и широкий диапазон активной влаги. Для водно-ледниковой толщи характерен узкий диапазон активной влаги. Пористость аэрации по всему профилю 15-20% – опасность застоя влаги при незначительной мощности песков отсутствует.

Участок 3. Маточник и участок доращивания. Дерново-среднеподзолистые почвы на двучленных отложениях – водно-ледниковые отложения мощностью более 50 см, подстилаемых трепелами и опоками. Физические и водно-физические свойства неблагоприятные для плодовых культур – высокая плотность – 1,5-1,6 г/см³, низкая пористость – 35-40%. Низкие значения гидрологических констант определяют узкий диапазон активной влаги – 5-8 % – в верхних горизонтах, 10-11% – в нижних. При закладке садов на этих почвах требуется капельное орошение.

Таблица 6. Гидрологические константы и водно-физические свойства дерново-подзолистых почв на различных отложениях

Горизонт	Глубина, см	Гидрологические константы, % от массы						Физические свойства почвы		
		ГВ	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ДАВ	dv	D	n
Участок 1. Молодой сад. Дерново-подзолистые почвы на коре выветривания трепелов и опок										
Разрез 1. Выровненный участок. Дерново-глубокоподзолистая среднемогучная иллювиально-железистая почва										
Ап	0-30	0,91	6,15	9,23	17,46	24,90	15,71	0,918	2,368	61,24
А1А2	30-50	1,49	13,12	19,68	33,60	48,00	28,32	0,745	2,500	70,20
А2f	50-80	2,98	21,53	32,29	42,14	60,23	27,94	0,722	2,300	68,61

Разрез 2. Склон. Дерново-глубокоподзолистая маломощная иллювиально-железистая почва										
A1	0-15	1,43	12,27	18,41	30,48	43,54	25,13	0,769	2,400	67,96
A1A2	15-60	3,17	23,14	34,71	44,71	63,88	29,16	0,692	2,165	68,03
A2f	60-80	3,61	22,84	34,26	39,69	56,70	22,44	0,673	2,270	70,35
Разрез 3 Понижение. Дерново-грунтово-глеевая почва										
Ap	0-20	1,56	6,47	9,71	15,71	22,44	12,73	1,125	2,511	55,20
A1	20-30	1,36	6,07	9,10	10,43	14,85	5,79	1,229	2,505	50,94
Bg	30-50	1,16	4,81	7,22	10,40	14,85	7,63	1,262	2,566	50,82
G	50-100	2,06	11,73	17,59	23,17	33,10	15,51	0,993	2,436	59,24
Участок 2. Зрелый сад. Дерново-подзолистые почвы на маломощных водно-ледниковых отложениях, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок										
Разрез 4. Мощность верхней толщи 20-30 см. Дерново-среднеподзолистая среднемощная иллювиально-железистая почва										
Ap	0-25	0,62	3,25	4,87	8,32	11,88	7,02	1,001	2,526	60,37
A2	25-50	0,66	4,55	6,82	13,93	19,89	13,07	1,095	2,479	55,82
Bf	50-70	3,26	22,85	34,27	45,48	64,97	30,70	0,769	2,410	68,09
Разрез 5. Мощность верхней толщи 30-40 см. Дерново-среднеподзолистая среднемощная иллювиально-железистая почва										
Ap	0-25	0,92	2,91	4,37	15,90	22,72	18,35	0,93	2,507	62,90
A2	25-50	2,41	8,09	12,14	13,49	19,28	7,14	1,014	2,440	58,44
Bf	50-70	3,45	15,71	23,56	35,73	51,04	27,48	0,743	2,380	68,79
Разрез 6. Мощность верхней толщи 60 см. Дерново-среднеподзолистая глубокооглеенная среднемощная иллювиально-железистая почва										
A1	0-25	0,76	2,00	3,00	6,91	9,87	6,87	1,362	2,647	48,53
A2	25-60	0,83	3,95	5,92	7,91	11,30	5,37	1,593	2,562	37,96
Bf	60-80	2,60	6,37	9,55	10,28	14,68	5,13	1,657	2,625	36,85
C	80-110	0,89	2,09	3,14	8,50	12,14	9,01	1,649	2,663	38,07
D	110-150	3,38	4,29	6,43	7,30	10,51	4,08	1,345	2,584	47,94
Участок 3. Маточник и участок доразивания. Дерново-подзолистые почвы на мощных водно-ледниковых отложениях, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок										
Разрез 7. Мощность верхней толщи 80-90 см. Дерново-среднеподзолистая глубокооглеенная среднемощная иллювиально-железистая почва										
A1	0-22	0,38	1,17	1,75	4,05	5,79	4,04	1,292	2,592	50,11
A2	22-50	0,28	0,85	1,27	4,80	6,85	5,59	1,541	2,510	38,79
Bg	50-70	0,80	3,09	4,64	7,43	10,62	5,58	1,651	2,582	36,13
Cg	70-100	1,20	4,76	7,13	12,44	17,78	10,64	1,612	2,64	38,89
Разрез 8. Мощность верхней толщи 70-80 см. Дерново-среднеподзолистая среднемощная иллювиально-железистая почва										
A1	0-25	0,33	1,08	1,62	4,63	6,61	5,00	1,123	2,656	57,72
A1A2	25-35	0,93	2,47	3,70	4,65	6,64	2,94	1,373	2,726	49,63
A2	35-50	0,95	2,76	4,13	11,12	15,89	11,75	1,482	2,613	43,28
Bf	50-80	1,23	5,19	7,79	15,20	21,72	13,93	1,412	2,645	46,62
Участок 4. Поле рапса. Дерново-подзолистые почвы на зандровых песках										
Разрез 9. Дерново-слабоподзолистая мощная иллювиально-железистая почва										
A1	0-30	0,65	1,58	2,37	5,49	7,84	5,46	1,209	2,641	54,22
A2B	30-60	0,30	0,96	1,44	3,77	5,39	3,95	1,363	2,689	49,31
Bf	60-100	0,63	1,00	1,50	3,17	4,53	3,02	1,355	2,669	49,23
Участок 5. Поле ячменя. Дерново-подзолистые почвы на морене, подстилаемой кремнистыми породами										
Разрез 10. Дерново-слабоподзолистая поверхностно-оглеенная среднемощная иллювиально-железистая почва										
Apfs	0-25	0,73	2,16	3,24	7,20	10,29	7,05	1,198	2,561	53,23
A2	25-35	1,18	1,97	2,95	5,39	7,70	4,75	1,388	2,551	45,59
Bf	35-70	2,08	5,14	7,72	11,22	16,03	8,31	1,203	2,604	53,80

Примечание: ГВ – гигроскопическая влажность, МГ- максимальная гигроскопичность, ВЗ -влажность завядания, ВРК -влажность разрыва капилляров, НВ- наименьшая влагоемкость, ДАВ – диапазон активной влаги, ρ_v – плотность почвы, D – плотность твердой фазы, n - пористость

Участок 4. Поле рапса Дерново-слабоподзолистая почва на водно-ледниковых зандровых песках. Плотность близка к оптимальной – $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$, пористость около 50%, пористость аэрации более 30%. Водно-физические свойства для плодовых культур неудовлетворительны. Низкие значения гидрологических констант определяют очень узкий, менее 5% диапазон активной влаги. Без орошения сады погибнут. Из всех видов орошения возможен только капельный полив.

Участок 5. Поле ячменя. Дерново-слабоподзолистая почва на моренных отложениях, подстилаемых кремнистыми породами. Плотность и пористость гумусового горизонта оптимальные ($1,2-1,3 \text{ г/см}^3$ и 45-55% соответственно). А вот подзолистый горизонт имеет неблагоприятные физические свойства. Его плотность приближается к $1,4 \text{ г/см}^3$, чешуйчатая структура будет препятствовать водообмену между нижними и верхними горизонтами. При закладке многолетних насаждений хорошим выходом может стать его рыхление и перемешивание с материалом гумусового горизонта. Этому агротехнологическому приему способствует незначительная мощность горизонта А2. Водно-физические свойства удовлетворительные. Значения гидрологических констант невысокие, диапазон активной влаги средний - 8-10%.

Таким образом, пестрый состав почвообразующих пород юго-запада Калужской области определяет формирование здесь комплекса уникальных дерново-подзолистых почв, существенно различающихся по гранулометрическому составу, физическим и водно-физическим свойствам, степени проявления подзолистого процесса. В связи с этим существенно различающихся по своей садопригодности.

Наименее пригодными под многолетние насаждения являются дерново-слабоподзолистые почвы на камовых песках и дерново-среднеподзолистые почвы на водно-ледниковых супесях мощностью более 50 см, подстилаемые трепелами и опоками прежде всего из-за низкой водоудерживающей способности. Даже непродолжительная засуха будет сопровождаться дефицитом влаги и гибелью деревьев. Но при организации капельного полива закладка садов на дерново-слабоподзолистых почвах на камовых песках возможна. Почвы на мощных водно-ледниковых (зандровых) песках характеризуются повышенной плотностью. Практически на всех обследованных саженцах были повреждения корневой системы. В большей степени подходят под сады дерново-среднеподзолистые почвы на водно-ледниковых супесях мощностью менее 50 см, подстилаемые трепелами и опоками. Сочетание оптимальной плотности и высокой водоудерживающей способности предполагает закладку садов с минимальными затратами.

В дерново-среднеподзолистых почвах на коре выветривания трепелов и опок существует опасность смыва на склонах и падения деревьев из-за низкой плотности. При закладке сада необходимо задернение междурядий, желательна также создание опор для деревьев. Лучше закладка низкорослых садов (на карликовых и полукарликовых подвоях).

Дерново-грунтово-глеевые почвы под сады пригодны только после организации дренажа. Без дренажа они пригодны только для ягодников. При закладке садов на дерново-слабоподзолистых почвах на морене, подстилаемой трепелами и опоками, потребуется целый ряд мероприятий, направленных на улучшение их физических свойств. Необходимо глубокое рыхление с целью разрушения плотного подзолистого горизонта и правильная организация поверхностного стока, так как существует опасность поверхностного застоя влаги в микропонижениях.

Выводы

1. Пестрый состав почвообразующих пород юго-запада Калужской области определяет формирование здесь комплекса уникальных дерново-подзолистых почв, существенно разли-

чающихся по гранулометрическому составу, физическим и водно-физическим свойствам, степени проявления подзолистого процесса.

2. Дерново-подзолистые почвы на коре выветривания трепелов и опок отличаются осветленным профилем до глубины 80-90 см, высоким содержанием щебнистого материала трепелов и опок, резкой дифференциацией по илу и физической глине (от 2-5 % до 25-30% по илу и от 17-25% до 50-60% по физической глине), низкой ($0,6-0,7 \text{ г/см}^3$) плотностью, что сопровождается опасностью вывала деревьев, слабой эрозийной устойчивостью, хорошей водопроницаемостью, широким диапазоном влаги 25-30%. При закладке садов потребуются противоэрозийные мероприятия и создание опор для деревьев.

3. Дерново-грунтово-глеевые почвы на коре выветривания трепелов и опок формируются в условиях близкого к 1 м залегания грунтовых вод. Почвы характеризуются оглеением всего профиля, самостоятельным глеевым горизонтом, отсутствием признаков оподзоливания. Физические и водно-физические свойства оптимальные (плотность $0,9-1,1 \text{ г/см}^3$, пористость выше 60%, ДАВ-15-25%). Без систематического дренажа пригодны только под плодово-ягодные культуры.

4. Дерново-подзолистые почвы на водно-ледниковых отложениях малой мощности, подстилаемые корой выветривания трепелов и опок характеризуются дифференциацией профиля на элювиальную и иллювиальную часть, осветленной верхней частью профиля, умеренным содержанием щебнистого материала, резкой дифференциацией по илу и физической глине (от 1-2 % до 20-25% по илу и от 10-12% до 50-60% по физической глине), оптимальной плотностью $1-1,2 \text{ г/см}^3$ верхних горизонтов до $0,7-0,8 \text{ г/см}^3$ нижних, хорошей водопроницаемостью, широким диапазоном влаги с глубины 20-50 см. Под сады пригодны без орошения.

5. Дерново-подзолистые почвы на водно-ледниковых отложениях мощностью более 50 см, подстилаемые корой выветривания трепелов и опок характеризуются дифференциацией профиля на элювиальную и иллювиальную часть, осветленной верхней частью профиля, умеренным содержанием щебнистого материала различного состава, слабой дифференциацией по илу, повышенной плотностью, средней водопроницаемостью, узким диапазоном влаги. Требуется рыхления и организации капельного полива.

6. Дерново-слобоподзолистые почвы на камовых песках характеризуются слабой дифференциацией профиля на генетические горизонты, слабым проявлением оподзоливания, ожелезненностью всего профиля, небольшим количеством щебнистого материала (менее 1%), представленного окатанными обломками минеральных пород, высоким (более 70%) содержанием песка и очень низким ила (менее 5%) по всему профилю, оптимальной плотностью $1,1-1,2 \text{ г/см}^3$, высокой водопроницаемостью, очень низким диапазоном влаги (менее 5%). Под сады без организации капельного полива непригодны.

7. Дерново-слабоподзолистые почвы на моренных отложениях, подстилаемые выветрелыми трепелами и опоками, характеризуются дифференциацией профиля на элювиальную и иллювиальную часть, незначительной 5 см мощностью подзолистого горизонта, умеренным содержанием щебнистого материала различного состава, поверхностным оглеением, наличием орштейнов в гумусовом и подзолистом горизонтах. Почвы со среднедифференциацией по илу и физической глине имеют повышенную плотность горизонта А2 – $1,4 \text{ г/см}^3$, низкую водопроницаемость, средний диапазон активной влаги – 8-10%. При закладке садов потребуются глубокое рыхление и регулирование поверхностного стока.

Список источников

1. Александрова Л.И., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1976. 280 с.
2. Белашев Б.З., Ильина В.П. Рожденный планктоном // Энергия: Экономика, Техника, Экология. 2017. № 9. С. 9-18.

