

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 4 (№ 30) / 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 кандидата и доктора наук. Журнал размещается в национальной информационно-аналитической системе РИНЦ. Журнал основан в 2016 году, выходит 4 раза в год. Свидетельство о регистрации ISSN: 2541-7835

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Главный редактор журнала, председатель редакционной коллегии:**

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

**Заместитель главного редактора:**

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

**Ответственный секретарь:**

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

**Члены редакционной коллегии:**

**Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Общее земледелие и растениеводство**

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

**Виноградов Дмитрий Валериевич** – 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 техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

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

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

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

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

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

**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.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

<b>Бакин И.А., Иванов Н.В.</b> Идентификация химически активных функциональных групп в составе эфирного масла чабера душистого ( <i>Satureja hortensis</i> L).....	10
<b>Ключников А.И., Казарцев Д.А., Жуковская С.В., Бабаева М.В., Ключникова Д.В.</b> Адаптация процесса микрофльтрации к технологическим процессам фильтрования пива.....	20
<b>Мартынова Е.Г., Перепелица Ю.С., Шарапова Н.А.</b> Применение горчичного порошка в хлебопечении.....	31
<b>Сложенкина М.И., Божкова С.Е., Скачков Д.А., Серова О.П., Мирошник А.С., Данилов Ю.Д.</b> Влияние нетрадиционных растительных компонентов на хранимоспособность жареных колбасных изделий.....	39
<b>Питюрина И.С., Евсенина М.В., Зубкова Т.В., Дубровина О.А.</b> Технология производства мясных рубленых изделий повышенной пищевой ценности с использованием муки бобовых культур.....	50
<b>Питюрина И.С., Евсенина М.В., Лупова Е.И.</b> Улучшение потребительских свойств сырников путём использования псиллиума.....	59

### ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

<b>Гулидова В.А., Захаров В.Л.</b> Трансформация физико-химических свойств чернозема при длительном применении основной обработки почвы в севообороте.....	68
<b>Захаров В.Л., Ленкшевич А.В., Школьникова М.Н.</b> Влияние гербицидной нагрузки на содержание микроорганизмов в почвах СПССПК «Тимирязевский» Липецкой области.....	75
<b>Зеленцов С.В., Карпачев В.В., Тевченков А.А., Мошненко Е.В.</b> Агробиологическая оценка масличных культур в условиях лесостепи ЦФО РФ.....	83
<b>Киселева Т.С., Рзаева В.В.</b> Действие агрохимикатов на засоренность и урожайность гороха и нута.....	91
<b>Сотченко Е.Ф., Конарева Е.А.</b> Селекция по созданию новых среднеранних гибридов сахарной кукурузы в условиях предгорной зоны Ставропольского края.....	97

### АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

<b>Радин С.Ю., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С., Елецких С.В., Добрин С.А.</b> Исследование основных параметров гидромеханического демпфера транспортных средств, используемых в агропромышленном комплексе.....	104
--	-----

<b>Шубкин С.Ю., Шахов С.В., Бунеев С.С. Автоматизированная технологическая установка для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов.....</b>	<b>115</b>
--	------------

## CONTENTS

### TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

<b>Bakin I., Ivanov N.</b> Identification of chemically active functional groups in the composition of essential oil of sawshow ( <i>Satureja hortensis</i> L.).....	10
<b>Klyuchnikov A., Kazartsev D., Zhukovskaya S., Babayeva M., Klyuchnikova D.</b> Adaptation of the microfiltration process to the technological processes of beer filtering.....	20
<b>Martynova E., Perepelitsa Y.</b> The use of mustard powder in baking .....	31
<b>Sharapova N., Slozhenkina M., Bozhkova S., Skachkov D., Serova O., Miroshnik A., Danilov Yu.</b> The non-traditional herbal components influence on fried sausages storability.....	39
<b>Piturina I., Evsenina M., Zubkova T.</b> Technology of production of minced meat products of increased nutritional value using flour of legumes.....	50
<b>Dubrovina O., Piturina I., Evsenina M., Lupova E.</b> Improving the consumer properties of cheesecakes by using psyllium.....	59

### GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

<b>Gulidova V., Zakharov V.</b> Transformation of physico-chemical properties of chernozem with prolonged use of basic tillage in crop rotation.....	68
<b>Zakharov V., Lenkshevich A., Shkolnikova M.</b> The effect of herbicidal load on the content of microorganisms in the soils of the agricultural processing supply and marketing consumer cooperative «Timiryazevsky» of the Lipetsk region.....	75
<b>Zelentsov S., Karpachev V., Tevchenkov A., Moshnenko E.</b> Agrobiological assessment of oilseeds in the conditions of the forest-steppe of the Central Federal District of the Russian federation.....	83
<b>Kiseleva T., Rzaeva V.</b> The effect of agrochemicals on the clogging and yield of peas and chickpeas.....	91
<b>Sotchenko E., Konareva E.</b> Breeding for the creation of new mid-early hybrids of sweet corn in the conditions of the foothill zone of the Stavropol region.....	97

### AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

<b>Radin S., Shubkin S., Buneev S., Yeletskikh S., Dobrin S.</b> Investigation of the main parameters of the hydromechanical damper of vehicles used in the agro-industrial complex.....	104
--	-----



**Shubkin S., Shakhov S., Buneev S.** Automated technological installation for carrying out the process of vacuum saturation with vapors of spicy and smoky flavors of extruded meat and vegetable products.....

115

## ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

## TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 664.66.022.39

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-10-19

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП В СОСТАВЕ ЭФИРНОГО МАСЛА ЧАБЕРА ДУШИСТОГО (*Satureja hortensis* L)

Бакин Игорь Алексеевич<sup>1✉</sup>, Иванов Николай Викторович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>1</sup>bakin@rgau-msha.ru ✉

<sup>2</sup>nikolay.ivanov.research@gmail.com

**Аннотация.** Эфирные масла лекарственных растений обладают широким спектром биологической активности, однако в последние годы на первый план выходит проблематика идентификации в составе масел компонентов и химически активных функциональных групп. Данная статья посвящена изучению возможностей применения спектроскопии комбинационного рассеяния света (рамановской спектроскопии) в качестве метода идентификации химически активных соединений лекарственных растений. Целью исследования является использование рамановских характеристик для оценки функциональных групп молекул образцов эфирных масел. Объектом проведенного исследования являлись эфирные масла чабера душистого (*Satureja hortensis* L), полученных CO<sub>2</sub> экстракцией. Использованы области спектроскопии ближнего и среднего инфракрасного диапазона, между областями 100–3000 см<sup>-1</sup> при длине волны возбуждения 785 нм. В лабораторных условиях нами установлено присутствие различных типов функциональных групп химических соединений, которые могут обладать биологической активностью. Наиболее часто встречаемыми функциональными группами стали алифатические цепи, ароматические кольца, углерод-фтористые связи, сульфоамидная и сульфоновая функциональные группы. Кроме того, отмечено присутствие устойчивых форм галогенидов, образованных с углеродом. Эти результаты позволяют разработать методологические подходы к идентификации биологически активных соединений в эфирных маслах лекарственных растений с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света и ее модификаций.

**Ключевые слова:** чабер душистый, эфирные масла, пищевая продукция, рамановская спектроскопия.

**Финансирование:** работа выполнена по гранту «Разработка технологических приемов и сверхкритических методов получения растительных экстрактов сельскохозяйственного сырья» по Программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» (соглашение № 075-15-2023-220 от 16 февраля 2023 года).

**Для цитирования:** Бакин И.А., Иванов Н.В. Идентификация химически активных функциональных групп в составе эфирного масла чабера душистого (*Satureja hortensis* L) // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 10-19. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-10-19>.

Original article

## IDENTIFICATION OF CHEMICALLY ACTIVE FUNCTIONAL GROUPS IN THE COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL OF SAWSHOW (*Satureja hortensis* L)

Igor A. Bakin<sup>1✉</sup>, Nikolay V. Ivanov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>1</sup>bakin@rgau-msha.ru✉

<sup>2</sup>nikolay.ivanov.research@gmail.com

**Abstract.** *Essential oils of medicinal plants have a wide range of biological activity, but in recent years the problem of identifying components and chemically active functional groups in the composition of oils has come to the fore. This article is devoted to studying the possibilities of using Raman spectroscopy (Raman spectroscopy) as a method for identifying chemically active compounds of medicinal plants. The purpose of the study is to use Raman characteristics to evaluate the functional groups of molecules of essential oil samples. The object of the study was the essential oils of savory (*Satureja hortensis* L), obtained by CO<sub>2</sub> extraction. The spectroscopic regions of the near and mid-infrared range were used, between the regions of 100–3000 cm<sup>-1</sup> at an excitation wavelength of 785 nm. In laboratory conditions, we have established the presence of various types of functional groups of chemical compounds that may have biological activity. The most frequently encountered functional groups were aliphatic chains, aromatic rings, carbon-fluorine bonds, sulfoamide and sulfonic functional groups. In addition, the presence of stable forms of halides formed with carbon was noted. These results allow us to develop methodological approaches to the identification of biologically active compounds in essential oils of medicinal plants using Raman spectroscopy and its modifications.*

**Keywords:** *savory, essential oils, food products, Raman spectroscopy.*

**Funding:** *the work was carried out under the grant «Development of technological techniques and supercritical methods for obtaining plant extracts of agricultural raw materials» under the Strategic Academic Leadership Program «Priority 2030» (Agreement No. 075-15-2023-220 dated February 16, 2023).*

**For citation:** *Bakin I.A., Ivanov N.V. Identification of chemically active functional groups in the composition of essential oil of sawshow (*Satureja hortensis* L) // Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 4(30), pp. 10-19. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-10-19>.*

### Введение

В последние годы приобретает определенную популярность использование функциональных ингредиентов, обладающих широким спектром действия, в рационе питания населения. Одними из возможных компонентов, которые в том числе обладают высокой биологической активностью и имеют доказанную пользу для здоровья человека, являются эфирные масла. Эфирные масла известны антиоксидантной [6, 10], антимикробной [8], антикоагулянтной активностью [9]. Так, экстракты корня атрактилодеса крупноголового (*Atractylodes macrocephala* Koidz.), полученные паровой дистилляцией, обладают способностью к интенсификации развития остеогенеза и ингибирования остеокластогенеза [29]. Сообщается об их антибактериальной [13, 19], противовирусной активностях [23], противоопухолевом, противогрибковых [20, 12], противовоспалительных свойствах [16]. Эфирные масла могут применяться как противодиабетическое средство [30] и использоваться в терапии нейрогенеративных заболеваний [22], а также обладают анксиолитической активностью [25].