3. Богатырева Н.Н., Сырчина Н.В., Фетисова Е.А. Влияние кремнистой опоки на водно-физические свойства почв // Экология родного края: проблемы и пути решения: сб. матер. Всеросс. науч.-практ. конф. Радуга-ПРЕСС. Том Книга 1. 2016. С. 115-118.
4. Глотов А.Е. Пугачев А.А. Кремниевые породы в кайнозойских осадочных бассейнах как почвообразующий субстрат (северо-восток России) // Вестник северо-восточного научного центра ДВО РАН. 2008, № 2. С. 90-95.
5. Ефремов А.Н. Кандауров П.М. Природно-ресурсный потенциал Калужской области. Калуга: ВИЭМС, 2000. 259 с.
6. Константинов А.О. и др. Некоторые аспекты почвообразования на биогенных кремниевых породах Зауралья / А.О. Константинов, П.В. Смирнов, Д.А. Гаврилов, С.В. Лойко, А.А. Новоселов // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. № 96. С. 64-85.
7. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2013. 176 с.
8. Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
9. Петаева К.Р. Использование высококремнистых пород в сельскохозяйственном производстве // В мире научных открытий. 2019. Т. 3. С. 101-104.
10. Практикум по агрохимии (под ред. В.Г. Минеева). М.: Изд. МГУ, 2001. 688 с.
11. Ревут И.Б. Физика почв. Ленинград: Изд-во «Колос», 1964. 318 с.
12. Садакова Р.В. Применение диатомита в сельском хозяйстве // Молодежь и наука. Из-во Уральского университета, 2015. № 2. С. 49.
13. Степанцова Л.В. и др. Оценка садопригодности дерново-подзолистых почв на кремнистых породах юго-запада Калужской области / Л.В. Степанцова, В.Н. Красин, И.Н. Мацнев, М.Г. Золотарев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 1 (27). С. 64-73.
14. Степанцова Л.В. и др. Физико-химические свойства и агрохимические особенности дерново-подзолистых почв на коре выветривания опок Людиновского района Калужской области / Л.В. Степанцова, И.Н. Мацнев, В.Н. Красин, М.В. Воробьев // Наука и образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 332.
15. Степанцова Л.В. и др. Физико-химические и мелиоративные свойства дерново-подзолистых супесчаных глееватых иллювиально-железистых почв на аллювиально-флювиогляциальных отложениях Людиновского района Калужской области / Л.В. Степанцова, И.Н. Мацнев, Т.В. Красина, М.В. Воробьев // Наука и образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 333.
16. Суханова И.М. и др. Изменение агрофизических свойств серой лесной почвы под влиянием диатомита / И.М. Суханова, Р.Р. Газизов, Л.М. Бикинина, М.М. Ильясов // Владимирский земледелец. 2020. № 3. С. 34-37.

References

1. Aleksandrova L.I., Najdenova O.A. Laboratory and practical classes in soil science. L.: Kolos, Leningradskoe otdelenie Publ., 1976. 280 p.
2. Belashev B.Z., Il'ina V.P. Born of Plankton. Energy: Economics, Technology, Ecology. 2017. No. 9. Pp. 9-18.
3. Bogatyreva N.N., Syrchina N.V., Fetisova E.A. The effect of siliceous flask on the water-physical properties of soils. Ecology of the native land: problems and solutions collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Raduga-PRESS. Vol 1. 2016. Pp. 115-118.
4. Glotov A.E. Pugachev A.A. Silicon rocks in Cenozoic sedimentary basins as a soil-forming substrate (North-East of Russia). Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the FEB RAS. 2008, No. 2. Pp. 90-95.

5. Efremov A.N. Kandaurov P.M. Natural resource potential of the Kaluga region. Kaluga: VIEMS Publ., 2000. 259 p.
6. Konstantinov A.O. et al. Some aspects of soil formation on biogenic silicon rocks of the Trans-Urals / A.O. Konstantinov, P.V. Smirnov, D.A. Gavrilov, S.V. Lojko, A.A. Novoselov. Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. 2019. No. 96. Pp. 64-85.
7. Kulikova A.H. Silicon and highly siliceous rocks in the fertilizer system of agricultural crops. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin Publ., 2013. 176 p.
8. Methodological guidelines for conducting comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands. M.: Rosinformagrotekh Publ., 2003. 240 p.
9. Petaeva K.R. The use of highly siliceous rocks in agricultural production. In the world of scientific discoveries. 2019. Vol. 3. Pp. 101-104.
10. Workshop on agrochemistry. Edited by V.G. Mineev. M.: Moscow State University Publ., 2001. 688 p.
11. Revut I.B. Soil physics. Leningrad: Kolos Publ., 1964. 318 p.
12. Sadakova R.V. The use of diatomite in agriculture. Youth and science. 2015. No. 2. Pp. 49.
13. Stepancova L.V. et al. Assessment of the horticultural suitability of sod-podzolic soils on siliceous rocks of the south-west of the Kaluga region. L.V. Stepancova, V.N. Krasin, I.N. Macnev, M.G. Zolotarev. Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. No 1 (27). Pp. 64-73.
14. Stepancova L.V. et al. Physico-chemical properties and agrochemical features of sod-podzolic soils on the weathering crust of the opok of the Ludinovsky district of the Kaluga region. L.V. Stepancova, I.N. Macnev, V.N. Krasin, M.V. Vorob'ev. Science and Education. 2020. Vol. 3. No. 3. Pp. 332.
15. Stepancova L.V. et al. Physico-chemical and reclamation properties of sod-podzolic sandy loam gleevalte illuvial-ferruginous soils on alluvial-fluvioglacial deposits of the Ludinovsky district of the Kaluga region. L.V. Stepancova, I.N. Macnev, T.V. Krasina, M.V. Vorob'ev. Science and Education. 2020. Vol. 3. No. 3. Pp. 333.
16. Suhanova I.M. et al. Change of agrophysical properties of gray forest soil under the influence of diatomite. I.M. Suhanova, R.R. Gazizov, L.M. Bikinina, M.M. Il'yasov. Vladimir farmer. 2020. No. 3. Pp. 34-37.

Информация об авторах

Л.В. Степанцова – доктор биологических наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии;

В.Н. Красин – кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии;

И.Н. Мацнев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии;

Т.В. Красина – кандидат биологических наук, ассистент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

Information about the authors

L.V. Stepantsova – doctor of biological sciences, professor of the department of agrochemistry, soil science and agroecology;

V.N. Krasin – candidate of biological sciences, associate professor of the department of agrochemistry, soil science and agroecology;

I.N. Matsnev – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agrochemistry, soil science and agroecology;

T.V. Krasina – candidate of b.n., assistant of the department of agrochemistry, soil science and agroecology.

Научная статья
УДК 633.11
DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-114-120

ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Шаповалов Виктор Федорович¹, Смольский Евгений Владимирович²

^{1,2}Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

¹kafeap@bgsha.com

²sev_84@mail.ru

Аннотация. В условиях запада Брянской области на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава провели оценку адаптивных свойств проса в зависимости от применения минерального удобрения по экологическим параметрам по критерию «урожайность». Объектом исследования были просо сорта Квартет и системы удобрения с различным уровнем применения средств химизации. Просо характеризуется широкой адаптацией к экологическим факторам окружающей среды, однако действие удобрения на изменение адаптации культуры недостаточно изучено. Изменения урожайности зерна проса анализировали в период с 2019 по 2021 год, которые различались по погодным условиям. В результате проведенного исследования установили, что применение минерального удобрения и препарата Альбит повышает адаптацию культуры к условиям среды, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль. Условия среды запада Брянской области в период исследований создают незначительную изменчивость урожайности проса. Наибольшая стрессоустойчивость, минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях выявлена на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при применении минерального удобрения в норме N60P60K60. Использование минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

Ключевые слова: просо, адаптивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, удобрения, биопрепарат.

Для цитирования: Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Потенциал продуктивности проса в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 114-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-114-120>.

Original article

MILLET PRODUCTIVITY POTENTIAL DEPENDING ON MINERAL FERTILIZER IN SOD-PODZOLIC SOILS

Viktor F. Shapovalov¹, Evgeny V. Smolsky²

^{1,2}Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia

¹kafeap@bgsha.com

²sev_84@mail.ru

Abstract. In the conditions of the west of the Bryansk region, on sod-podzolic soils of light grain size distribution, the adaptive properties of millet were assessed depending on the use of mineral fertilizer according to environmental parameters according to the criterion "yield." The object of the study was Quartet millet and fertilizer systems with a different level of use of chemicals. Millet is characterized by a wide adaptation to environmental factors, but the effect of fertilizer on changing the adaptation of the culture is not well understood. Changes in millet grain yields were analyzed between 2019 and 2021, which differed in weather conditions. As a result of the study, it was found that the use of mineral fertilizer and Albit increases the adaptation of the culture to environmental conditions, while the ratio of nutrients in it plays a

role. The environment of the west of the Bryansk region during the research period creates insignificant variability in millet yield. The greatest stress resistance, the minimum value of the yield range under contrast conditions was revealed on the option without the use of fertilizer, and the greatest crop stability under experimental conditions was observed when using mineral fertilizer in normal N60P60K60. The use of mineral fertilizer enhances stability and reduces the responsiveness of crops to environmental changes.

Keywords: millet, adaptability, stability, plasticity, stress resistance, fertilizers, biologics

For citation: Shapovalov V.F., Smolsky E.V. millet productivity potential depending on mineral fertilizer in sod-podzolic soils. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023. No. 2(28). Pp. 114-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-114-120>.

Введение

Важнейшей и основополагающей задачей, стоящей перед сельхозпроизводителями, является продовольственная безопасность страны. В центральном Нечерноземье решение данной задачи должно обеспечиваться в основном за счет интенсификации растениеводства с учетом применения адаптированных, научно-обоснованных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур с внедрением современных высокопродуктивных культур с учетом ресурсосбережения и экологизации производства [3, 9, 10].

В структуре мирового производства зерна просо – как важнейшая зерно-крупяная и кормовая культура, занимает более 4,6 % [8]. В России средняя урожайность зерна проса составляет 0,7-1,15 т/га, биологический потенциал проса при такой урожайности используется только на 50 % [12].

Реально увеличить объемы производства зерна проса на основе повышения урожайности при применении современных средств химизации, включающих биологически активные препараты, регулирующие и стимулирующие протекание ростовых и синтетических процессов в растениях и повышающих адаптивность растений в стрессовых ситуациях. При этом знание потенциала адаптивности культуры в условиях региона возделывания необходимо для правильного подбора соотношения элементов питания в систему удобрения [15].

Почвы легкого гранулометрического состава в западной части Брянской области являются основным фондом пашни [14].

Рядом авторов были рассчитаны экологическая пластичность и стабильность для большинства зерновых культур, результатом расчета стало получение данных о потенциале продуктивности культур, что свидетельствуют о возможности применения методик для экологического обоснования использования минерального удобрения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур [2, 6].

Цель исследования – оценить действия удобрения на адаптивные свойства проса, используя критерий «урожайность» в условиях дерново-подзолистых песчаных почв запада Брянской области.

Материалы и методы исследований

Экспериментальный опыт проведен в период с 2019 по 2021 год в условиях Новозыбковского района (запад Брянской области) на опытном поле Брянского ГАУ, расчеты адаптивных показателей и их анализ сделаны на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии.

Почвенный покров опытного поля представлен песчаной дерново-подзолистой почвой с агрохимическими свойствами: $C_{орг.}$ – 1,7-1,9 % (по Тюрину), P_2O_5 – 366-385 и K_2O – 68-84 мг/кг почвы (по Кирсанову), обменная кислотность – 6,1-6,4 ед. Плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs территории 282-320 кБк/м². Расположение делянок систематическое, повторность – трёхкратная.

Система земледелия и защиты растения проса были общеприняты для зоны исследований.

Объектом исследования были просо сорта Квартет и система удобрения. Использовали аммиачную селитру, суперфосфат двойной гранулированный и калий хлористый посредством внесения вручную под предпосевную обработку почвы. Схема исследования охватывала

следующие варианты применения минерального удобрения (табл. 1). Посев проводили в первой декаде мая, норма высева 2,5 млн/га всхожих семян.

Биопрепарат Альбит применяли в фазу выхода в трубку проса нормой 50 мл/га.

В фазу полной спелости проводили уборку проса, поделаячно, методом сплошного комбайнирования. Урожайность зерна приводили к 100 % чистоте и стандартной влажности.

В результате аварии на ЧАЭС территория запада Брянской области была загрязнена искусственными радионуклидами [11], поэтому изучали удобрение проса, в котором доля калийного удобрения по отношению к азотному была увеличена, так как в современной литературе установлена ведущая роль калия в снижении удельной активности ^{137}Cs в продукции растениеводства [1, 16].

Адаптивные показатели: индекс условий среды и экологическую стабильность (Sd^2), и пластичность (bi) рассчитывали по Эберхарту и Расселлу [5], стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко [4], размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину [7], коэффициент вариации (V) [13].

Климат запада Брянской области умеренно теплый и влажный. Средняя многолетняя температура воздуха января равна – 8,1 °С, а июля равна 18,5 °С. Продолжительность вегетации от 136 до 154 дней, сумма температур в период вегетации составляет 2150-2450° С. Средняя многолетняя сумма осадков за год колеблется от 530 до 655 мм, по данному показателю территория исследования относится к зоне умеренного увлажнения. На холодный период приходится примерно 30-35%, а на теплый – 60-70% из годового количества осадков. На февраль-март приходится минимум месячных сумм осадков, на июль – максимум. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,3–1,4 [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Просо характеризуется широкой адаптацией к экологическим факторам окружающей среды, что доказывает ареалы её возделывания в России. В течение периода вегетации за годы исследования наблюдали различные погодные условия, что позволяет в зависимости от сложившихся абиотических условий окружающей среды оценить величину колебаний урожайности зерна проса.