В то же время применение эфирных масел в технологиях обогащенной пищевой продукции и в качестве пищевых добавок не полностью изучено. Связано это во многом с разнообразием ароматических соединений и других природных химических веществ, имеющих различные фармакологические эффекты. Тем не менее, нельзя не отметить, что давно известные эфирные масла, получаемые из растительного сырья, широко применяются в пищевой индустрии. В частности, известны случаи внесения эфирных масел в состав упаковки для пищевой продукции [17]. Установлено, что введение в пищевую систему камедей, таких как ксантан, арабийская камедь и пектин увеличивает концентрацию лимонена и цитраля в безалкогольных напитках [5]. Компоненты эфирного масла растений семейства Яснотковые показывают высокую биологическую активность [21].

Антимикробный потенциал эфирных масел является доминирующим фактором их внесения в пищевую систему в качестве натурального консерванта [7]. Сообщается об антимикробных свойствах эфирного масла орегано в отношении листерии (*L. monocytogenes*) [15]; показан антимикробный потенциал эфирных масел майорана, душицы, тимьяна, базилика в отношении бактерий кишечной палочки (*E. coli*) и синегнойной палочки (*P. aeruginosa*), однако в исследовании отмечается зависимость антимикробной активности от наличия ингредиентов в пищевых системах: крахмал может отвечать за снижение антимикробной активности эфирного масла [11]. Разработано антимикробное покрытие на основе альгината, содержащее эфирное масло орегано, которое отличается меньшей потерей влаги в образцах и обладает микробной активностью [26]. Эфирные масла гвоздики, корицы и тимьяна снижают активность листерии (*L. monocytogenes*) в составе мягкого сыра [24]. Введение в рецептуру йогурта экстракта гуараны сокращает время ферментации при производстве продукта [14]. Установлено ингибирующее воздействие эфирных масел орегано (*Origanum vulgare*), тимьяна (*Thymus vulgaris*), розмарина (*Rosmarinus officinalis*), шалфея (*Salvia officinalis*), тмина (*Cuminum cyminum*) и гвоздики (*Syzygium Aromaticum*) в отношении некоторых видов лактобацилл (*Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei*), грамположительных стафилококков (*Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosus*) [28-18].

Компоненты растений семейства Яснотковые обладают широким спектром биологической активности [27]. В частности, была показана антиоксидантная активность эфирных масел растений рода Чабера (*Satureja L.*) при их использовании в качестве пищевой добавки при хранении сливочного масла. Также эти масла используются в качестве консерванта в молочной продукции в отношении золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus*), в мясной продукции в отношении клостридии (*Clostridium perfringens*). Чабер улучшает органолептические и физико-химические характеристики фрикаделек. Использование антимикробных пленок на основе снижает активность грамположительных и грамтрицательных бактерий и пеницилла распротёртого (*Penicillium expansum*) на кожуре яблок и перцев. Обработка эфирным маслом чабера свиного фарша снижает концентрацию сальмонелл в готовом продукте. Отмечается частичная миграция природных соединений чабера в продукт при их использовании в качестве компонента упаковки чипсов. Показана высокая антиоксидантная и антимикробная активность сверхкритических экстрактов чабера зимнего (*Satureja montana L.*). Эфирное масло чабера, выделенное с помощью гидродистилляции, показывает токсичность в отношении особей красного мучного жука (*Tribolium castaneum*), личинок средиземноморской мучной моли (*Ephestia kuehniella*) (Zell.) и индийской мучной моли (*Plodia interpunctella*). Благодаря розмариновой кислоте, основному фенольному соединению чабера, это растение может быть перспективным для разработки функциональных продуктов питания.

Рамановская спектроскопия является новым и перспективным методом анализа, в котором используется источник лазерного света для облучения образцов для наблюдения и идентификации колебательной структуры молекул. Сущность определения заключается в том, что излучаемые фотоны резонирует с функциональными группами молекулы образцов. Комбинируя известные диапазоны источника рассеяния света от лазера, можно идентифицировать интересующий компонент. Рамановская спектроскопия является недорогой системой обнаружения, которая намного дешевле известных аналитических методов анализа, таких как газовая хроматография в сочетании с масс-спектрометрией, высокоэффективная жидкостная хроматография и другие. Данный метод исследований нашел свое применение в анализе пищевых добавок [26], изучались природные полиацетиленовые соединения семейства Зонтичные [3], меда [4], безопасности пищевой [1] и мясной [2] продукции.

Таким образом, можно отметить актуальность исследований и высокий потенциал использования компонентов растений семейства Яснотковые в технологии обогащенной пищевой продукции. Для анализа состава активных компонентов перспективным методом становятся спектроскопические методы, основанные на молекулярном колебательном движении.

Их преимуществом являются минимальная подготовка проб, относительно короткое время анализа (обычно менее 10 с), отсутствие химических остатков анализа и простота обращения.

Целью исследования является использование рамановских характеристик для оценки функциональных групп молекул образцов эфирных масел.

### Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2022-23 гг. Объектами исследований являлись эфирные масла чабера душистого (*Satureja hortensis* L.), полученные CO<sub>2</sub> экстракцией. Извлечение производилось при сверхкритических параметрах (SFE) CO<sub>2</sub> при давлении 450 бар, температуре 60°C и скорость потока 0,6 кг/час. В качестве образцов для проведения спектроскопических исследований использовались три пробы растворов эфирного масла. В первой пробе концентрация эфирного масла составила 15 % при концентрации этанола в растворе 85 % об.; во второй пробе концентрация эфирного масла составила 25 % при концентрации этанола в растворе 65 % об.; в третьей пробе концентрация эфирного масла составила 35 % при концентрации этанола в растворе 45 % об. Качественный химический состав эфирного масла в растворе пробы анализировали с помощью реакционного рамановского спектрометра (*React Raman 785, Mettler Toledo*). Спектры комбинационного рассеяния света снимались в диапазоне волновых чисел 100-3000 см<sup>-1</sup> при длине волны возбуждения 785 нм. Визуальная обработка спектров осуществлялась с использованием программного обеспечения *iC Raman Software*, поставляемого производителем прибора. Математическая обработка данных проводилась с использованием методов дисперсионного анализа. Критерий достоверности принимался равным 0,05.

### Результаты исследований и их обсуждение

В анализируемых трех пробах эфирного масла чабера душистого выявлено наличие различных химически активных функциональных групп, которые могут обладать разнообразными видами как химической, так и биологической активности. На рисунке 1 приведены спектры комбинационного рассеяния для пробы смеси эфирного масла чабера душистого и спирта 85 % об.

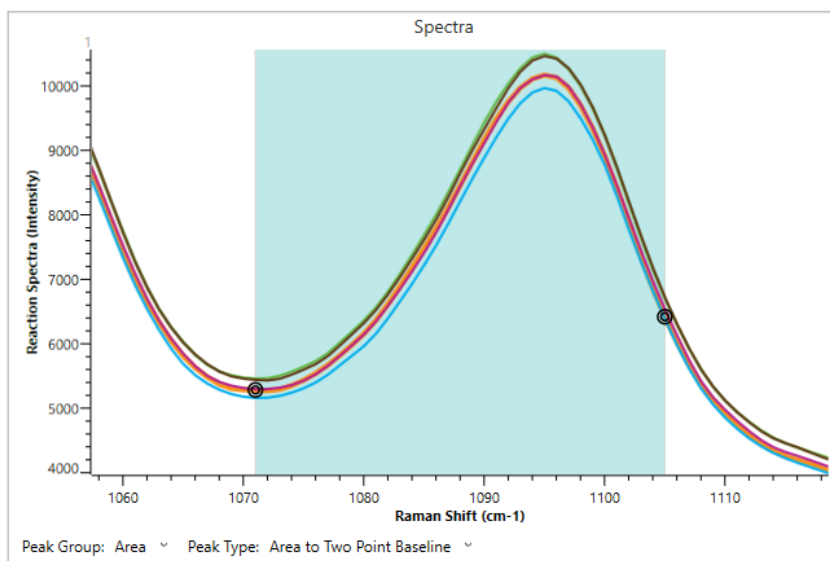


Рисунок 1. Рамановский спектр пробы смеси эфирного масла чабера душистого и спирта 85 % об.