В зависимости от года исследований индекс условий среды колебался от –0,93 до 0,71. Установили, что наиболее благоприятные условия окружающей среды для получения высокой урожайности проса был 2020 год, а наиболее неблагоприятные – в 2019 году (табл. 1). Индексы условий среды, полученные при расчете по годам исследования, подтверждаются метеорологическими показателями, которые свидетельствуют, что по увлажнению и температурному режиму наиболее благоприятный был год 2020, а 2019 год характеризовался как менее влагообеспеченный.

Таблица 1. Потенциал урожайности проса в условиях запада Брянской области

Система удобрения	Урожайность, ц/га			Средняя	K_A	$V, \%$
	2019 г.	2020 г.	2021 г.			
Без удобрения	23,5	24,7	24,2	24,1	0,78	2,5
Альбит	25,2	26,4	25,8	25,8	0,83	2,3
P60K60	24,8	26,2	26,1	25,7	0,83	3,0
N60P60K60	31,8	34,8	33,9	33,5	1,08	4,6
N60P60K90	35,3	36,7	36,1	36,0	1,16	1,9
N60P60K120	39,6	41,2	41,0	40,6	1,31	2,1
<i>Средняя за год</i>	30,0	31,7	31,2			
<i>Индекс условий среды</i>	-0,93	0,71	0,22			

Потенциал урожайности просо реализовывало в зависимости от условий среды и применения минерального удобрения, оптимальным считается, когда культура имеет коэффициент адаптации (K_A) больше 1, который свидетельствует о способности давать стабильно высокие урожаи в конкретных условиях произрастания. На дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях запада Брянской области наибольшую адаптацию ($K_A = 1,31$) наблюдали при использовании минерального удобрения в норме N60P60K120. Обнаружили, что использование минерального удобрения в технологии производства проса увеличивало возможность реализации продуктивности, при этом наблюдали, что оптимальное в минеральном удобрении соотношение азота к калию было 1 к 2, по-видимому, сказывался недостаток калия в почве (табл. 1).

Коэффициент вариации (V), который показывает изменчивость показателя, находился на уровне 1,9-4,6 %, что свидетельствует о незначительной изменчивости урожайности зерна проса от изменения систем удобрения и погодных условий, по методике опытного дела, если $V < 10$ %, то изменчивость принято считать незначительной [13]. Природно-климатические условия запада Брянской области влияют на изменения урожайности проса незначительно ($V = 2,5$ %), применение препарата Альбит и минерального удобрения не изменяет данный показатель (табл. 1).

Стрессоустойчивость ($y_{\min} - y_{\max}$) – это разница между минимальной и максимальной урожайностью, она имеет отрицательное значение, при этом, чем меньше разница, тем выше стрессоустойчивость сельскохозяйственной культуры. Стрессоустойчивость проса при возделывании без применения средств химизации в условиях эксперимента равна $-1,2$. Установили, что при использовании в технологии возделывания проса препарата Альбит стрессоустойчивость не изменялась, при применении минерального удобрения она находится в пределах $-1,4$ до $-3,0$, при этом наблюдали минимум стрессоустойчивости при использовании удобрения в норме N60P60K60 (табл. 2).

Показатель средней урожайности в контрастных условиях показывает гибкость проса, чем выше соответствие между факторами среды и урожайностью культуры, тем выше этот показатель. В контрастных условиях наибольший показатель средней урожайности сформировался при возделывании проса с применением минерального удобрения в дозах N60P60K120 (40,4) и N60P60K90 (36,0) (табл. 2).

Отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, выраженной в процентах – это размах урожайности (d), который показывает стабильность урожайности в конкретных условиях, чем ниже этот показатель, тем стабильнее продуктивность культуры. Наименьший размах урожайности от 3,8 до 3,9 наблюдали при использовании полного минерального удобрения с соотношением азота к калию как 1 к 1,5 и выше.

Таблица 2. Стрессоустойчивость и адаптивность проса в условиях запада Брянской области

Система удобрения	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b_i	S^2
Без удобрения	-1,2	24,1	4,9	0,71	0,01
Альбит	-1,2	25,8	4,5	0,70	0,04
P60K60	-1,4	25,5	5,3	0,91	0,06
N60P60K60	-3,0	33,3	8,6	1,83	0,00
N60P60K90	-1,4	36,0	3,8	0,83	0,02
N60P60K120	-1,6	40,4	3,9	1,02	0,05

Стабильность (Sd^2) – это устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать стабильный, но не очень высокий урожай в любых условиях, чем меньше отклонение фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура [4]. В исследуемом наборе

норм удобрения в технологии возделывания проса наибольшая стабильность урожайности выявлена при использовании минерального удобрения в норме N60P60K60.

Отзывчивость возделываемой культуры на изменение условий среды при возделывании характеризуется показателем экологической пластичности (b_i), который принимает различные значения относительно единицы. Культура обладает большей отзывчивостью на изменение условий среды при $b_i \geq 1$. Культура реагирует слабее на изменение условий среды при $b_i \leq 1$. Культура имеет полное соответствие изменения урожайности к изменению условий возделывания при $b_i = 1$ [7].

При использовании минерального удобрения в норме N60P60K60 в технологии возделывания проса наблюдали наибольшую отзывчивость культуры на изменения условий среды, при использовании N60P60K120 наблюдали полное соответствие изменения урожайности изменению условий возделывания. При применении препарата Альбит и минерального удобрения в дозах P60K60 и N60P60K90 показатель урожайности менее всего реагировал на изменения условий среды.

Наиболее ценны те культуры, а значит и технологии их возделывания, у которых $b_i > 1$, а Sd^2 стремится к 0, такие культуры относятся к высокоинтенсивным, они отзывчивы на улучшения условий и характеризуются стабильной урожайностью. Культуры с высокими показателями b_i и Sd^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а культуры, у которых $b_i < 1$ и близкий к 0 показатель Sd^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности [7].

При использовании минерального удобрения в норме N60P60K60 в технологии возделывания проса получили показатели, свидетельствующие о высокоинтенсивности данной технологии, при данной системе удобрения просо характеризуется стабильной урожайностью и отзывчиво на улучшения условий. При использовании минерального удобрения в норме N60P60K90 просо имеет достаточно высокую и стабильную урожайность, но слабо реагирует на улучшение внешних условий (табл. 2).

Выводы

1. Увеличение адаптации к условиям окружающей среды возможно повысить за счет применения минерального удобрения и препарата Альбит, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль.
2. Условия запада Брянской области в период исследований как с применением препарата Альбит и минерального удобрения, так и без применения создают незначительную изменчивость урожайности проса.
3. Наибольшая стрессоустойчивость, минимум размаха урожайности зерна проса в контрастных условиях выявлена на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при использовании минерального удобрения в норме N60P60K60.
4. Использование минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

Список источников

1. Аверин В.С., Подоляк А.Г. Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции // Белорусское сельское хозяйство. 2010. № 4. С. 18-22.
2. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения / В.Е. Ториков, М.В. Котиков, А.А. Осипов, В.В. Седов // Вестник БГСХА. 2020. № 3. С. 26-32.
3. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. 2006. 432 с.

4. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49-53.
5. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений. Гродно: ГГАУ. 2011. 140 с.
6. Мамеев В.В., Ториков В.Е. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 1. С. 55-62.
7. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, Д.Р. Исламгулов. Уфа: Изд-во Башкирского государственного аграрного университета. 2011. 99 с.
8. Персикова Т.Ф., Коготько Ю.В. Совершенствование системы удобрения проса при возделывании в условиях северо-востока Беларуси // Агрохимический вестник. 2020. № 5. С. 28-30.
9. Пospelова И.Н. Ретроспектива и современное состояние производства гречихи // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 9-2. С. 36-39.
10. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях юго-запада центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, В.И. Репникова, Д.М. Мельников // Вестник БГСХА. 2022. № 2. С. 3-8.
11. Санжарова Н.И. Изменение радиационной обстановки в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС // Агрохимический вестник. 2010. №2. С. 6-9.
12. Соловьев А.В., Каюмов М.К. Биологические условия формирования урожая проса и накопление сухой биомассы // Зерновое хозяйство России. 2006. № 1. С. 7-8.
13. Усманов Р.Р., Хохлов Н.Ф. Методика опытного дела (с расчетами в программе Excel). Москва: РГАУ-МСХА, 2020. 155 с.
14. Чекмарев П.А., Прудников П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №7. С. 24-33.
15. Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области // Вестник НГАУ. 2021. № 1. С. 64-74.
16. Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус, А.Г. Подольяк, А.Ф. Карпенко, Е.В. Смольский // Радиационная биология. Радиоэкология. 2016. Т. 56, № 4. С. 405-413.

References

1. Averin V.S., Podoljak A.G. The role of protective measures to reduce population exposure doses and obtain normative clean agricultural products. Belarusian agriculture. 2010. No. 4. Pp. 18-22.
2. Adaptive and productive potential of new generation potato varieties. V.E. Torikov, M.V. Kotikov, A.A. Osipov, V.V. Sedov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2020. No. 3. Pp. 26-32.
3. Belous N.M., Shapovalov V.F. Arable land productivity and sand soil rehabilitation. Brjansk: Bryansk State Agricultural Academy Publ. 2006. 432 p.
4. Goncharenko A.A. On the adaptability and environmental sustainability of grain crops. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. No. 6. Pp. 49-53.
5. Korzun O.S., Bruilo A.S. Adaptive features of breeding and seed production of agricultural plants. Grodno: Grodno State Agrarian University Publ. 2011. 140 p.
6. Mameev V.V., Torikov V.E. The role of the variety in increasing the efficiency of winter wheat grain production in gray forest soils of the Bryansk region. Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. 2020. No. 1. Pp. 55-62.

7. Procedure for Calculation and Evaluation of Ecological Plasticity Parameters of Agricultural Plants. V.A. Zykin, I.A. Belan, V.S. Jusov, D.R. Islamgulov. Ufa: Bashkir State Agrarian University Publ., 2011. 99 p.

8. Persikova T.F., Kogot'ko Ju.V. Improvement of millet fertilization system during cultivation in the north-east of Belarus. Agrochemical Herald. 2020. No. 5. Pp. 28-30.

9. Pospelova I.N. Retrospective and the current state of buckwheat production. Economics and business: theory and practice. 2020. No. 9-2. Pp. 36-39.

10. Principles of resource-saving technologies for cultivating grain crops in the south-west of the central region of Russia. O.V. Mel'nikova, V.E. Torikov, V.I. Repnikova, D.M. Mel'nikov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2022. No. 2. Pp. 3-8.

12. Solov'ev A.V., Kajumov M.K. Biological conditions of millet crop formation and accumulation of dry biomass. Grain industry of Russia. 2006. No. 1. Pp. 7-8.

13. Usmanov R.R., Khokhlov N.F. Experimental procedure (with calculations in Excel program). Moscow: Russian State Agrarian University. Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. Publ. 2020. 155 p.

14. Chekmarev P.A., Prudnikov P.V. The agrochemical and agroecological state of soils, the effectiveness of the use of chemicals and new complex fertilizers in the Bryansk region. Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. 2016. Vol.30. No.7. Pp. 24-33.

15. Chesalin S.F., Smol'skij E.V., Nechaev M.M. Realization of the potential for productivity of feed crops in the west of the Bryansk region. Bulletin of NSAU. 2021. No. 1. Pp. 64-74.

16. Effectiveness of protective measures in the rehabilitation of feed lands in Russia and Belarus contaminated after the Chernobyl disaster. N.M. Belous, A.G. Podoljak, A.F. Karpenko, E.V. Smol'skij. Radiation biology. Radio ecology. 2016. Vol. 56. No. 4. Pp. 405-413.

Информация об авторах

В.Ф. Шаповалов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии;

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии.

Information about the authors

V.F. Shapovalov – doctor of agricultural sciences, professor of the department of agrochemistry, soil science and ecology;

E.V. Smolsky – doctor of agricultural sciences, professor of the department of agrochemistry, soil science and ecology.

Научная статья
УДК 634.74
DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-121-132

ПРОБЛЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*HIRRORHAE RHAMNOIDES*) В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Школьникова Марина Николаевна^{1✉}, Аверьянова Елена Витальевна²,
Рожнов Евгений Дмитриевич³

¹ФГБОУ ВО Уральский государственный экономический университет

^{2,3}Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

¹shkolnikova.m.n@mail.ru✉

²averianova.ev@bti.secna.ru

³red@bti.secna.ru

Аннотация. Роль локальных плодовых ресурсов в ликвидации дефицита микронутриентов огромна. Плоды облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides*) содержат каротиноиды, полифенолы, витамины С и Е. Однако практически отсутствует промышленная переработка остающегося в значительных объемах шрота – до 22–26 %, что обусловило цель исследования – разработка технологии глубокой переработки обезжиренного облепихового шрота с получением комплекса биофлавоноидов с доказанным составом и предложением возможных направлений использования. При определении химического состава облепихового шрота применялись стандартные методы: содержание сахаров по ГОСТ 13192-73, фенольных соединений по ГОСТ Р 55408-2013; индивидуальные вещества комплекса биофлавоноидов идентифицировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе «Waters 2695 Alliance» (США) с последующей компьютерной обработкой результатов. Установлено, что образцы шрота содержат органические кислоты 3,2 %, сахара 4,6 %, пектиновые вещества 1,35 % и полифенольные вещества 3,8 %. Для интенсификации выделения комплекса биофлавоноидов использовали ферментализ сырья и ультразвуковое воздействие на стадии экстракции ферментированного облепихового шрота, выход целевого продукта составил 3,35±0,05 % и 3,8±0,1 %, соответственно. Комплекс биофлавоноидов получен в виде порошка желтого цвета, подлинность которого подтверждена методом Фолина-Чокальтеу, основными компонентами по результатам ВЭЖХ-анализа являются флавоноидный гликозид – рутин и флавонолы – кверцетин, кемпферол, изорамнетин. Использование факторов интенсификации позволяет сократить продолжительность процесса с 1,5 ч до 15 мин при увеличении выхода биофлавоноидов на 27 %, без существенного изменения химического состава. При масштабировании биокаталитической технологии утилизации облепихового шрота выход комплекса биофлавоноидов составил 3,12 %, эффективность процесса по сравнению с лабораторной стадией составила 91,7 %. Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенную технологию для промышленного использования на предприятиях по переработке плодов облепихи большой мощности.