Из данных графика (рис. 1) видно наличие алифатических цепей (91 %), также 91 %-ую концентрацию составляет сильная двойная химическая связь между молекулой углерода и серы ( $1226 \text{ см}^{-1}$ ). Также обнаружена сильная дисульфидная связь с концентрацией 90 % ( $454 \text{ см}^{-1}$ ). Показано наличие сильных ароматических и гидроксильных связей ( $2925 \text{ см}^{-1}$ ). В пиках, равных  $1091 \text{ см}^{-1}$ , обнаружены карбон-дисульфидные связи, сульфоамиды, сульфоны, ароматические кольца и алифатические цепи. На пике  $879 \text{ см}^{-1}$  идентифицированы функциональные группы дикарбон монооксида и алифатическая цепь.

На рисунке 2 представлена суммированная диаграмма данных комбинационного рассеяния света для образцов эфирного масла чабера душистого и спирта 65 % об. Из данных рисунка 2 видно, что в спектре присутствуют различные функциональные группы. В частности, в пике  $750 \text{ см}^{-1}$  нами обнаружены сильная углерод-фтористая связь, функциональные группы тетрахлорметана и алифатическая цепь. Кроме того, в пике со значением  $733 \text{ см}^{-1}$  также отмечается наличие сильной углерод-фтористой связи, функциональные группы тетрахлорметана и алифатическая цепь. В пике со значением  $741 \text{ см}^{-1}$  нами отмечаются аналогичные функциональные группы. В пике  $902 \text{ см}^{-1}$  – наличие функциональной группы С-О-С и алифатической цепи.

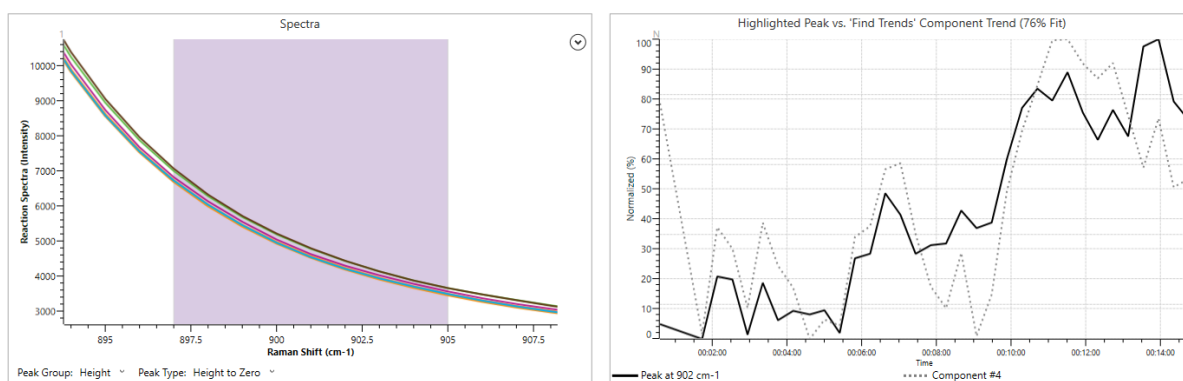


Рисунок 2. Рамановский спектр пробы смеси эфирного масла чабера душистого и спирта 65 % об. (суммированная диаграмма): а - спектры комбинационного рассеяния; б - составной график спектра комбинационного рассеяния света

Со значением волны  $1108 \text{ см}^{-1}$  нами идентифицированы сильная углерод-фтористая связь, сульфоамидная и сульфоновая функциональные группы, а также алифатическая цепь.

Составной график спектра комбинационного рассеяния света  $3000 \text{ см}^{-1}$  приведен на рисунке 3.

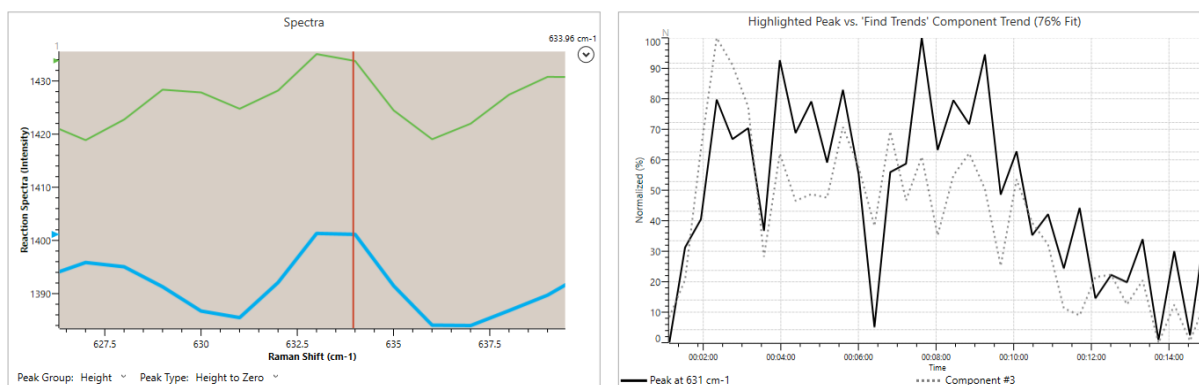


Рисунок 3. Рамановский спектр пробы смеси эфирного масла чабера душистого и спирта 65 % об. (составная диаграмма): а – спектры комбинационного рассеяния; б – составной график спектра комбинационного рассеяния света

Из данных рисунка 3 видно присутствие нескольких репрезентативных полос, при этом некоторые из них частично перекрываются. Валентные колебания различных функциональных групп в изученном растворе эфирного масла на спектрах комбинационного рассеяния (Рисунок 3, б) выявлены при различной интенсивности рамановского сдвига. В частности, в пике  $2929\text{ см}^{-1}$  нами обнаружены сильные функциональные группы ациклических непредельных углеводородов, ароматические и гидроксильные группы. На пике  $2973\text{ см}^{-1}$  нами замечены ароматические и гидроксильные группы. На пике  $2879\text{ см}^{-1}$  показаны функциональные группы тетрахлорметана, ароматические и гидроксильные группы. Кроме того, в пике со значением  $631\text{ см}^{-1}$  отмечается наличие сильной углерод-фтористой связи, функциональных групп тетрабромметана, тетрахлорметана, монохлорида йода и алифатическая цепь. В пике со значением  $576\text{ см}^{-1}$  нами наблюдаются аналогичные функциональные группы: тетрабромметана, тетрахлорметана, монохлорида йода.

### Выводы

1. Эфирные масла чабера душистого (*Satureja hortensis L*) обладают широким спектром биологической активности и имеют потенциал использования в качестве пищевой добавки. В лабораторных условиях нами установлено присутствие различных типов функциональных групп ароматических соединений.

2. Основными функциональными группами, присутствие которых показано в изученных образцах эфирных масел, полученных  $\text{CO}_2$  экстракцией, являются карбон-дисульфидные связи, алифатические цепи, углерод-фтористые связи, сильные химические связи, образующие галогениды с углеродом. При концентрации в экстрагенте спирта 85 % об. обнаружены двойная химическая связь между молекулой углерода и серы ( $1226\text{ см}^{-1}$ ), сильная дисульфидная связь с концентрацией 90 % ( $454\text{ см}^{-1}$ ). Показано наличие сильных ароматических и гидроксильных связей ( $2925\text{ см}^{-1}$ ). При концентрации спирта 65 % об. в исследованиях при значении волны  $1108\text{ см}^{-1}$  идентифицированы сильная углерод-фтористая связь, сульфоамидная и сульфоновая функциональные группы, а также алифатическая цепь. На пике  $2879\text{ см}^{-1}$  показаны функциональные группы тетрахлорметана, ароматические и гидроксильные группы.

3. Представленные результаты могут иметь практический интерес для дальнейших углубленных исследований с целью разработки методологических подходов к идентификации биологически активных соединений в эфирных маслах лекарственных растений с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света и ее модификаций.

### Список источников

1. Амелин В.Г., Лаврухина О. И. Обеспечение безопасности пищевых продуктов средствами химического анализа // Журнал аналитической химии. 2017. Т. 72. №. 1. С. 3-49.

2. Горбунова Н.А. Неразрушающие методы контроля качества мяса и мясных продуктов // Все о мясе. 2014. № 3. С. 44-47.

3. Кушнир А.А., Суханов П. Т., Сизо К. О. Определение ноотропов в лекарственных средствах, биологических объектах и пищевых добавках (обзор) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2021. №. 1. С. 5-19.

4. Пчелкина В.А. Изучение возможностей применения рамановской спектроскопии для анализа меда. Актуальные тенденции в пчеловодстве и апитерапии XXI века. Коллективная монография // Под редакцией А.З. Брандорф [и др.]. Рыбное: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства», 2022. С. 340-344.

5. Ahmed M.Y.S., Saad R., El-Aleem F.S.A., Lotfy S.N., Fadel H.H.M. Improving the Antioxidant Activity of a Carbonated Lemon Soft Drink // Asian Food Science Journal. 2023. No 22(10). Pp. 22-36.