Ключевые слова: облепиха, плоды, шрот, химический состав, комплекс биофлавоноидов, рациональное использование, глубокая переработка.

Для цитирования: Школьникова М.Н., Аверьянова Е.В., Рожнов Е.Д. Проблема рационального использования облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides*) в сибирском регионе // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(258). С. 121-132. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-121-132>.

Original article

THE PROBLEM OF RATIONAL USE BUCKTHORN BUCKTHORN (HIPPOPHAE RHAMNOIDES) IN THE SIBERIAN REGION

Marina N. Shkolnikova^{1✉}, Elena V. Averyanova², Evgeny D. Rozhnov³

¹Ural State University of Economics

^{2,3}Biysk Institute of Technology (branch) of the Altai State Technical University
named after I.I. Polzunov

¹shkolnikova.m.n@mail.ru✉

²averianova.ev@bti.secna.ru

³red@bti.secna.ru

Abstract. The role of local fruit resources in eliminating micronutrient deficiency is enormous. The fruits of buckthorn buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) contain carotenoids, polyphenols, vitamins C and E. However, there is practically no industrial processing of the remaining meal in significant volumes - up to 22-26%, which determined the purpose of the study – to develop a technology for deep processing of fat-free sea buckthorn meal to obtain a complex of bioflavonoids with a proven composition and a proposal of possible uses. When determining the chemical composition of sea buckthorn meal, standard methods were used: the sugar content according to GOST 13192-73, phenolic compounds according to GOST R 55408-2013; individual substances of the bioflavonoid complex were identified by high-performance liquid chromatography (HPLC) on the Waters 2695 Alliance device (USA) with subsequent computer processing of the results. It was found that the meal samples contain organic acids 3.2%, sugars 4.6%, pectin substances 1,35% and polyphenolic substances 3,8%. To intensify the extraction of the bioflavonoid complex, fermentolysis of raw materials and ultrasonic action were used at the extraction stage of fermented sea buckthorn meal, the yield of the target product was $3,35 \pm 0,05\%$ and $3,8 \pm 0,1\%$, respectively. The bioflavonoid complex is obtained in the form of a yellow powder, the authenticity of which is confirmed by the Folin-Chocalteu method, the main components according to the results of HPLC analysis are flavonoid glycoside - rutin and flavonols - quercetin, kaempferol, isoramnetin. The use of intensification factors makes it possible to reduce the duration of the process from 1,5 hours to 15 minutes with an increase in the yield of bioflavonoids by 27%, without significantly changing the chemical composition. When scaling the biocatalytic technology for the disposal of sea buckthorn meal, the yield of the bioflavonoid complex was 3,12%, the efficiency of the process compared to the laboratory stage was 91,7%. The results obtained allow us to recommend the proposed technology for industrial use in enterprises for processing sea buckthorn fruits of high capacity.

Keywords: sea buckthorn, fruits, meal, chemical composition, bioflavonoid complex, rational use, deep processing.

For citation: Shkol'nikova M.N., Aver'yanova E.V., Rozhnov E.D. The problem of rational use buckthorn buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) in the siberian region // Agro-industrial technologies of Central Russia. 2023. № 2(258). Pp. 121-132. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-121-132>.

Введение

Для населения северо-восточной части РФ характерен дефицит витаминов: так, у половины жителей имеется дефицит по трем и более витаминам (группы В, Е, Д, С, каротиноиды и др.) независимо от времени года. Общеизвестно, что самый эффективный путь его преодоления – употребление свежих плодов и овощей, а также продуктов их переработки и БАД к пище. При этом огромна роль локальных растительных ресурсов, в частности, облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*), в плодах которой содержится существенное количество каротиноидов, полифенолов, витаминов С, Е и других необходимых микронутриентов [2, 16, 22, 23].

Кустарники облепихи, обладая высокой адаптивностью к почвенно-климатическим условиям окружающей среды, произрастают естественным образом в холодных и сухих регионах по всему земному шару: в частности, в Гималаях, где самая высокая плотность данного кустарника, в холодных пустынных районах Китая, Северной Америки, Индии и Европы [21].

Ареал естественных зарослей облепихи в РФ существенный и прерывистый на разной высоте над уровнем моря (от 1500–1700 м на Алтае и в Восточной Сибири до 3000 м на Кавказе, самой западной границей служит Калининградская область, восточной – Читинская. Что обуславливает значительную сортовую вариабельность по уровню зимостойкости (до минус 40 °С), срокам созревания, урожайности, биохимическому составу плодов и т. д. [4].

В РФ промышленные плантации под облепиху составляют 2,5–3,0 тыс. га, со средней урожайностью 5,0–6,0 т/га; площадь, занимаемая дикорастущей облепихой, оценивается в 5,5 тыс. га, с которых сбор плодов составляет порядка 3,0 тыс. т или половина от общего сбора. Плоды облепихи можно рассматривать как ценное экологически чистое сырье для пищевой, фармацевтической и косметической отраслей промышленности в виду того, что дикорастущие заросли кустарников неприхотливые, морозоустойчивые, дающие стабильные урожаи и не требующие особых трудовых затрат (за исключением сбора). Однако область их практического применения ограничена получением облепихового масла (до 95 % собранного урожая) и в меньшей степени производством концентрированного сока [1].

Лидером по дикорастущим зарослям облепихи является Алтайский край, имея преимущество перед Республиками Тува и Бурятия. В культуру впервые облепиха была введена именно на Алтае учеными НИИ Садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, что обеспечило возможность создания промышленных плантаций облепихи в этом регионе. При этом срок созревания плодов составляет довольно длительный период: для ранних сортов – с середины августа, для поздних – до конца октября, что обуславливает эффективность её выращивания в промышленных масштабах [12, 17].

Следует отметить, что Сибирь – это регион рискованного земледелия, и в таких условиях облепиха как ведущая ягодная культура на Алтае и в Бурятии является и страховой культурой, имеющей ежегодную стабильную урожайность и высокий спрос среди изготовителей продуктов питания, напитков (в том числе полуфабрикатов) и розничного ритейла. Поэтому основными ценными характеристиками плодов являются не только урожайность, высокая производительность при ручном сборе, устойчивость к погодно-климатическим факторам, но и вкус и масса плодов (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика интенсивных сортов облепихи сибирской селекции (составлена авторами по данным Зубарева и др. [7] и Ширипнимбуевой и др. [18])

Название сорта	Урожайность, т/га	Средняя масса 100 ягод, г	Окраска плодов	Вкус	Масличность, %	Основное назначение сорта
Районированные в Алтайском крае						
Чуйская	12,9–16,7	70,0–90,0	оранжевая	сладко-кислый	6,2	универсальный
Аурелия	12,8–16,0	100,0–110,0	желто-оранжевая	кислый	6,0	технический
Афина	11,0–21,3	110,0–140,0	красно-оранжевая	сладко-кислый	4,8	десертный
Иня	12,9–16,2	70,0–79,0	оранжево-красный	кисло-сладкий	4,3	технический
Эссель	12,7–14,0	80,0–100,0	красно-оранжевая	сладкий	6,0	десертный
Районированные в Бурятии						
Баян-Гол	12,0–14,0	60,0	ярко-оранжевая с красным румянцем на концах	кисло-сладкий	5,6	десертный
Заря Дабат	9,4–11,2	60,0	ярко-оранжевая	кисло-сладкий	До 7,0	универсальный

Памяти Захаровой	9,6–11,6	60,0	оранжево-красная	кисло-сладкий	5,9	универсальный
Сократовская	9,0–11,0	60,0–80,0	красно-оранжевая	кисло-сладкий	5,0	универсальный
Тасхановская	10,0–12,0	60,0	темно-оранжевая с румянцем на концах	кислый	4,9	универсальный

Как видно из приведенных данных, средняя урожайность плантационных насаждений сортовой облепихи в Алтайском крае несколько выше, как и средняя масса 100 г ягод, что можно объяснить более благоприятным и длительным вегетационным периодом плодов в Алтайском крае. Кроме того, объем биологического урожая плодов облепихи зависит от густоты и возрастной структуры зарослей кустов, а также способов заготовки плодов и погодных условий за предшествующие два года. По мнению Н.И. Богомоловой и М.В. Лупина, при определении сырьевых эксплуатационных запасов плодов облепихи следует перейти от биологического урожая к хозяйственному сбору, который условно равен 50 % урожая, но фактически колеблется от 10 % до 70 % и зависит от перечисленных выше факторов, а также от санитарного состояния насаждений [4].

В настоящее время облепиху успешно выращивают во многих странах Европы и Азии. Так, сегодня многие фермеры в граничащей с РФ Монголии отказываются от традиционного для местных жителей животноводства и переходят на выращивание облепихи – неприхотливой культуры, способной остановить наступление бесплодных песков и крайне выгодной, так как продукты ее переработки экспортируются в ряд азиатских стран (<https://travelask.ru/blog/posts/11260-oblepiha-protiv-pustyni-gobi-unikalnyu-proekt-mongolii>).

Согласно ежегодному отчету Международной ассоциации по облепихе (ISA) за 2021 г, лидером по культурному возделыванию облепихи является Китай – 2,35 млн. га, из которых 1,6 млн. га – культивируемые, что составляет более 90 % мировых ресурсов, в Индии основные площади дикорастущей облепихи произрастают на площади в 10-15 тыс. га, в Германии – 0,6-0,8 тыс. га диких зарослей сосредоточены в основном вдоль побережья Северного и Балтийского морей и т.д. [20].

Кроме плодов возможно использование молодых побегов облепихи для получения аллантоина, используемого в косметической промышленности [10]. Все вышеизложенное дает основание утверждать, что в сложившейся экономической и политической ситуации актуален вопрос глубокой переработки плодового сырья, и большинство участников российского рынка уже ощущают необходимость внедрения технологий рационального использования плодовоовощного сырья.

Что касается промышленной реализации технологий комплексной переработки плодов облепихи, то можно выделить такие основные направления, как:

– получение облепихового масла и масляных экстрактов из плодов на предприятиях «Сибирская Империя Масел» (г. Новосибирск), АО «Алтавитамины», «Здоровая Семья Сибирь» (г. Бийск), ООО «Алтай-Занддорн», НПФ «Алтайский Букет» (г. Барнаул), ООО «ЭКО-СИБИРЬ» (г. Иркутск), ССПК «Энергия жизни» (г. Улан-Удэ) и др.;

– производство сока прямым отжимом и сокодержущих напитков, например, «Сок прямого отжима Облепиховый» (АО «Алтавитамины», г. Бийск); нектары на основе облепихового сока прямого отжима (ПК «САВА», г. Томск); сок облепиховый и нектары (ООО «Алсу» ТМ «AVEO», г. Барнаул) и т.д.;

– получение сухих и густых экстрактов. Только в Алтайском крае находятся несколько крупных предприятий по производству растительных экстрактов: ООО «КИТ плюс» (г. Бийск), ООО «Вистерра» (с. Алтайское), в том числе CO₂-экстракты ООО «АлтайПлод» (г. Бийск) и др.;

– дальнейшее использование экстрактов и концентратов в производстве продуктов питания, в том числе мороженого, молочных продуктов, кулинарных изделий, киселей, чайных напитков и т.д. [3, 6, 8, 11, 13].

Вместе с тем несмотря на высокую биологическую ценность, практически отсутствует промышленная переработка остающегося в значительных объемах шрота – до 22–26 %, что обусловило цель настоящего исследования – разработку технологии глубокой переработки обезжиренного облепихового шрота с получением комплекса биофлавоноидов с доказанным составом и предложением возможных направлений использования.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является обезжиренный шрот плодов облепихи крушиновидной *Hippophae rhamnoides L.*, полученный традиционным способом после экстракции из плодов облепихи сока и масла диффузионным способом. Образцы шрота с содержанием экстрактивных веществ порядка 19,0 % высушивали до влажности не более 8,0 % и использовали для экспериментальных исследований в течение года.

Определение содержания редуцирующих веществ в шроте проводили классическим химическим методом Бертрана по ГОСТ 13192-73; фенольных соединений – фотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу по ГОСТ Р 55408-2013.

Индивидуальные вещества комплекса биофлавоноидов идентифицировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе «Waters 2695 Alliance» (США) в условиях, предложенных в [5], с последующей компьютерной обработкой результатов.

Результаты исследований и их обсуждение

Благодаря содержанию значительного количества биологически активных веществ, известной физиологической активности и терапевтическому потенциалу [14, 15], а также стабильному химическому составу и доступности, большую часть года [4] облепиховый шрот имеет широкие перспективы использования в пищевой, фармацевтической и смежных отраслях промышленности.

В таблице 2 представлен состав обезжиренного шрота, полученного экстракцией «жирного» масла из плодов облепихи и высушенного до влажности $5,1 \pm 0,1$ %.

Таблица 2. Химический состав облепихового шрота, % ($n=3$, $M \pm m$)

М.д. экстрактивных веществ	М. д. органических кислот, в пересчете на яблочную	М. д. сахаров	М. д. пектиновых веществ (протопектин)	М. д. фенольных веществ, в пересчете на рутин
19,0 \pm 0,5 %	3,2 \pm 0,4	4,6 \pm 0,1	1,35 \pm 0,04	3,8 \pm 0,1 %

В эксперименте установлено, что образцы шрота содержат достаточное количество экстрактивных веществ, в составе которых органические кислоты, сахара и другие БАВ, в частности пектиновые и полифенольные вещества.

Более детально состав исследуемого облепихового шрота в разрезе содержания химических веществ представлен на рисунке 1, из которого видно, что наряду с минеральными веществами, в шроте остается ряд природных антиоксидантов – каротиноиды, токоферолы, аскорбиновая кислота и флавоноиды, которые обуславливают его достаточную биологическую ценность и значимость для глубокой переработки.