6. Brandt C.C., Lobo V.S., Fiametti K.G., Wancura J.H., Oro C.E., Oliveira J.V. Rosemary essential oil microemulsions as antimicrobial and antioxidant agent in tomato paste // *Food Chemistry Advances*. 2023. No 2. Pp. 100295.
7. Christian K.T.R., Carole D.F.M., Alain K.Y., Dahouenon-Ahoussi E., Avlessi F., Sohounhloue D., Simal-Gandara J. Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation // *Food Chemistry Advances*. 2023. Pp. 100312.
8. De Souza Pedrosa G.T., Pimentel T.C., Gavahian M., de Medeiros L.L., Pagán R., Magnani M. The combined effect of essential oils and emerging technologies on food safety and quality // *Lwt*. 2021. No 147. Pp. 111593.
9. Felici M., Tugnoli B., Ghiselli F., Baldo D., Ratti C., Piva A., Grilli E. Investigating the effects of essential oils and pure botanical compounds against *Eimeria tenella* in vitro // *Poultry Science*. 2023. No 102(10). Pp. 102898.
10. Gachkar L., Yadegari D., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A., Rasooli I. Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils // *Food chemistry*. 2007. No 102(3). Pp. 898-904.
11. Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients // *International journal of food microbiology*. 2008. No 124(1). Pp. 91-97.
12. Irshad G., Naz F., Hafiz A.A. Suppression of *Fusarium sporotrichioides* initiating peach fruit rot with microencapsulated antifungal sachet of clove essential oil tablets // *European Journal of Plant Pathology*. 2023. Pp. 1-15.
13. Jannat B., Mirza-Alizadeh A., Farshi P., Dadgarnejad M., Hosseini H., Hashempour-Baltork F., Jafari S.M. Anti-biofilm activity of essential oils in fruit and vegetable: A systematic review // *Food Control*. 2023. Pp. 109875.
14. Kourouniotou E., Karagianni N., Bari A., Diseri A., Hatzioannou M., Giannouli P. Effects of Guarana Aqua Extracts on Fermentation Kinetics and Quality Properties of Set-Type Yogurts. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023.
15. Lastra-Vargas L., Hernandez-Nava R., Ruíz-Gonzalez N., Jimenez-Mungula M.T., Lopez-Malo A., Palou E. Oregano essential oil as an alternative antimicrobial for the control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* in Turkey mortadella during refrigerated storage // *Food Chemistry Advances*. 2023. No 2. Pp. 100314.
16. Li X., Li C., Li C., Wu C., Bai Y., Zhao X. et. al. A novel perspective on the preventive treatment of hydrazine compound-induced liver injury: Isoniazid liver injury as an example // *Journal of Ethnopharmacology*. 2023. No 315. Pp. 116616.
17. Llana-Ruiz-Cabello M., Pichardo S., Maisanaba S., Puerto M., Prieto A.I., Gutierrez-Praena D. et. al. In vitro toxicological evaluation of essential oils and their main compounds used in active food packaging: A review // *Food and Chemical Toxicology*. 2015. No 81. Pp. 9-27.
18. Mira A., Yamashita S., Katakura Y., Shimizu K. In vitro neuroprotective activities of compounds from *Angelica shikokiana* Makino // *Molecules*. 2015. No 20(3). Pp. 4813-4832.
19. Mu M., Lin Y.T., DeFlorio W., Arcot Y., Liu S., Zhou W., Akbulut M. Multifunctional Antifouling Coatings Involving Mesoporous Nanosilica and Essential Oil with Superhydrophobic, Antibacterial, and Bacterial Antiadhesion Characteristics // *Applied Surface Science*. 2023. Pp. 157656.
20. Nazzaro F., Fratianni F., Coppola R., De Feo V. Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals*. 2017. No 10(4). Pp. 86.
21. Nieto G. Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family // *Medicines*. 2017. No 4(3). Pp. 63.
22. Qneibi M., Bdir S., Maayeh C., Bdair M., Sandouka D., Basit D., Hallak M.A Comprehensive Review of Essential Oils and Their Pharmacological Activities in Neurological Disorders: Exploring Neuroprotective Potential // *Neurochemical Research*. 2023. Pp. 1-32.



23. Souza A.G., Yudice E.D.C., de Campos I.B., Ferreira R.R., Ferreira G.S., Dal Col R., Rosa D.D.S. Comprehensive mapping of SARS-CoV-2 inhibition using essential or vegetable oils // *Journal of Molecular Liquids*. 2023. No 387. Pp. 122539.
24. Smith-Palmer A., Stewart J., Fyfe L. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese // *Food microbiology*. 2001. No 18(4). Pp. 463-470.
25. Stojanovic N.M., Mladenovic M.Z., Randjelovic P.J., Radulovic N.S. The potential of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) essential oil as an anti-anxiety agent—is the citronellal the activity carrier? // *Journal of Ethnopharmacology*. 2023. No 314. Pp. 116661.
26. Tabassum N., Aftab R.A., Yousuf O., Ahmad S., Zaidi S. Application of nanoemulsion based edible coating on fresh-cut papaya // *Journal of Food Engineering*. 2023. No 355. Pp. 111579.
27. Tepe B., Cilkiz M. A pharmacological and phytochemical overview on *Satureja* // *Pharmaceutical biology*. 2016. Vol. 54. No. 3. Pp. 375-412.
28. Viuda-Martos M., Ruiz-Navajas Y., Fernandez-López J., Perez-Alvarez J. A. Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in Mediterranean diet // *International journal of food science & technology*. 2008. No 43(3). Pp. 526-531.
29. Yu Y., Fu D., Zhou H., Su J., Chen S., Lv G. Potential application of *Atractylodes macrocephala* Koidz. as a natural drug for bone mass regulation: A review // *Journal of Ethnopharmacology*. 2023. Pp. 116718.
30. Zaidi A.H., Shaikat A., Anwar H., Kizilbash N. Mechanism of the antidiabetic action of *Nigella sativa* and thymoquinone: A review // *Frontiers in Nutrition*. 2023. No 10. Pp. 1126272.

### References

1. Amelin V.G., Lavrukhina O.I. Ensuring the safety of food products using chemical analysis tools. *Journal of Analytical Chemistry*, 2017, vol. 72, no. 1, pp. 3-49.
2. Gorbunova N.A. Non-destructive methods for quality control of meat and meat products. *All about meat*, 2014, no. 3, pp. 44-47.
3. Kushnir A.A., Sukhanov P.T., Sizo K.O. Determination of nootropics in medicines, biological objects and food additives (review). *Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2021, no. 1, pp. 5-19.
4. Pchelkina V.A. Study of the possibilities of using Raman spectroscopy for the analysis of honey. *Current trends in beekeeping and apitherapy of the 21st century: Collective monograph*. Edited by A.Z. Brandorf [and others]. Rybnoye: Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Beekeeping» Publ., 2022. Pp. 340-344.
5. Ahmed M.Y.S., Saad R., El-Aleem F.S.A., Lotfy S.N., Fadel H.H.M. Improving the Antioxidant Activity of a Carbonated Lemon Soft Drink. *Asian Food Science Journal*, 2023, no 22(10), pp. 22-36.
6. Brandt C.C., Lobo V.S., Fiametti K.G., Wancura J.H., Oro C.E., Oliveira J.V. Rosemary essential oil microemulsions as antimicrobial and antioxidant agent in tomato paste. *Food Chemistry Advances*, 2023, no 2, pp. 100295.
7. Christian K.T.R., Carole D.F.M., Alain K.Y., Dahouenon-Ahoussi E., Avlessi F., Sohounhloue D., Simal-Gandara J. Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. *Food Chemistry Advances*, 2023, pp. 100312.
8. de Souza Pedrosa G.T., Pimentel T.C., Gavahian M., de Medeiros L.L., Pagán R., Magnani M. The combined effect of essential oils and emerging technologies on food safety and quality. *Lwt*, 2021, no 147, pp. 111593.
9. Felici M., Tugnoli B., Ghiselli F., Baldo D., Ratti C., Piva A., Grilli E. Investigating the effects of essential oils and pure botanical compounds against *Eimeria tenella* in vitro. *Poultry Science*, 2023, no 102(10), pp. 102898.
10. Gachkar L., Yadegari D., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A., Rasooli I. Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food chemistry*, 2007, no 102(3), pp. 898-904.

11. Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International journal of food microbiology*, 2008, no 124(1), pp. 91-97.
12. Irshad G., Naz F., Hafiz A.A. Suppression of *Fusarium sporotrichioides* initiating peach fruit rot with microencapsulated antifungal sachet of clove essential oil tablets. *European Journal of Plant Pathology*, 2023, pp. 1-15.
13. Jannat B., Mirza-Alizadeh A., Farshi P., Dadgarnejad M., Hosseini H., Hashempour-Baltork F., Jafari S.M. Anti-biofilm activity of essential oils in fruit and vegetable: A systematic review. *Food Control*, 2023, pp. 109875.
14. Kourouniotou E., Karagianni N., Bari A., Diseri A., Hatzioannou M., Giannouli P. Effects of Guarana Aqua Extracts on Fermentation Kinetics and Quality Properties of Set-Type Yogurts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023.
15. Lastra-Vargas L., Hernandez-Nava R., Ruíz-Gonzalez N., Jimenez-Mungula M.T., Lopez-Malo A., Palou E. Oregano essential oil as an alternative antimicrobial for the control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* in Turkey mortadella during refrigerated storage. *Food Chemistry Advances*, 2023, no. 2, pp. 100314.
16. Li X., Li C., Li C., Wu C., Bai Y., Zhao X. et. al. A novel perspective on the preventive treatment of hydrazine compound-induced liver injury: Isoniazid liver injury as an example. *Journal of Ethnopharmacology*, 2023, no. 315, pp. 116616.
17. Llana-Ruiz-Cabello M., Pichardo S., Maisanaba S., Puerto M., Prieto A.I., Gutierrez-Praena D. et. al. In vitro toxicological evaluation of essential oils and their main compounds used in active food packaging: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 2015, no. 81, pp. 9-27.
18. Mira A., Yamashita S., Katakura Y., Shimizu K. In vitro neuroprotective activities of compounds from *Angelica shikokiana* Makino. *Molecules*, 2015, no. 20(3), pp. 4813-4832.
19. Mu M., Lin Y.T., DeFlorio W., Arcot Y., Liu S., Zhou W., Akbulut M. Multifunctional Antifouling Coatings Involving Mesoporous Nanosilica and Essential Oil with Superhydrophobic, Antibacterial, and Bacterial Antiadhesion Characteristics. *Applied Surface Science*, 2023, pp. 157656.
20. Nazzaro F., Fratianni F., Coppola R., De Feo V. Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals*, 2017, no. 10(4), pp. 86.
21. Nieto G. Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. *Medicines*, 2017, no. 4(3), pp. 63.
22. Qneibi M., Bdir S., Maayeh C., Bdair M., Sandouka D., Basit D., Hallak M.A Comprehensive Review of Essential Oils and Their Pharmacological Activities in Neurological Disorders: Exploring Neuroprotective Potential. *Neurochemical Research*, 2023, pp. 1-32.
23. Souza A.G., Yudice E.D.C., de Campos I.B., Ferreira R.R., Ferreira G.S., Dal Col R., Rosa D.D.S. Comprehensive mapping of SARS-CoV-2 inhibition using essential or vegetable oils. *Journal of Molecular Liquids*, 2023, no. 387, pp. 122539.
24. Smith-Palmer A., Stewart J., Fyfe L. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food microbiology*, 2001, no. 18(4), pp. 463-470.
25. Stojanovic N.M., Mladenovic M.Z., Randjelovic P.J., Radulovic N.S. The potential of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) essential oil as an anti-anxiety agent—is the citronellal the activity carrier? *Journal of Ethnopharmacology*, 2023, no. 314, pp. 116661.
26. Tabassum N., Aftab R.A., Yousuf O., Ahmad S., Zaidi S. Application of nanoemulsion based edible coating on fresh-cut papaya. *Journal of Food Engineering*, 2023, no. 355, pp. 111579.
27. Tepe B., Cilkiz M. A pharmacological and phytochemical overview on *Satureja*. *Pharmaceutical biology*, 2016, vol. 54, no. 3, pp. 375-412.
28. Viuda-Martos M., Ruiz-Navajas Y., Fernandez-López J., Perez-Alvarez J. A. Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in Mediterranean diet. *International journal of food science & technology*, 2008, no. 43(3), pp. 526-531.

29. Yu Y., Fu D., Zhou H., Su J., Chen S., Lv G. Potential application of *Atractylodes macrocephala* Koidz. as a natural drug for bone mass regulation: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 2023, pp. 116718.

30. Zaidi A.H., Shaukat A., Anwar H., Kizilbash N. Mechanism of the antidiabetic action of *Nigella sativa* and thymoquinone: A review. *Frontiers in Nutrition*, 2023, no. 10, pp. 1126272.

#### **Информация об авторах**

**И.А. Бакин** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой процессов и аппаратов перерабатывающих производств;

**Н.В. Иванов** – заведующий учебной лабораторией кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств.

#### **Information about the authors**

**I.A. Bakin** – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Processes and Equipment for Processing Industries;

**N.V. Ivanov** – Head of the Laboratory of the Department of Processes and Equipment for Processing Industries.

Научная статья

УДК 66.067

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-20-30

## АДАПТАЦИЯ ПРОЦЕССА МИКРОФИЛЬТРАЦИИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ ФИЛЬТРОВАНИЯ ПИВА

Ключников Андрей Иванович<sup>1✉</sup>, Казарцев Дмитрий Анатольевич<sup>2</sup>,  
Жуковская Светлана Викторовна<sup>3</sup>, Бабаева Мария Васильевна<sup>4</sup>,  
Ключникова Дина Васильевна<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Московский государственный университет технологий и управления  
им. К. Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

<sup>5</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

<sup>1</sup>kaivanov@mail.ru✉

<sup>2</sup>kda\_79@mail.ru

<sup>3</sup>zhu2165@yandex.ru

<sup>4</sup>m.babaeva@mgutm.ru

<sup>5</sup>dina.key@mail.ru

**Аннотация.** В настоящей статье рассматриваются перспективы процесса мембранной фильтрации пива при тупиковой и проточной схеме организации с целью увеличения коллоидной и биологической стойкости напитка. Представлены основные преимущества и недостатки организации процесса мембранной фильтрации пива по тупиковой и проточной схеме; приведены машинно-аппаратурные схемы процессов фильтрации на основе мембранных картриджей, реализующих механизм тупиковой микрофильтрации и трубчатых керамических мембран, осуществляющих проточную схему разделения продукта; указаны области применения мембранной фильтрации в пивоваренной отрасли, в частности, для выделения товарного пива из лагерных осадков. Отдельное внимание уделено результатам экспериментальных исследований мембранной фильтрации пива при тупиковой и проточной схеме организации процесса с использованием полимерных мембран; показан положительный эффект от использования мембранной фильтрации в технологии фильтрования пива; получены физико-химические, микробиологические и органолептические показатели качества образцов пива, осветленных мембранной фильтрацией с помощью полимерных мембран с различной пористостью; достигнута максимальная биологическая стойкость напитка при хранении. Рассмотрены основные проблемы массовой адаптации процесса мембранной фильтрации к технологическим процессам фильтрования пива на предприятиях пивоваренной отрасли и пути их возможного разрешения.

**Ключевые слова:** пиво, тупиковая и проточная микрофильтрация, мембрана, биологическая стойкость.

**Для цитирования:** Адаптация процесса микрофильтрации к технологическим процессам фильтрования пива / А.И. Ключников, Д.А. Казарцев, С.В. Жуковская, М.В. Бабаева, Д.В. Ключникова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 20-30. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-20-30>.

Original article

## ADAPTATION OF THE MICROFILTRATION PROCESS TO THE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF BEER FILTERING

Andrey I. Klyuchnikov<sup>1✉</sup>, Dmitry A. Kazartsev<sup>2</sup>, Svetlana V. Zhukovskaya<sup>3</sup>, Maria V. Babaeva<sup>4</sup>, Dina V. Klyuchnikova<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Moscow State University of Technology and Management them. K. G. Razumovsky (PKU)

<sup>5</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>kaivanov@mail.ru✉

<sup>2</sup>kda\_79@mail.ru

<sup>3</sup>zhu2165@yandex.ru

<sup>4</sup>m.babaeva@mgutm.ru

<sup>5</sup>dina.key@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the prospects for the process of membrane filtration of beer with a dead-end and flow-through organization scheme in order to increase the colloidal and biological stability of the drink. The main advantages and disadvantages of organizing the process of membrane filtration of beer using a dead-end and flow-through scheme are presented, machine and hardware diagrams of filtration processes based on membrane cartridges that implement the mechanism of dead-end microfiltration and tubular ceramic membranes that implement a flow-through scheme of product separation are given, and areas of application of membrane filtration in the brewery are indicated. Industry, in particular, to isolate marketable beer from lager sludge. Special attention is paid to the results of experimental studies of membrane filtration of beer with a dead-end and flow-through process organization using polymer membranes, the positive effect of using membrane filtration in beer filtration technology is shown, physicochemical, microbiological and organoleptic quality indicators of beer samples clarified by membrane filtration with Using polymer membranes with different porosities, the maximum biological stability of the drink during storage is achieved. The main problems of mass adaptation of the membrane filtration process to technological processes of beer filtration at brewing industry enterprises and ways of their possible resolution are considered.

**Keywords:** beer, dead-end and flow microfiltration, membrane, biological stability.

**For citation:** Adaptation of the microfiltration process to the technological processes of beer filtering / A.I. Klyuchnikov, D.A. Kazartsev, S.V. Zhukovskaya, M.V. Babaeva, D.V. Klyuchnikova // Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 4(30), pp. 20-30. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-20-30/>

### Введение

Применение мембранной технологии в технологических процессах производства пива позволяет получать продукцию с новым набором свойства, качественно улучшающих состав напитка. Классические процессы (тепловая обработка, использование иммобилизованных ферментных препаратов, адсорбентов, антиокислителей и т.д.) увеличения коллоидной и биологической стойкости напитков брожения явно уступают в наборе преимуществ по сравнению с мембранными процессами осветления, для которых характерны низкие, более благоприятные для сохранности качества пива, температуры, пониженные энергетические затраты, улучшенные микробиологические условия процесса, отсутствие изменения вкусоароматических свойств в силу специфики мембранного осветления [3, 5, 11]. На сегодняшний день существуют два принципиально разных способа организации процесса фильтрации пива с использованием микрофильтрации: тупиковая и тангенциальная схемы.