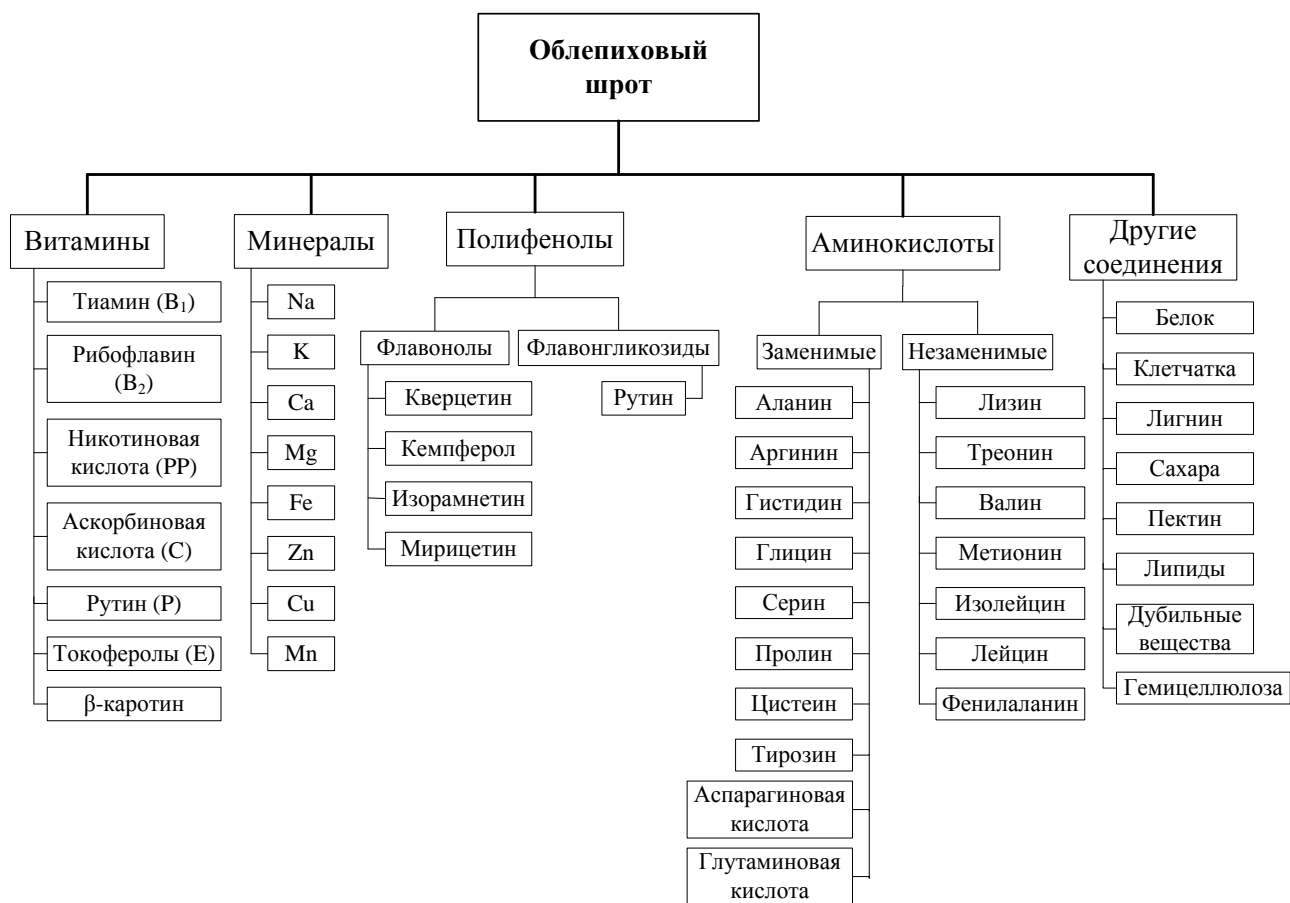


Рисунок 1. Химический состав облепихового шрота (составлено авторами)

Флавоноиды являются многочисленной группой природных полифенольных соединений, играющих важную роль в поддержании здоровья человека, а их высокая биологическая активность – антиоксидантная, противовоспалительная, нейропротекторная, антиканцерогенная и др., доказана не только *in vitro*, но и *in vivo* [9].

Задачей биоконверсии вторичных сырьевых ресурсов является разработка эффективного способа получения комплекса биофлавоноидов из обезжиренного облепихового шрота при сохранении нативной структуры БАВ. При этом основной стадией процесса является экстракция комплекса биофлавоноидов этиловым спиртом.

Согласно традиционному способу экстракции (вариант 1) максимальное извлечение фенольных соединений из обезжиренного облепихового шрота достигается минимальным количеством растворителя, объем которого ограничивается лишь размером патрона экстрактора. Метод включает экстракцию шрота этиловым спиртом концентрацией от 86 % до 96 % в аппарате Сокслета и промывку вязкой сиропообразной массы вакуум-концентрата водой в соотношении 1 : 3. В результате происходит растворение гидрофильных балластных веществ, в том числе остаточного содержания углеводов, что затем обеспечивает образование кристаллического осадка комплекса биофлавоноидов, который отфильтровывают и высушивают. Выход целевого продукта составил $3,00 \pm 0,05$ %.

Для интенсификации технологического процесса рассмотрен ферментализ сырья (вариант 2) и ультразвуковое воздействие на стадии экстракции ферментированного облепихового шрота (вариант 3). Выход целевого продукта составил $3,35 \pm 0,05$ % и $3,8 \pm 0,1$ %, соответственно. Комплекс биофлавоноидов получен в виде порошка желтого цвета, подлинность которого подтверждена методом Фолина-Чокальтеу, основными компонентами по результатам

ВЭЖХ-анализа являются флавоноидный гликозид – рутин и флавонолы – кверцетин, кемпферол, изорамнетин. Использование факторов интенсификации позволяет сократить продолжительность процесса с 1,5 ч до 15 мин при увеличении выхода биофлавоноидов на 27 %, без существенного изменения химического состава (табл. 3).

Таблица 3. Выход и химический состав комплекса биофлавоноидов обезжиренного облепихового шрота

Наименование показателя	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2	Вариант 3
Выход, %	3,00±0,05	3,35±0,05	3,8±0,1
Содержание в составе комплекса биофлавоноидов, %			
Рутин	18,35	17,82	17,06
Кверцетин	31,17	31,70	32,46
Кемпферол	2,29	2,16	2,13
Изорамнетин	48,19	48,32	48,35

При масштабировании биокаталитической технологии утилизации облепихового шрота выход комплекса биофлавоноидов составил 3,12 %, эффективность процесса по сравнению с лабораторной стадией составила 91,7 %. Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенную технологию для промышленного использования на предприятиях по переработке плодов облепихи большой мощности.

Названные флавонолы являются основным действующим веществом широкого перечня лекарственных препаратов различной фармакологической направленности: «Аскорутин», «Троксевазин», «Флаботон», «Троксевазол», «Кверцетин», «Капилар», «Квертин», «Антистакс» и др. и БАД к пище, за исключением *Isorhamentin*, терапевтическая эффективность которого доказана *in vivo* при лечении тяжелых сосудистых воспалительных заболеваний, таких как сепсис или септический шок [8].

Согласно предварительно проведенным исследованиям из 1 т облепихового шрота можно получить до 40 кг концентрата биофлавоноидов в виде порошка, влажностью 5-6 %.

Стоимость индивидуальных флавонолов на мировом рынке, в \$ США/кг по курсу 2021 г.: кемпферол – 1500 (*Xi'an Xiaocao Botanical Development Co., Ltd., Kumai*); рутин – 130 (*Sichuan Guangsong Pharmaceutical Co, Kumai*); кверцетин – 100 (*Henan FoTei Biological Technology Co., Ltd., Kumai*); изорамнетин – 1500 (при реализации лишь в малой фасовке – 20 мг стоимостью 3–7 \$, *Huilin Bio-Tech Co, Kumai*).

Мониторинг сайтов изготовителей и импортеров фармацевтических субстанций показал, что основное товарное предложение индивидуальных флавонолов идет из Китая: «*SHAANXI NHK TECHNOLOGY CO., LTD*», «*FZBIOTECH*», «*GUANAO BIOTECH CO., LTD*», «*Ceres Biotch*» и др. стоимостью от 30 до 600 дол. США за 1 кг. Однако смущает тот факт, что, позиционируя индивидуальные флавонолы как фармацевтические субстанции (подразумевает содержание чистого вещества 99,9 %), в спецификации указано содержание флавоноидов, например, *Isorhamentin* – не менее 95 %, *Kaempferol* – не менее 98 %, *Quercetin* – не менее 95 %. К сожалению, подобных субстанций российского производства на рынке не представлено.

Подтвержденный экспериментальными исследованиями состав и высокие потребительские свойства специализированных продуктов с добавлением биофлавоноидов в качестве антиоксиданта и фитобиотика позволили авторам предложить направления использования биофлавоноидов облепихового шрота (рис. 2).

Как видно из приведенной схемы, биофлавоноиды облепихового шрота могут использоваться в химической промышленности как исходное соединение для синтеза производных с повышенной физиологической активностью, в фармацевтической – как действующее вещество лекарственных препаратов и БАД к пище широкого спектра терапевтической направ-

ленности; при этом технологии их получения известны и апробированы. Что касается ФПИ, пищевых и технологических добавок, то их технологии и формы недостаточно проработаны, что открывает перспективу научных исследований и промышленной апробации.



Рисунок 2. Направления использования биофлавоноидов облепихового шрота

Выводы

Разработанная технология глубокой переработки многотоннажного отхода – обезжиренного облепихового шрота в комплекс биофлавоноидов с доказанным составом индивидуальных веществ, обладающих биологической активностью, позволит частично решить проблему рационального использования облепихи крушиновидной в северо-восточных регионах РФ.

Список источников

1. Аверьянова Е.В. Биологическая ценность облепихи как основа ее комплексной безотходной переработки // Современная наука и инновации. 2018. Т. 23. № 3. С. 129-139.
2. Беляев А.А. и др. Разработка рецептуры и технологии сокодержущего напитка на основе плодово-ягодного сырья Красноярского края и продукции пчеловодства / А.А. Беляев, Н.А. Величко, О.В. Иванова, И.А. Якоцу // Вестник КрасГАУ. 2017. № 1. С. 125-131.
3. Бобченко В.И. и др. Влияние продуктов переработки плодов облепихи на формирование свойств молочной основы мороженого / А.А. Беляев, Н.А. Величко, О.В. Иванова, И.А. Якоцу // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. Т. 329. № 5-6. С. 60–62.
4. Богомолова Н.И., Лупин М.В. Уровень биологического потенциала продуктивности облепихи крушиновидной в естественных и промышленных насаждениях России // Вестник аграрной науки. 2021. Т. 93. № 6. С. 62–67.
5. Гриценко А.И., Сенченко С.П., Попова О.И. Использование метода ВЭЖХ для изучения фенольных соединений листьев скумпии кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.) // Фундаментальные исследования. 2015. №. 2-9. С. 1907-1910.
6. Дудикова Г.Н., Чижаева А.В. Функциональные кисломолочные напитки с экстрактами черной смородины и облепихи // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 59-64.

7. Зубарев Ю.А. и др. Новые крупноплодные сорта облепихи алтайской селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета / Ю.А. Зубарев, А.В. Гунин, Е.И. Пантелеева, А.В. Воробьева. 2020. Т. 188. № 6. С. 42-49.
8. Кольтюгина О.В., Филимонова Е.Ю., Щетинин М.П. Получение и использование сухих плодов облепихи в качестве комбинированной пищевой добавки // Ползуновский альманах. 2005. № 1. С. 41-49.
9. Макарова М.Н., Макаров В.Г. Молекулярная биология флавоноидов (химия, биохимия, фармакология): Руководство для врачей. СПб.: Издательство «Лема», 2010. 428 с.
10. Мезенова О.Я. и др. Оценка биопотенциала дикорастущей облепихи и перспектив ее комплексного использования / О.Я. Мезенова, Й.-Т. Мёрзель, С.А. Воронцов, П.А. Воронцов // Вестник Международной академии холода. 2020. № 3. С. 44-51.
11. Остроумов Л.А., Царегородцева С.Р., Просеков А.Ю. Технология переработки черной смородины и облепихи с целью их использования в комбинированных молочных продуктах // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 2001. № 5-6. С. 40-42.
12. Пантелеева Е.И. Облепиха крушиновая (*Hippophae rhamnoides* L.). Барнаул: РАСХН. Сибирское отделение НИИСС, 2006. 249 с.
13. Патент 2216976 Российская Федерация, МПК А23С9/123 А23С9/133. Способ производства йогурта с облепихой: № 2001132952/13: заявл. 06.12.2001: опубл. 27.11.2003 / Могильный М.П., Бижев А.Б.; патентообладатели Пятигорский государственный технологический университет, Общество с ограниченной ответственностью «Сырдел».
14. Патент 2011383 Российская Федерация МПК А61К35/78 А61Р3/06 А61Р9/10. Способ получения средства, обладающего гиполипидемическим и противоатеросклеротическим действием: № 4942485/14: заявл. 04.06.1991: опубл. 30.04.1994 / Оганесян Э.Т., Симонян А.В., Василенко Ю.К., Хан В.А., Щукин Г.И., Пшуков Ю.Г., Парфентьева Е.П., Кузнецов А.В., Муцуева С.Х., Агеева Л.Д.; патентообладатель Пятигорский фармацевтический институт.
15. Патент 2394587 Российская Федерация МПК А61К36/72 В01D11/02 А61Р1/16 А61Р3/00 А61Р9/10. Средство, обладающее гиполипидемическим и противоатеросклеротическим действием: № 2009105574/15: заявл. 17.02.2009: опубл. 20.07.2010 / Попов С.А., Оганесян Э.Т., Терехов А.Ю., Колесникова И.В., Щукин Г.И., Шевцов С.А., Митасов М.М.; патентообладатели: Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (НИОХ СО РАН) (статус государственного учреждения), ООО Компания «Сибирские натуральные масла» (Компания «СиНаМ»).
16. Севодина К.В., Школьникова М.Н. Торговая классификация напитков из облепихи как основа формирования их ассортимента // Пиво и напитки. 2014. № 5. С. 14-18.
17. Ширипнимбуева Б.Ц. Облепиха в Прибайкалье // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2014. Т. 10. № 2. С. 38-42.
18. Ширипнимбуева Б.Ц., Мяханова Н.Т., Будаева Н.А. Интенсивные сорта облепихи бурятской селекции // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2014. Т. 11. № 3. С. 60–64.
19. Kim T.H., Ku S.-K., Bae J.-S. Anti-inflammatory activities of isorhamnetin-3-O-galactoside against HMGB1-induced inflammatory responses in both HUVECs and CLP-induced septic mice. *Journal of Cellular Biochemistry*. 2012. Vol. 114. No 2. Pp. 336–345.
20. The Annual Report of International Seabuckthorn Development For the Year of 2019. Text: electronic. International Seabuckthorn Association (ISA) 2019. https://www.oblepiha22.ru/assets/annual_report_of_isa.pdf.
21. Vilas-Franquesa, A., Saldo, J., Juan, B. Potential of sea buckthorn-based ingredients for the food and feed industry – a review. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020. Vol. 2. Pp. 2–17.