1. Тупиковая одно- и многокаскадная микрофильтрация («dead-ended-filtration»), реализуемая с использованием картриджных систем с различным порогом задержания. Пиво подается (рис. 1) перпендикулярно поверхности мембранного картриджа, оставшиеся дрожжевые клетки, бактерии, коллоидные включения, белки и другие примеси задерживаются на поверхности мембраны и со временем образуют слой осадка, который в значительной степени блокирует поры мембран. При этом проницаемость мембранного картриджа и вовсе может снизиться до минимальных значений, потребуется его замена или регенерация обратным током [1, 12].



В связи с этим прямой процесс тупиковой микрофльтрации нефильтрованного пива, в принципе невозможен в производственных условиях без предварительного осветления напитка. Именно разнообразное сочетание различных методов и оборудования для предварительного фильтрования с микрофльтрацией позволяет достигать определенных положительных целей при выборе данного способа обработки пива. Как правило, для предварительного осветления нефильтрованного пива используют намывные фильтры (свечные, дисковые, рамные), декантеры (шнековые центрифуги), центробежные сепараторы, насыпные фильтры, реализующие механизмы глубинной фльтрации и т.д. Это позволит осуществлять мембранное фильтрование в течение нескольких часов, в противном случае картриджи пришлось бы заменять на новые каждые 20-30 мин, что неприемлемо с экономической точки зрения [1, 12].

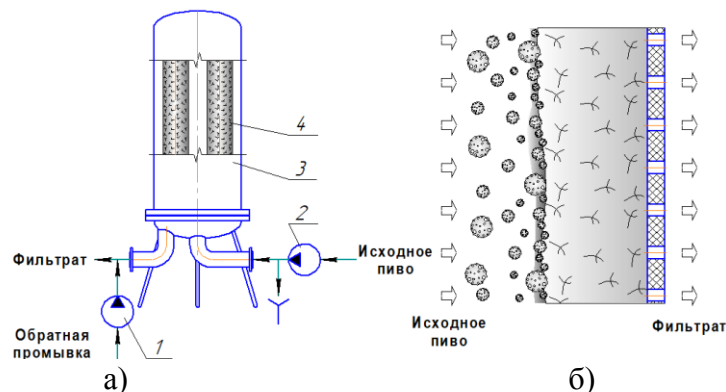


Рисунок 1. Организация тупиковой микрофльтрации с использованием мембранных картриджей: а) схема продуктовых потоков: 1 – насос для промывки; 2 – фильтродержатель; 3 – мембранный картридж; 4 – питающий насос; б) схема явлений и процессов, происходящих на мембране

В качестве примера рассмотрим машинно-аппаратурные схемы линий многокаскадной тупиковой микрофльтрации с использованием фильтродержателей, представленные на рис. 2 и 3. Пиво после окончания процессов главного брожения и созревания подвергают предварительному фильтрованию с помощью различных зернистых загрузок с целью максимального извлечения дрожжевых клеток, белка, взвесей различного характера для исключения моментальной закупорки фильтрующей поверхности мембранного картриджа [1, 4, 6]. Осветление пива на мембранных картриджах проводят при температуре созревания, т.е. 2-4 °С, что позволяет в решающей мере сохранить качество напитка. Использование фильтродержателей с мембранными фильтрующими патронами позволяет получить эффект равносильный пастеризации, т.е. обеспечить требуемую коллоидную и биологическую стойкость непосредственно перед розливом пива, при условии его проведения в стерильных условиях [7, 10, 12].

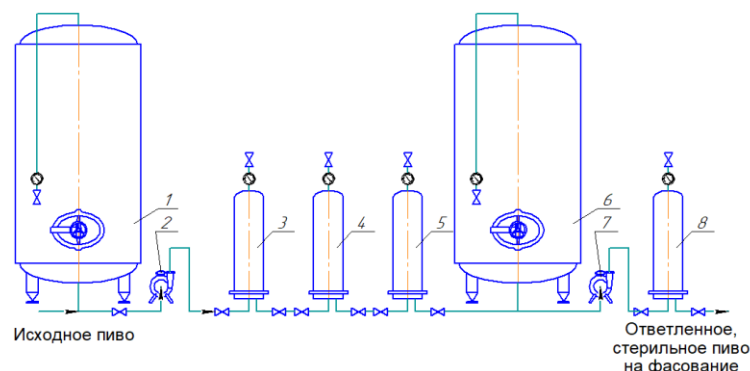


Рисунок 2. Машинно-аппаратурная схема линии тупиковой микрофльтрации пива с использованием фильтродержателей с мембранными картриджами: 1 – танк с исходным пивом; 2; 7 – насос; 3; 4; 5; 8 – фильтродержатель с мембранными картриджами с размерами пор 10,0; 5,0; 1,0 и 0,45 мкм соответственно; 6 – танк промежуточный

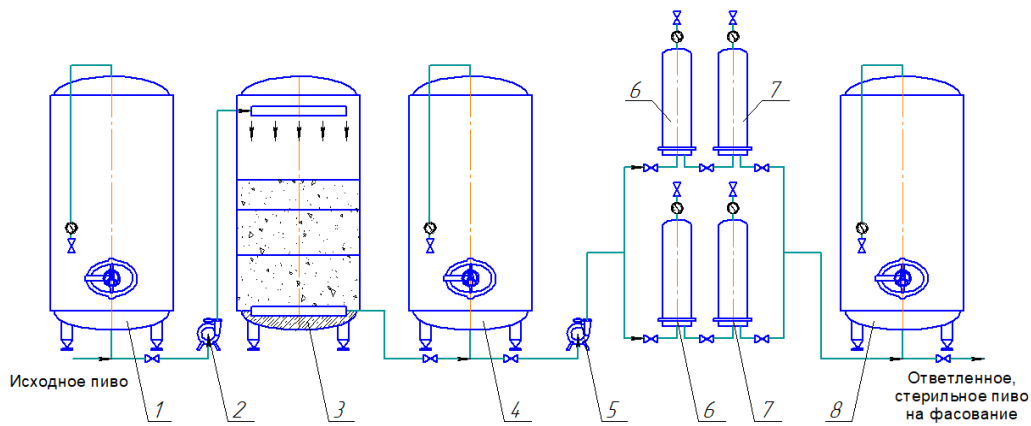


Рисунок 3. Машинно-аппаратурная схема линии тупиковой микрофльтрации пива с использованием насыпного фильтра глубинной очистки:

- 1 – танк с исходным пивом; 2 – насос; 3 – насыпной фильтр; 4 – танк промежуточный; 5 – насос; 6; 7 – многокаскадная система микрофльтрации с мембранными картриджами с размерами пор 1,0 и 0,45 мкм соответственно; 8 – танк с осветленным пивом

2. Тангенциальная микрофльтрация («cross-flow-filtration»), реализуемая с использованием трубчатых керамических или полимерных полволоконных мембран, вовлеченных в замкнутый циркуляционный контур. Пиво подается (рис. 4) питающим насосом в циркуляционный контур, в котором с помощью дополнительного насоса прокачивается с высокой скоростью (обычно 2-4 м/с) вдоль трубчатой мембраны. Это позволяет исключить преждевременное снижение производительности мембран, как в случае с тупиковой микрофльтрацией, увеличить продолжительность работы между циклами регенерации до 30-50 ч, проводить в отдельных случаях процесс разделения без предварительного осветления пива [1, 8, 9].

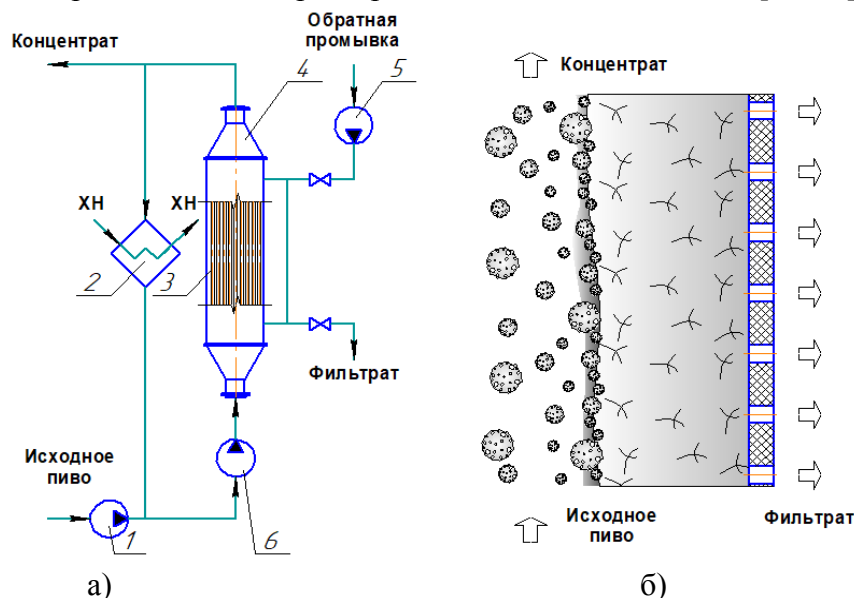


Рисунок 4. Схема тангенциальной микрофльтрации с использованием мембранных модулей трубчатого типа:

- а) схема продуктовых потоков: 1 – питающий насос; 2 – теплообменник-охладитель; 3 – керамическая мембрана; 4 – трубчатый мембранный модуль; 5 – насос обратной промывки; 6 – циркуляционный насос;  
 б) схема явлений и процессов, происходящих на мембране; ХН – хладоноситель

Благодаря этим признакам применение тангенциальной микрофльтрации в пивоварении в последние годы продолжает увеличиваться. Следует отметить повсеместное использование тангенциальной микрофльтрации на базе керамических мембран крупными пивзаводами в качестве основного процесса по извлечению товарного пива из лагерных осадков, а также производстве пива под брэндом «cold filtered beer» без применения тепловой обработки пастеризацией [1, 4, 6].

Машинно-аппаратурная схема линии по извлечению товарного пива из лагерных осадков с использованием мембранных модулей трубчатого типа представлена на рис. 5. Избыточные дрожжи вместе с пивом, удаляемые из ЦКТ, резервируются в танке 1 (рис. 5), откуда при помощи питающего насоса 2 вводятся в гидравлическую систему мембранной установки 4 с мембранами на основе керамики с пористостью в диапазоне от 0,4 до 0,9 мкм по задерживаемым частицам. Индивидуальный циркуляционный насос 3 позволяет обеспечить высокую скорость циркуляции избыточных дрожжей вдоль поверхности мембраны и увеличить продолжительность между регенерациями до 30-50 ч. Процесс рекуперации осуществляется при температуре не выше 4 °С, обеспечиваемой при помощи теплообменника-охладителя 5 [1, 8, 9].

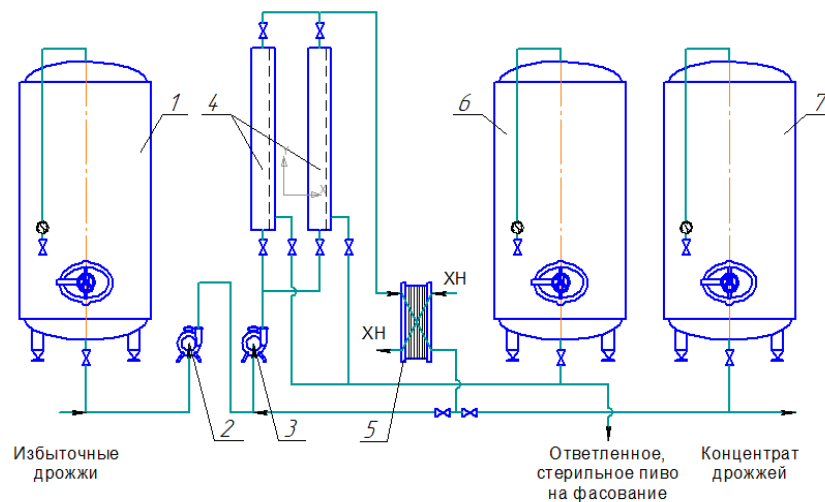


Рисунок 5. Машинно-аппаратурная схема линии по извлечению товарного пива из лагерных осадков с использованием мембранных модулей трубчатого типа:

- 1 – танк с избыточными дрожжами; 2 – питающий насос; 3 – циркуляционный насос;
- 4 – трубчатый мембранным модуль; 5 – теплообменник-охладитель;
- 6 – танк с рекуперированным пивом; 7 – танк с концентрированными дрожжами;
- ХН – хладоноситель

Извлечение товарного пива из лагерных осадков направлено, прежде всего, на получение дополнительных объемов качественного пива, снижение технологических потерь по жидкой фазе, а также получение ценного вторичного материального ресурса – пивных дрожжей, используемых на кормовые или медицинские цели.

Причина, по которой данный способ широко не используется на пивоваренных заводах, связана с обеспечением стабильного микробиологического состояния рекуперированного пива, возвращаемого в основной продукт, в связи с этим некоторые производители дополнительно используют пастеризатор для обеспечения гарантированного качества напитка при хранении [1, 4, 6, 8, 9].

Целью исследования являлось выяснение практической применимости процесса микрофльтрации пива при тупиковом и проточном режимах его организации, а также исследование физико-химических, микробиологических и органолептических показателей, влияющих на окончательный выбор разрешающей способности полимерных мембран.



### Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования мембранной фильтрации пива при тупиковой и проточной схеме организации процесса проводились в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (1999 – 2023 гг.) и в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)» (наст. время).

При выполнении настоящей работы использовались общепринятые для пивоваренной отрасли методы анализа: ГОСТ 12786 – 80 «Пиво. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 12787 – 81 «Пиво. Методы определения спирта, действительного экстракта и расчет сухих веществ в начальном сусле», ГОСТ 12788 – 87 «Пиво. Методы определения кислотности», ГОСТ 12789 – 87 «Пиво. Методы определения цвета», ГОСТ 30060 – 93 «Пиво. Методы определения органолептических показателей и объема продукции», ГОСТ 30518 – 97 / ГОСТ Р 50474 – 93 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерии), ГОСТ 30519 – 97 / ГОСТ Р 50480 – 93 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. ГОСТ Р 51154 – 98 «Пиво. Методы определения двуокси углерода и стойкости».

Специальные методики были основаны на подготовке мембранной техники (экспериментальных модулей и полимерных мембран) к проведению процессов тупиковой и тангенциальной микрофильтрации пива.

### Результаты исследований и их обсуждение

Мембранное осветление пива тупиковой микрофильтрацией осуществляли в плоско-рамном мембранном модуле круглого сечения с полимерной мембраной диаметром 293 мм. Модуль был оборудован дисковой мешалкой с лопастями. Осветление пива осуществляли сразу же после окончания процессов главного брожения и созревания напитка при температуре не выше 4 °С, ввиду использования полимерных мембран применяли величины давления, не превышающие более 0,1 МПа.

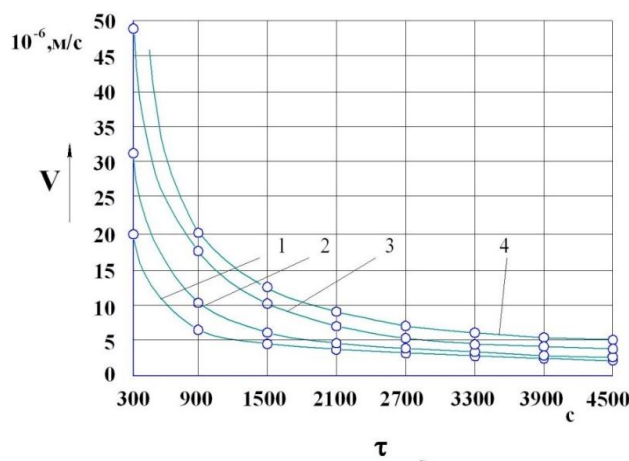


Рисунок 6. График функции производительности процесса мембранного осветления от его продолжительности при различной пористости мембран при тупиковом режиме: 1 – 0,70; 2 – 0,80; 3 – 0,90; 4 – 0,95 мкм

Для данных условий эксперимента в начальный момент времени наблюдали максимальную производительность мембраны с максимальной пористостью, составляющей более  $60 \cdot 10^{-6}$  м/с (см. рис. 6). Ввиду организации мембранного осветления по тупиковой схеме наблюдалось резкое снижение производительности, составившей через 40 мин фильтрации менее  $8 \cdot 10^{-6}$  м/с. Для сохранения проницаемости мембраны и обеспечения дальнейшей удовлетворительной производительности за счет воздействия дисковой мешалки с лопастями на примембранный слой применяли различные частоты вращения перемешивающего устройства для разрушения сил сцепления осадка с фильтрующей поверхностью [1, 12].

Мембранное осветление пива проточной микрофильтрацией осуществляли в плоско-рамном мембранном модуле прямоугольного сечения с несколькими полимерными мембранами. Модуль был оборудован набором уплотнительных прокладок для создания мембранного канала разной высоты. Как и в случае с тупиковой микрофильтрацией, осветление пива осуществляли при аналогичных условиях, за исключением скорости разделяемого продукта вдоль поверхности мембраны, составляющей 2 м/с. Как и следовало ожидать при проточной микрофильтрации, наблюдали более стабильные результаты по производительности мембран через 30-40 мин, составившие около  $40 \cdot 10^{-6}$  м/с для фильтрующей перегородки с максимальной пористостью 0,95 мкм и  $25 \cdot 10^{-6}$  м/с для фильтрующей перегородки с минимальной пористостью 0,70 мкм (рис. 7).

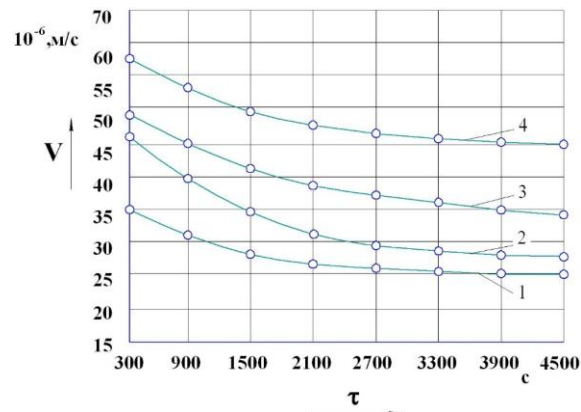


Рисунок 7. График функции производительности процесса мембранного осветления от его производительности при различной пористости мембран при проточном режиме: 1 – 0,70; 2 – 0,80; 3 – 0,90; 4 – 0,95 мкм

Движение разделяемой жидкости вдоль фильтрующей поверхности позволяло воздействовать на примембранную область за счет касательных напряжений, затрудняющих образование прочных сил сцепления разделяемых компонентов с мембраной, что и обеспечивало ее более стабильную производительность по осветленному продукту [1].