22. Yang B. Sugars, acids, ethyl b-D-glucopyranose and a methyl inositol in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) berries. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 112. No. 1. Pp. 89–97.

23. Zakyntinos G., Varzakas T., Petsios D. Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides*) Lipids and their Functionality on Health Aspects. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2016. Vol. 4. No. 3. Pp. 182–194.

References

1. Averyanova E.V. Biological value of sea buckthorn as the basis of its complex waste-free processing. *Modern science and innovation*. 2018. Vol. 23. No. 3. Pp. 129-139.

2. Belyaev A.A., Velichko N.A., Ivanova O.V., Yakotsu I.A. Development of the formulation and technology of a juice-containing drink based on fruit and berry raw materials of the Krasnoyarsk Territory and bee products. *Bulletin of KrasGAU*. 2017. No. 1. Pp. 125-131.

3. Bobchenko V.I., Tekutyeva L.A., Pavlova Zh.P., Son O.M., Botsko Yu.K. The influence of sea buckthorn fruit processing products on the formation of the properties of the milk base of ice cream. *Izvestiya Vysshikh uchebnykh uchebnykh. Food technology*. 2012. Vol. 329. No. 5-6. Pp. 60-62.

4. Bogomolova N.I., Lupin M.V. The level of biological productivity potential of buckthorn buckthorn in natural and industrial plantings of Russia. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021. Vol. 93. No. 6. Pp. 62-67.

5. Gritsenko A.I., Senchenko S.P., Popova O.I. The use of the HPLC method for the study of phenolic compounds of the leaves of the leatherback scumpia (shrub scumpia "Osprey"). *Fundamental research*. 2015. No. 2-9. Pp. 1907-1910.

6. Dudikova G.N., Chizhaeva A.V. Functional fermented milk drinks with extracts of black currant and sea buckthorn. *Rational nutrition, food additives and biostimulants*. 2016. No. 1. Pp. 59-64.

7. Zubarev Yu.A., Gunin A.V., Panteleeva E.I., Vorobyeva A.V. New large-fruited varieties of sea buckthorn of Altai selection. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020. Vol. 188. No. 6. Pp. 42-49.

8. Kolyugina O.V., Filimonova E.Yu., Shchetinin M.P. Obtaining and using dried sea buckthorn fruits as a combined food additive. *Polzunovsky Almanac*. 2005. No. 1. Pp. 41-49.

9. Makarova M.N., Makarov V.G. *Molecular biology of flavonoids (chemistry, biochemistry, pharmacology): A guide for doctors*. St. Petersburg: Lema Publ., 2010. 428 p.

10. Mezenova O.Ya., Merzel Y.-T., Vorontsov S.A., Vorontsov P.A. Assessment of the bio-potential of wild sea buckthorn and prospects for its integrated use. *Bulletin of the International Academy of Cold*. 2020. No. 3. Pp. 44-51.

11. Ostroumov L.A., Tsaregorodtseva S.R., Prosekov A.Yu. Technology of processing of black currant and sea buckthorn for the purpose of their use in combined dairy products. *Izvestia of Higher educational institutions. Food technology*. 2001. No 5-6. Pp. 40-42.

12. Panteleeva E.I. *Buckthorn buckthorn (Hippophae rhamnoides L.)*. Barnaul: RASKHN. Siberian branch of NIISS Publ., 2006. 249 p.

13. 2216976 Patent Russian Federation, IPC A23C9/123 A23C9/133. Method of production of yogurt with sea buckthorn: No. 2001132952/13: application 06.12.2001: publ. 27.11.2003. Mogilny M.P., And Bizhev.B.; Pyatigorsk State Technological University patent holders, Limited Liability Company "Syrodel".

14. Patent 2011383 Russian Federation IPC A61K35/78 A61P3/06 A61P9/10. Method of obtaining a drug with hypolipidemic and anti-atherosclerotic effect: No. 4942485/14: application 04.06.1991: publ. 30.04.1994. Oganesyanyan E.T., Simonyan A.V., Vasilenko Yu.K., Khan V.A., Shchukin G.I., Pshukov Yu.G., Parfentjeva E.P., Kuznetsov A.V., Mutsueva S.H., Ageeva L.D.; patent holder Pyatigorsk Pharmaceutical Institute.

15. Patent 2394587 Russian Federation IPC A61K36/72 B01D11/02 A61P1/16 A61P3/00 A61P9/10. A remedy with hypolipidemic and anti-atherosclerotic effect: No. 2009105574/15: ap-

plication 17.02.2009; publ. 20.07.2010. Popov S.A., Oganesyanyan E.T., Terekhov A.Yu., Kolesnikova I.V., Shchukin G.I., Shevtsov S.A., Mitasov M.M.; patent holders: Novosibirsk Institute of Organic Chemistry named after N.N. Vorozhtsov of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (NIOH SB RAS) (status of a state institution), Siberian Natural Oils Company LLC (Si-NaM Company).

16. Sevodina K.V., Shkolnikova M.N. Trade classification of sea buckthorn drinks as a basis for the formation of their assortment // Beer and beverages. 2014. No. 5. Pp. 14-18.

17. Shiripnimbueyeva B.Ts. Sea buckthorn in the Baikal region. Modern gardening – Modern gardening. 2014. Vol. 10. No. 2. Pp. 38-42.

18. Shiripnimbueyeva B.Ts., Myakhanova N.T., Budaeva N.A. Intensive varieties of sea buckthorn of Buryat breeding. Modern gardening – modern gardening. 2014. Vol. 11. No. 3. Pp. 60-64.

19. Kim T.H., Ku S.-K., Be J.-S. Anti-inflammatory activity of isoramnetin-3-O-galactoside against HMGB1-induced inflammatory reactions in both HUVECs and CLP-induced septic mice // Journal of Cellular Biochemistry. 2012. Vol. 114. No. 2. Pp. 336-345.

20. The Annual Report of International Seabuckthorn Development For the Year of 2019. Text: electronic. International Seabuckthorn Association (ISA) 2019. https://www.oblepiha22.ru/assets/annual_report_of_isa.pdf.

21. Vilas-Franquesa A., Saldo J., Juan B. The potential of sea buckthorn-based ingredients for the food and feed industry – review. Production, processing and nutrition of food products. 2020. Vol. 2. Pp. 2-17.

22. Yang B. Sugars, acids, ethyl-b-D-glucopyranose and methylinositol in sea buckthorn berries (*Hippophaë rhamnoides*). Chemistry of food products. 2009. Vol. 112. No. 1. Pp. 89-97.

23. Zakynthos G., Varzakas T., Petsios D. Sea buckthorn (*Hippophae Rhamnoides*) Lipids and their impact on health. Modern research in the field of nutrition and food science. 2016. Vol. 4. No. 3. Pp. 182-194.

Информация об авторах

М.Н. Школьникова – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии питания»;

А.В. Аверьянова – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры «Биотехнологии»;

Е.Д. Рожнов – доктор технических наук, доцент кафедры «Биотехнологии».

Information about the authors

M.N. Shkolnikova – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of nutrition technology;

A.V. Averyanova – candidate of chemical sciences, associate professor, associate professor of the department of biotechnology;

E.D. Rozhnov – doctor of technical sciences, associate professor of the department of biotechnology.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 620.19

DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-132-141

ВЛИЯНИЕ СВЕРХТОНКИХ ЧАСТИЦ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НИКЕЛЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Горбушин Павел Александрович^{1✉}, Сафонов Валентин Владимирович²,
Шишури́н Сергей Александрович³, Величко Сергей Анатольевич⁴

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

⁴Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

¹pavelgorbushin@gmail.com✉

²safonow2010sgau@yandex.ru

³s.shishurin@gmail.com

⁴velichko2005@ya.ru

Аннотация. Разработана технология получения композиционных электролитических покрытий на основе никеля, модифицированных сверхтонкими частицами нитрида алюминия. Технология подразумевает получение покрытий из кислых электролитов никелирования под воздействием ультразвука с частотой 22 кГц и амплитудой 50 Гц в течение всего периода нанесения. Проведены трибологические сравнительные испытания пар трения с нанесенными на поверхность роликов композиционными покрытиями по разработанной технологии и пар трения, у которых на поверхность роликов было нанесено классическое покрытие никеля. Исследования проводили в чистой и загрязненной кварцевым абразивом смазочных средах.

В результате проведенных сравнительных трибологических испытаний было установлено, что пары трения, на ролики которых было нанесено композиционное электролитическое покрытие, модифицированное сверхтонкими частицами нитрида алюминия, имеют износостойкость в 1,86...2,06 раза выше, чем аналогичные пары трения с классическим покрытием никеля. Кроме того, установлено снижение момента трения в парах, на ролики которых было нанесено покрытие по разработанной технологии, на 16...20% по сравнению с парами трения, на ролики которых было нанесено классическое покрытие никеля. Предлагаемое композиционное электролитическое покрытие на основе никеля может применяться для совершенствования технологических процессов восстановления деталей сельскохозяйственной техники на ремонтных предприятиях, в структуре которых есть гальванические участки, т.к. для внедрения данной технологии не требуется приобретение дополнительного дорогостоящего оборудования.

Ключевые слова: композиционное покрытие, никелирование, сверхтонкие частицы, износостойкость, момент трения, износ, сельскохозяйственная техника

Для цитирования: Влияние сверхтонких частиц нитрида алюминия на износостойкость электролитического никеля, используемого для восстановления деталей сельскохозяйственной техники / П.А. Горбушин, В.В. Сафонов, С.А. Шишури́н, С.А. Величко // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №2(28). С. 133-142. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-132-141>.

Original article

INFLUENCE OF ULTRAFINE ALUMINUM NITRIDE PARTICLES ON WEAR RESISTANCE OF ELECTROLYTIC NICKEL USED FOR RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS

Pavel A. Gorbushin^{1✉}, *Valentin V. Safonov*², *Sergey A. Shishurin*³, *Sergey A. Velichko*⁴

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov region, Saratov, Russia

⁴National Research Mordovia State University, Republic of Mordovia, Saransk, Russia

¹pavelgorbushin@gmail.com✉

²safonow2010sgau@yandex.ru

³s.shishurin@gmail.com

⁴velichko2005@ya.ru

Abstract. A technology has been developed for obtaining composite electrolytic coatings based on nickel modified with ultrafine particles of aluminum nitride. The technology involves obtaining coatings from acid nickel plating electrolytes under the influence of ultrasound with a frequency of 22 kHz and an amplitude of 50 Hz during the entire period of application. Tribological comparative tests of friction pairs with composite coatings applied to the surface of the rollers according to the developed technology and friction pairs, in which the classical nickel coating was applied to the surface of the rollers, were carried out. The studies were carried out in clean and contaminated with quartz abrasive lubricating media.

As a result of comparative tribological tests, it was found that friction pairs, on the rollers of which a composite electrolytic coating modified with ultrathin aluminum nitride particles was applied, have wear resistance 1.86...2.06 times higher than similar friction pairs with a classical nickel coating. In addition, a decrease in the moment of friction in pairs, on the rollers of which a coating was applied according to the developed technology, was found by 16... 20% compared with friction pairs, on the rollers of which a classic nickel coating was applied. The proposed composite electrolytic coating based on nickel can be used to improve the technological processes of restoring parts of agricultural machinery at repair enterprises, in the structure of which there are galvanic sites, because the introduction of this technology does not require the purchase of additional expensive equipment.

Keywords: composite coating, nickel plating, ultrafine particles, wear resistance, friction moment, wear, agricultural machinery

For citation: The effect of ultrafine aluminum nitride particles on the wear resistance of electrolytic nickel used for the restoration of agricultural machinery parts. P.A. Gorbushin, V.V. Safonov, S.A. Shishurin, S.A. Velichko. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023. No.2(28). Pp. 132-141. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-132-142>.

Введение

В последние годы наблюдается тенденция развития сельскохозяйственной техники. Всё больше выпускается тракторов 4-6 тяговых классов, техника является все более металлоемкой, более мощной для достижения высоких показателей продовольственной безопасности страны. На этом фоне достаточно серьезно рассматриваются вопросы надежности такой техники. Повышение нагрузок на узлы и агрегаты при эксплуатации тракторов и комбайнов приводит к повышенному износу и более частому выходу из строя деталей, изготавливаемых и восстанавливаемых по стандартным технологиям. В связи с этим, разработка новых технологий восстановления выходящих из строя деталей сельскохозяйственной техники или совершенствование существующих технологий представляют научный и практический интерес.

Одними из наиболее эффективных и распространённых технологий восстановления деталей сельскохозяйственной техники являются технологии гальванических производств, позволяющие получать на поверхностях изношенных деталей слой металла с высокими физико-механическими свойствами [1, 4, 5, 11]. Основными достоинствами таких технологий являются экономичность за счет минимизации технологических операций, высокий ресурс восстановленных деталей, который достигает величины более 80% от величины ресурса но-

вых деталей, хорошая воспроизводимость технологических процессов за счет применения стандартного гальванического оборудования [7, 10].

Одним из распространенных процессов нанесения электролитических покрытий является никелирование [4, 7]. Нанесение никелевых покрытий на поверхности деталей сельскохозяйственной техники характеризуется низким температурным воздействием, получением ровных, гладких поверхностей, не требующих дополнительной механической обработки. В то же время, широкое применение электролитического никелирования ограничено существующими недостатками, одним из которых является низкая износостойкость получаемых поверхностных слоев никеля. Для устранения отмеченного недостатка в ремонтное производство широко внедряются композиционные покрытия. Сущность получения таких покрытий заключается во внесении сверхтонких частиц (СТЧ) в электролиты для последующего осаждения этих частиц на восстанавливаемых поверхностях и зарастания электролитическими покрытиями. При зарастании СТЧ придают получаемым покрытиям уникальные физико-механические свойства [4, 6-10]. В литературе достаточно полно описываются технологии получения композиционных покрытий преимущественно с СТЧ алмаза или оксидов [1, 5], например, алюминия, тогда как взаимодействие нитридов, в том числе нитрида алюминия (AlN) с электролитами никелирования практически не освещено. При этом известно, что нитриды, при взаимодействии с кислотами, присутствующими в кислотных электролитах, выделяют азот, внедрение которого в электролитическое покрытие может способствовать улучшению его физико-механических свойств. В связи с этим, целью работы является изучение влияния СТЧ нитрида алюминия на износостойкость композиционных электролитических никелевых покрытий для их использования при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы исследований

Для анализа износостойкости композиционных электролитических никелевых покрытий, модифицированных СТЧ нитрида алюминия, были проведены лабораторные сравнительные трибологические испытания.

Никелевые покрытия получали из кислого электролита, представленного в табл. 1.

Таблица 1. Состав электролита композиционного никелирования и режимы электролиза

Наименование реагентов или режимов	Количество реагентов или величина параметров
Состав электролита композиционного никелирования	
Никель сернокислый	250...350 г/л
Борная кислота	35...45 г/л
Никель хлористый	35...70 г/л
Добавка Omni Additive 902	8...10 мл/л
Добавка Magnum 898 Brightner	0,2...0,6 мл/л
СТЧ нитрида алюминия	5 г/л
Режимы нанесения композиционных никелевых покрытий	
рН	4,0...4,6
Температура электролита	50...65 °С
Катодная плотность тока	2...6 А/дм ²
Частота ультразвука	22 кГц
Амплитуда ультразвука	50 Гц
Время нанесения покрытия	20 мин
Площадь анодов к площади катода	5:1

Анализ существующих технологий создания СТЧ позволил выбрать метод плазменной перекомденсации, которым получают порошки различных металлов размером частиц от 10 до 100 нм. Метод достаточно хорошо описан в литературе и запатентован в Российской Федерации [2]. Приготовление электролита для нанесения композиционных электролитических

покрытий (КЭП) проводили в соответствии с технологией, описанной в предыдущих работах авторов [7, 10]. Технологический процесс нанесения КЭП состоял из следующих технологических операций: 1) химическое обезжиривание; 2) горячая промывка; 3) электролитическое обезжиривание; 4) горячая промывка; 5) холодная промывка; 6) химическое травление; 7) холодная двухкаскадная промывка; 8) активация; 9) холодная двухкаскадная промывка; 10) никелирование; 11) холодная промывка; 12) сушка.

Все промывки проводили в проточной воде температурой 18...25 °С и горячей – температурой от 70 до 75 °С. Все рабочие электролиты и растворы изготавливали объемом 5 литров. Химическое обезжиривание проводилось в растворе, состав и режимы проведения которого представлены в табл. 2.

Таблица 2. Состав раствора химического обезжиривания и режимы проведения операции

Наименование реагентов или режимов	Количество реагентов или величина параметров
Состав раствора химического обезжиривания	
Добавка Surfolin	45...65 г/л
Дистиллированная вода	оставшийся объем ванны
Режимы проведения химического обезжиривания	
Температура раствора	18...25 °С
Время обезжиривания	1...4 мин

Электролитическое обезжиривание проводили в электролите, состав и режимы которого представлены в табл. 3.

Таблица 3. Состав электролита электролитического обезжиривания и режимы проведения операции

Наименование реагентов или режимов	Количество реагентов или величина параметров
Состав электролита электролитического обезжиривания	
Добавка Surfolin	45...85 г/л
Дистиллированная вода	оставшийся объем ванны
Режимы проведения электролитического обезжиривания	
Температура электролита	18...25 °С
Катодная плотность тока	2...8 А/дм ²
Время обезжиривания	1...3 мин

Химическое травление проводили в растворе, состав и режимы проведения которого представлены в табл. 4.

Таблица 4. Состав раствора химического травления и режимы проведения операции

Наименование реагентов или режимов	Количество реагентов или величина параметров
Состав раствора химического травления	
Соляная кислота	300...500 г/л
Фторид натрия	10...15 г/л
Дистиллированная вода	оставшийся объем ванны
Режимы проведения химического травления	
Температура раствора	45...50 °С
Время обезжиривания	1...3 мин

Активацию проводили в растворе, состав и режимы проведения которого представлены в табл. 5.

Таблица 5. Состав раствора активации и режимы проведения операции

Наименование реагентов или режимов	Количество реагентов или величина параметров
Состав раствора для активации	
Соляная кислота	100...300 г/л
Дистиллированная вода	оставшийся объем ванны
Режимы проведения активации	
Температура раствора	45...50 °С
Время обезжиривания	1 мин

Сушку проводили в сушильном шкафу ПЭ-4620М при температуре 100...110 °С и выдерживали детали в шкафу не менее 30 минут.

Покрyтия наносили на образцы с использованием лабораторной ультразвуковой гальванической установки (рис. 1) [3].



Рисунок 1. Лабораторная ультразвуковая гальваническая установка

Установка состояла из ультразвуковой ванны 1, оснащенной тремя ультразвуковыми элементами, соединенными с ультразвуковым генератором 2. Под действием ультразвука происходило перемешивание электролита, а также подвод СТЧ к катоду для лучшего их за­растания электролитическим покрытием. Поддержание температуры осуществлялось электрической системой автоматического управления температурой 3, к которой подключен ТЭН 4 с температурным датчиком. Заданная сила тока поддерживалась источником тока 5.

Трибологические испытания проводили в условиях трения скольжения на машине трения МИ-1М (рис. 2). Контактное покрытие образцов осуществляли по схеме «ролик – колодка» (рис. 3) [10].

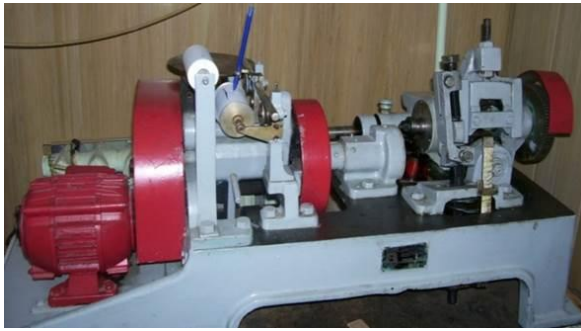


Рисунок 2. Машина трения МИ-1М

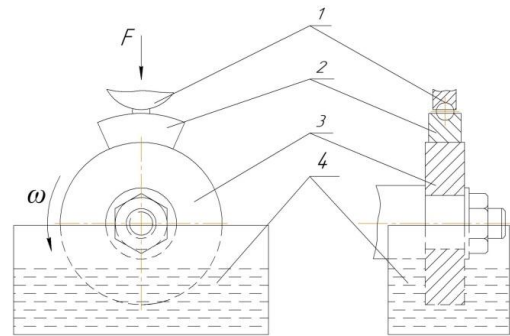


Рисунок 3. Схема «ролик – колодка»:
1 – фиксатор колодки; 2 – колодка;
3 – ролик; 4 – смазочная среда

Для получения более точных значений были испытаны 3 пары трения. Покрытие наносили на образцы в виде роликов из стали 45 ГОСТ 1050-2013 диаметром 50 мм и шириной 10 мм. Поверхность роликов шлифовали до получения шероховатости Ra 0,32 мкм. Колодки также были изготовлены из стали 45 ГОСТ 1050-2013 наружным диаметром 68 мм, внутренний диаметр которых был отшлифован под размер ролика и отполирован до шероховатости Ra 0,32 мкм. На колодки покрытие не наносили. Материал образцов был выбран по аналогии с материалом изготовления большинства деталей сельскохозяйственной техники, работающих в условиях трения в смазочной среде.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 23.224-86 в двух средах: в чистом и загрязненном индустриальном масле И-20 ГОСТ 20799-88.

Загрязнителем служил кварцевый абразив 1К10101 ГОСТ 2138-91 с размером частиц 8-12 мкм при концентрации 0,08% по массе.

Режимы испытаний устанавливали на основании предварительных экспериментов. При этом выбирали такие режимы, которые обеспечивали бы получение ощутимых износов пар трения за минимальное время. Перед испытаниями с целью формирования начальной микрогеометрии и структуры рабочих поверхностей образцы пар трения подвергали приработке при режимах, приведенных в табл. 6.

Таблица 6. Режимы лабораторных трибологических испытаний

Наименование испытания	Нагрузка, Н	Частота вращения ролика, мин ⁻¹	Смазочная среда	Продолжительность испытания, ч
Приработка	850	440	Масло И-20	1
Испытания в чистой смазочной среде				3
Испытания в загрязненной смазочной среде			Масло И-20, загрязненное кварцевым абразивом	3

Эффективность КЭП определяли по моменту трения и суммарному весовому износу образцов. Непрерывное измерение момента трения на машине трения производилось с помощью маятникового механизма. Износ образцов определяли их взвешиванием на весах HR-250AZG 1-го класса точности.

Результаты исследований и их обсуждение

Испытаниям подвергали образцы с классическим электролитическим покрытием никеля и КЭП на основе никеля. Внешний вид пар трения до и после испытаний представлен на рисунке 4.

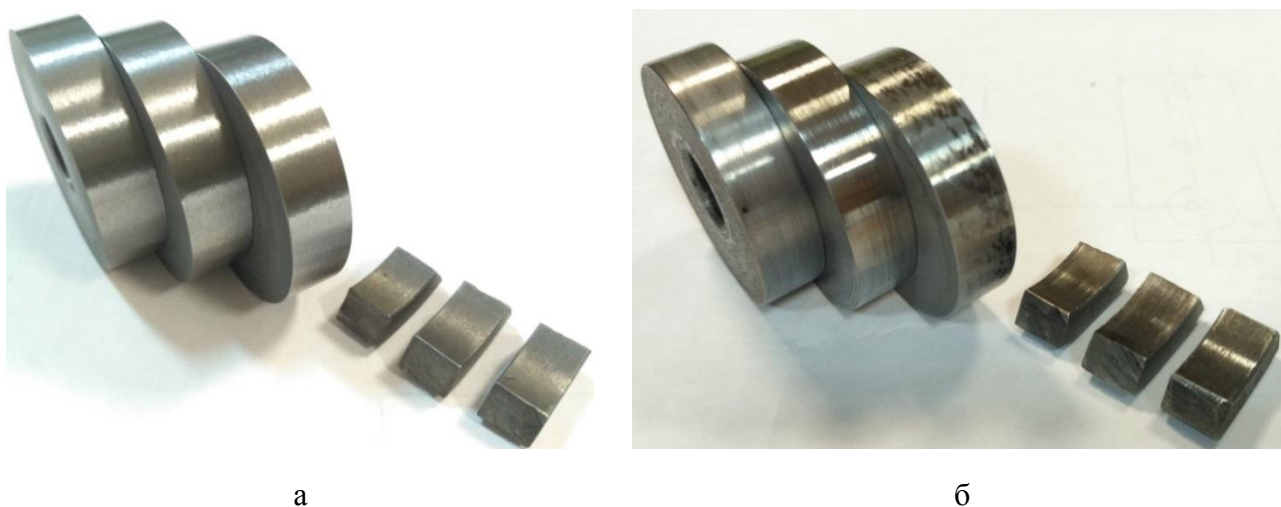


Рисунок 4. Внешний вид пар трения для трибологических испытаний:
а – до испытаний; б – после испытаний

Результаты трибологических испытаний представлены на рис. 5 и 6.

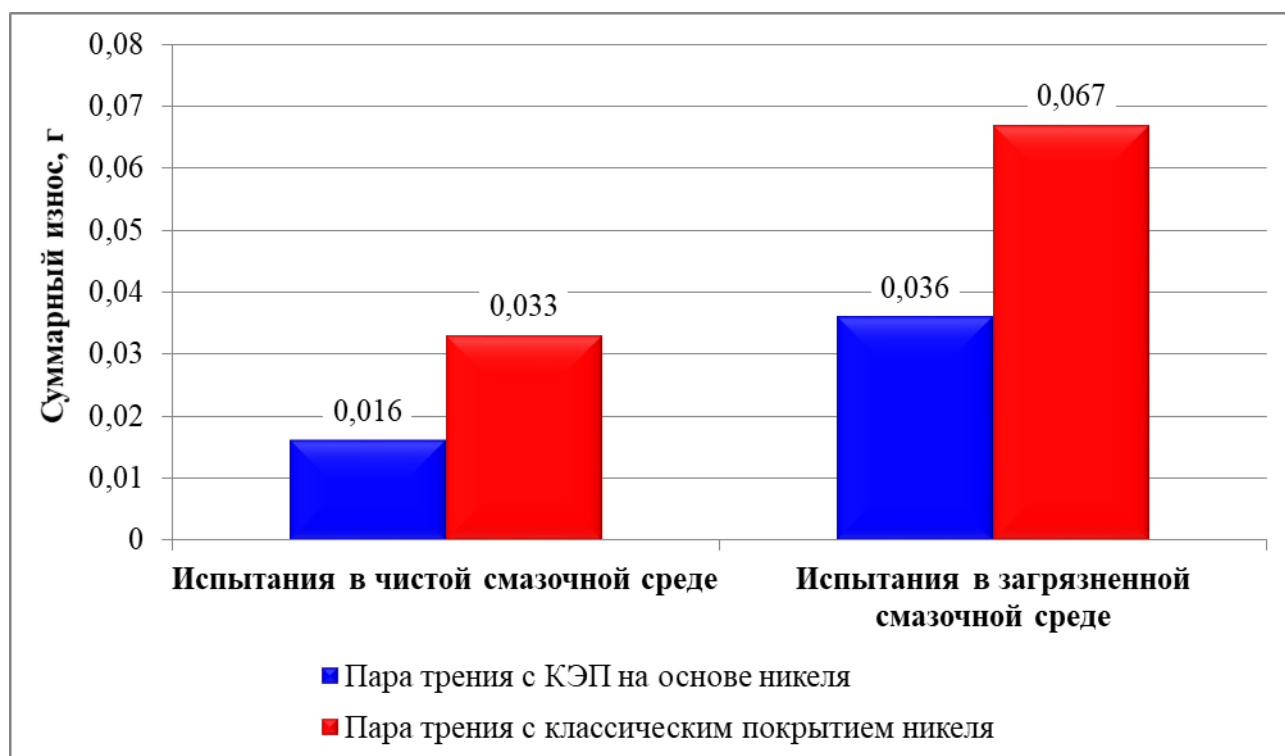


Рисунок 5. Суммарный износ по массе пар трения

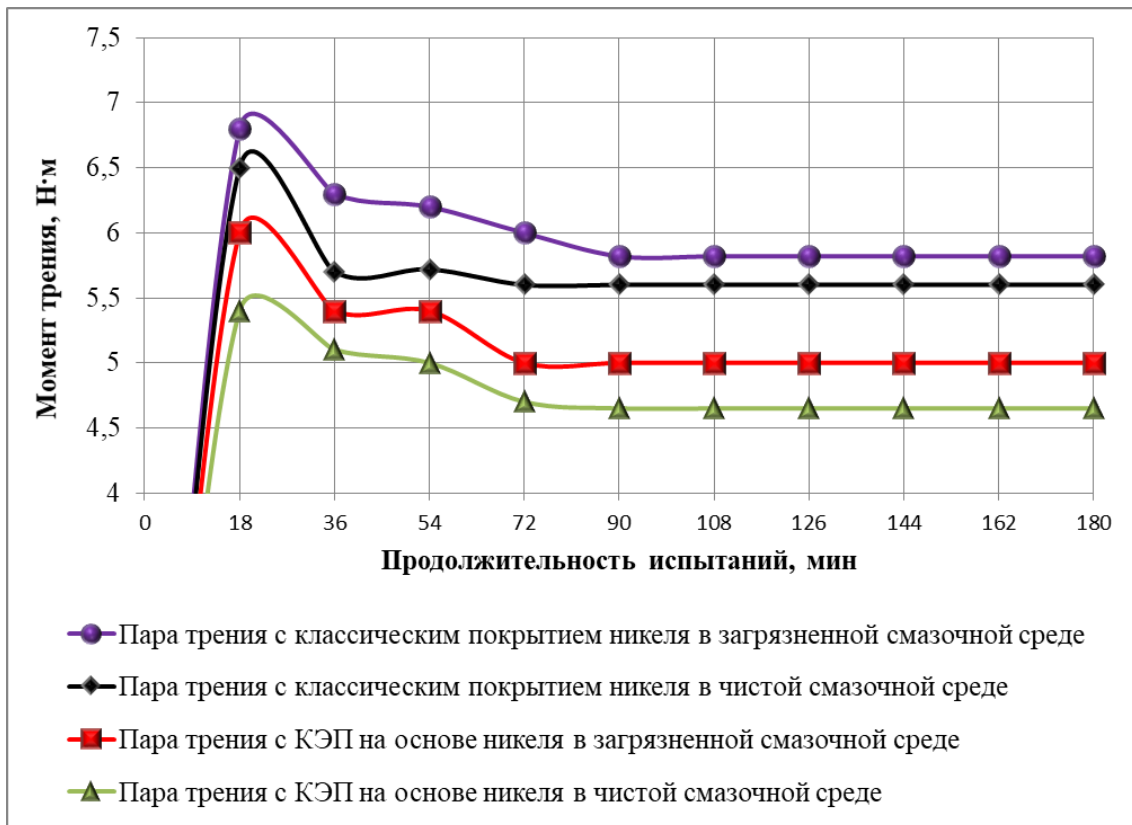


Рисунок 6. Изменение момента трения

Из рисунка 5 видно, что суммарный износ по массе у пары трения, на ролики которой нанесено КЭП на основе никеля, ниже, чем аналогичный показатель у пары трения с классическим покрытием.

При испытаниях в чистой смазочной среде суммарный износ по массе пары трения, на ролики которой нанесено КЭП на основе никеля, составил 0,016 г, что в 2,06 раза меньше, чем у пары трения, на ролики которой нанесен классический никель.

В загрязненной смазочной среде аналогичный износ для КЭП на основе никеля составил 0,036 г, что в 1,86 раза меньше, чем у пары трения, на ролики которой нанесено классическое покрытие. Кроме того, было отмечено снижение момента трения у пар трения, ролики которых покрыты КЭП на основе никеля (рис. 6). Так, у образцов с КЭП на основе никеля в чистой смазочной среде момент трения к концу испытаний достиг значения 4,65 Н·м, что на 20% ниже, чем у образцов с классическим покрытием никеля. В загрязненной смазочной среде у образцов с КЭП на основе никеля момент трения составил 5,0 Н·м, что на 16% меньше, чем у образцов с классическим покрытием.

Выводы

1. На основании полученных результатов было установлено, что никелевые покрытия, модифицированные СТЧ нитрида алюминия, имеют более высокую износостойкость, чем классические никелевые покрытия.

2. Результаты исследований показали, что КЭП на основе никеля являются перспективными покрытиями для восстановления и упрочнения наиболее ответственных деталей сельскохозяйственной техники, таких как валы и оси, коренные и шатунные шейки коленчатых валов дизелей, золотники гидрораспределителей и др., так как обладают значительным сопротивлением износу.

3. Разработанное композиционное электролитическое покрытие на основе никеля является перспективным для совершенствования классических технологических процессов восстановления деталей сельскохозяйственной техники на ремонтных предприятиях, в структу-

ре которых есть гальванические участки, т.к. восстановление деталей по усовершенствованной технологии может проводиться на обычном гальваническом оборудовании для классического никелирования.

Список источников

1. Модифицирование поверхностей композитов наночастицами металлов / Н.В. Соцкая, С. В. Макаров, О. В. Долгих [и др.] // Неорганические материалы. 2010. Т. 46. № 11. С. 1316-1322.
2. Пат. № 2207933 Российская Федерация, МПК B22F9/12. Способ получения ультрадисперсного порошка и устройство для его осуществления / В. И. Кириллин, Э. К. Добринский, Е. А. Красюков, С. И. Малашин. № 2001118997/02; заявл. 10.07.2001; опубл. 10.07.2003, бюл. № 19.
3. Пат. 2680116 Российская Федерация, МПК C25D 15/00, C25D 17/02. Установка для получения композиционных электролитических покрытий / В.В. Сафонов, Э.К. Добринский, С.А. Шишурин, С.В. Чумакова, П.А. Горбушин. № 2018116958; заявл. 07.05.2018; опубл. 15.02.2019, Бюл. № 5.
4. Получение Ni-P-TiO₂ покрытий с улучшенными механическими и каталитическими свойствами / И. Р. Субакова, К. А. Остапенко, Н. А. Медведева, И. В. Петухов // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 385. С. 206-212.
5. Широбокова О.Е., Кисель Ю.Е., Безик Д.А. Применение электротехнологий для восстановления деталей сельскохозяйственной техники // Вестник Брянского государственного технического университета. 2021. № 10 (107). С. 22-26.
6. Abrasive wear mechanism of polymer composites with a dispersed filler. A.M. Mikhailchenkov, I.N. Kravchenko, Yu.I. Filin [et al.]. Refractories and Industrial Ceramics. 2022. Vol. 63. No. 2. Pp. 174-177.
7. Application of Composite Electroless Nickel Coatings on Precision Parts of Hydraulics Aggregates. V. Safonov, S. Shishurin, P. Gorbushin [et al.]. Tribology in Industry. 2019. Vol. 41. No. 1. Pp. 14-22.
8. Assessment of Tribological Behavior of Nickel-Nano Si₃N₄ Composite Coatings Fabricated by Pulsed Electroplating Process. Sajjadnejad, M.; Abadeh, H. Karimi; Omidvar, H.; et al. Surface topography-metrology and properties. 2020. Vol. 8 (2). Article Number: 025009.
9. Increasing the Wear Resistance of Parts by Iron-Based Polymer-Metal Composites. Yu.E. Kisel, A.O. Gorlenko, A.V. Kolomeichenko, D.A. Boldyrev. Steel in Translation. 2022. Vol. 52. No. 6. Pp. 624-627.
10. Investigation of Structure and Wear Resistance of Nanocomposite Coating of Chemical Nickel. V. Safonov, S. Shishurin, P. Gorbushin [et al.]. Tribology in Industry. 2018. Vol. 40. No. 4. Pp. 529-537.
11. Submicrostructure of «Pure» Electrolytic Coatings. Yu. E. Kisel, I. N. Kravchenko, Y. A. Kuznetsov [et al.]. Russian Metallurgy (Metally). 2022. Vol. 2022. No. 6. Pp. 660-665.

References

1. Modification of Composite Surfaces by Metal Nanoparticles. N. V. Sotskaya, S. V. Makarov, O. V. Dolgikh [et al.]. Inorganic materials. 2010. Vol. 46, No. 11. Pp. 1316-1322.
2. Pat. No. 2207933 Russian Federation, IPC B22F 9/12. A method for obtaining an ultrafine powder and a device for its implementation. V.I. Kirillin, E.K. Dobrinsky, E.A. Krasnyukov, S. I. Malashin. No. 2001118997/02; application No. 10.07.2001; publ. 10.07.2003, bul. No. 19.
3. Pat. 2680116 Russian Federation, IPC C25D 15/00, C25D 17/02. Installation for obtaining composite electrolytic coatings. V.V. Safonov, E.K. Dobrinsky, S.A. Shishurin, S.V. Chumakova, P.A. Gorbushin. No. 2018116958; application 07.05.2018; publ. 15.02.2019, Bul. No. 5.

4. Obtaining Ni-P-TiO₂ Coatings with Improved Mechanical and Catalytic Properties. I. R. Sudakova, K. A. Ostapenko, N. A. Medvedeva, I. V. Petukhov. Bulletin of Tomsk State University. 2014. No. 385. Pp. 206-212.
5. Shirobokova O.E., Kisel Yu.E., Bezik D.A. Application of Electrotechnologies for the Restoration of Agricultural Machinery Parts. Bulletin of the Bryansk State Technical University. 2021. No. 10 (107). Pp. 22-26.
6. Abrasive wear mechanism of polymer composites with a dispersed filler. A.M. Mikhailchenkov, I.N. Kravchenko, Yu.I. Filin [et al.]. Refractories and Industrial Ceramics. 2022. Vol. 63. No. 2. Pp. 174-177.
7. Application of Composite Electroless Nickel Coatings on Precision Parts of Hydraulics Aggregates. V. Safonov, S. Shishurin, P. Gorbushin [et al.]. Tribology in Industry. 2019. Vol. 41. No. 1. Pp. 14-22.
8. Assessment of Tribological Behavior of Nickel-Nano Si₃N₄ Composite Coatings Fabricated by Pulsed Electroplating Process. Sajjadnejad, M.; Abadeh, H. Karimi; Omidvar, H.; et al. Surface topography-metrology and properties. 2020. Vol. 8 (2). Article Number: 025009.
9. Increasing the Wear Resistance of Parts by Iron-Based Polymer-Metal Composites. Yu.E. Kisel, A.O. Gorlenko, A.V. Kolomeichenko, D.A. Boldyrev. Steel in Translation. 2022. Vol. 52. No. 6. Pp. 624-627.
10. Investigation of Structure and Wear Resistance of Nanocomposite Coating of Chemical Nickel. V. Safonov, S. Shishurin, P. Gorbushin [et al.]. Tribology in Industry. 2018. Vol. 40. No. 4. Pp. 529-537.
11. Submicrostructure of «Pure» Electrolytic Coatings. Yu. E. Kisel, I. N. Kravchenko, Y. A. Kuznetsov [et al.]. Russian Metallurgy (Metally). 2022. Vol. 2022. No. 6. Pp. 660-665.

Информация об авторах

П.А. Горбушин – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК»;

В.В. Сафонов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое обеспечение АПК»;

С.А. Шишурин – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», декан факультета инженерии и природообустройства;

С.А. Величко – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технического сервиса машин, заместитель директора по научной работе Института механики и энергетики Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева.

Information about the authors

P.A. Gorbushin – candidate of technical sciences, associate professor of «Technical support of the agro-industrial complex»;

V.V. Safonov – doctor of technical sciences, professor, head of «Technical support of the agro-industrial complex»;

S.A. Shishurin – doctor of technical sciences, associate professor, associate professor of «Technical support of the agro-industrial complex», dean of the faculty of engineering and environmental management;

S.A. Velichko – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of technical service of machines, deputy director for scientific work of the Institute of mechanics and energy of the National research Mordovian state university named after N.P. Ogarev

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))

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 (№ 28)

*Корректор – С.Е. Гридчина
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

Знак информационной продукции 12+

Подписано в печать: 21.06.2023

Дата выхода в свет: 22.06.2023

Бумага формат А-4 (72,5 п.л.)

Гарнитура Times

Печать трафаретная

Тираж 1000 экз. Заказ №37

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.

Свидетельство о регистрации 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