Наибольший практический интерес представляло изучение влияния скорости разделяемой жидкости на производительность фильтрующей перегородки в условиях образования канала различной высоты. Полученные результаты производительности для мембраны с максимальной пористостью 0,95 мкм составляли более  $50 \cdot 10^{-6}$  м/с для высоты канала 0,5 мм (рис. 8).

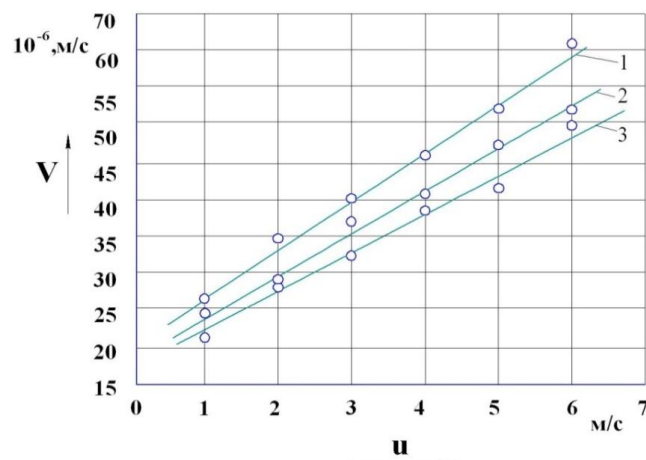


Рисунок 8. График функции производительности процесса мембранного осветления от скорости разделяемой жидкости при различной высоте канала: 1 – 0,5; 2 – 1,5; 3 – 2,7 мм.

Следует сказать о возникающем технологическом противоречии, состоящем, с одной стороны, в улучшении гидродинамических условий в примембранной области за счет удаления значительной части отложений с фильтрующей поверхности с увеличением скорости и, с другой стороны, увеличением объема циркулирующего продукта, возвращаемого в циркуляционный контур, что негативно отражалось на показателях качества осветленного продукта. Исходя из вышесказанного, можно полагать, что скорость разделяемой жидкости при проточном режиме в диапазоне 2-3 м/с для данной конструкции мембранного модуля позволит обеспечить стабильные параметры, процессы осветления и качество конечного продукта.

Таблица 1. Сравнительная оценка физико-химических показателей образцов пива, полученных по классической и мембранной технологии

Наименование	Показатели				
	контрольный образец	образец № 1		образец № 2	
		до мембранной фильтрации	после мембранной фильтрации	до мембранной фильтрации	после мембранной фильтрации
Экстрактивность начального сусла, %	11,0	11,0	11,2	11,1	11,1
Объемная доля спирта, % об., не менее	4,0	4,2	4,2	4,3	4,3
Кислотность, к. ед.	1,6...2,8	2,4	2,3	2,6	2,5
Цвет, см <sup>3</sup> р-ра йода	0,6...2,0	1,2	1,0	1,3	1,1
Биологическая стойкость, сут.	3	3	9	3	11

При выборе мембранного осветления в качестве решающего процесса в обеспечении требуемой биологической и коллоидной стойкости также осуществляли исследование физико-химических показателей образцов пива №№ 1 и 2 (табл. 1). Образец № 1 – нефильтованное, непастеризованное пиво с содержанием экстрактивных веществ 11,0 %, отобранное из сервисного танка после окончания процессов брожения и созревания пива при температуре 2-4 °С; образец № 2 – нефильтованное, непастеризованное пиво с содержанием экстрактивных веществ 11,1 %, отобранное из другого сервисного танка после окончания процессов брожения и созревания при аналогичной температуре; контрольный образец – фильтрованное, пастеризованное пиво с содержанием экстрактивных веществ 11,0 %, отобранное из сервисного танка при температуре 2-4 °С непосредственно перед его фасованием.

Таблица 2. Сравнительная оценка органолептических показателей образцов пива, полученных по классической и мембранной технологии

Наименование	Наименование показателей						общий балл
	прозрачность	цвет	аромат	вкус		пенообразование	
				полнота	хмелевая горечь		
	0 – 3	0 – 3	1 – 4	2 – 5	2 – 5	2 – 5	макс. 25
контрольный образец	2,9	3,0	3,8	3,7	3,8	3,7	20,9
образец № 1	2,9	3,0	3,8	3,7	3,1	3,1	19,6
образец № 2	3,0	3,0	4,0	3,7	3,9	3,7	21,2

Следует отметить увеличение биологической стойкости образцов пива №№ 1 и 2, осветленных на мембране с пористостью 0,90 мкм, составившей 9 и 11 сут. При этом другие

физико-химические показатели осветленных образцов пива остались неизменными, что говорило о правильности выбора пористости мембраны. Вполне очевидно, что мембрана с меньшей пористостью обеспечит и большую биологическую стойкость, но вопрос стабильности физико-химических показателей осветленного пива, вследствие задержки мембраной компонентов, отвечающих за вкус и аромат, всегда будет оставаться открытым [1].

Органолептическая оценка образцов пива № 1 и 2, осветленных на мембране с пористостью 0,90 мкм (табл. 2), позволила судить о полном соответствии вкусо-ароматических свойств контрольному образцу, произведенному по классической технологии с использованием намывного фильтрования и пастеризации [1, 2].

Существенное внимание придавали микробиологической оценке образцов пива, осветленных на мембране с пористостью 0,90 мкм (табл. 3). Было выяснено наличие дрожжевых клеток, спор бактерий и палочковидных микроорганизмов, что и обуславливало, в конечном итоге, невысокую биологическую стойкость [1].

Таблица 3. Сравнительная оценка микробиологических показателей образцов пива, полученных по классической и мембранной технологии

Наименование	Количество бактериальных клеток, ед./мл					
	1 день	3 день	4 день	1 день	3 день	4 день
контрольный образец	$1,7 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,8 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$
образец № 1	$6,0 \times 10$	$7,5 \times 10$	$9,0 \times 10$	$5,8 \times 10$	$7,0 \times 10$	$8,5 \times 10$
образец № 2	$1,0 \times 10^2$	$4,5 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$

В зависимости от предъявляемых к срокам хранения пива требований могут потребоваться мембраны с гораздо меньшей пористостью, например, 0,4 мкм, которые в значительной степени позволяют снизить или полностью исключить наличие микрофлоры, обеспечив при этом максимальную биологическую стойкость до 90 сут. В этом случае потребуются дополнительные условия по обеспечению микробиологической стерильности осветленного пива на участке от мембранной установки до моноблока розлива, в противном случае все преимущества мембранной фильтрации могут свестись к нулю. Также становится нерациональным решением установка пастеризационной установки после мембранного осветления ввиду резко увеличивающихся капитальных и эксплуатационных затрат [1].

### Выводы

1. Микрофильтрация пива сохраняет первоначальные, естественные характеристики пива, приостанавливает изменения его вкуса, как например это происходит при тепловой обработке, обеспечивает необходимую биологическую и коллоидную стойкость.

2. Учитывая, что нефльтрованное пиво является многокомпонентной гетерогенной системой, трудно бывает подобрать универсальную мембранную установку, позволяющую решать одновременно все задачи по обеспечению биологической и коллоидной стойкости напитка. Как правило, конечный вариант технологии осветления пива будет состоять из некоторого симбиоза классических и мембранных процессов, в сильной степени зависящих друг от друга и влияющих на взаимную эффективность.

3. Адаптация процесса микрофильтрации к технологическим процессам фильтрования пива будет напрямую зависеть от разрешения противоречий между кратностью рециркуляции пива и его качеством; обеспечения микробиологической стабильности получаемого продукта в процессе хранения; правильного подобранного алгоритма регенерации, мойки и дезинфекции мембран и установки; нахождения компромисса между стоимостью технологии и оборудования для микрофильтрации.

**Список источников**

1. Антипов С.Т., Ключников А. И. Интенсификация процессов переработки жидких пищевых сред мембранными методами: монография // Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж: ВГУИТ, 2017. 304 с.
2. Ключников А.И., Полянский К.К., Ключникова Д. В. Комплексная оценка показателей качества пива, получаемого микрофльтрацией с использованием керамических мембран // Сорбционные и хроматографические процессы. Т. 21. № 5. 2021 С. 764-773.
3. Кудряшов В.Л. Роль и эффективность мембранных процессов при модернизации пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2012. № 10. С. 14-16.
4. Кудряшов В.Л., Кислов А.С., Преснякова О.П. Комплексная линия переработки вторичного сырья пивзаводов на основе мембранных процессов // Пиво и напитки. 2008. № 2. С. 22-25.
5. Лукин Н.Д., Кудряшов В. Л. Области применения, эффективность и перспективы использования баромембранных процессов в АПК // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. №12. С. 44-50.
6. Стогний А.Н., Рябиков В.Е. Способы восстановления пива из донных осадков // Пиво и напитки. 2007. № 4. С. 20-22.
7. Bernardi G.d.S., Magro J.D., Mazutti M.A., Oliveira J.V., Luccio M.Di, Zabot G.L., Tres M.V. Microfiltration for Filtration and Pasteurization of Beers // Engineering Tools in the Beverage Industry. Vol. 3: The Science of Beverages. 2019. Pp. 405-434.
8. Cimini A., Francesco G.D., Perretti G. Effect of crossflow microfiltration on the clarification and stability of beer from 100% low- $\beta$ -glucan barley or malt // LWT. Vol. 86. December, 2017. Pp. 55-61.
9. Gan Q. Beer clarification by cross-flow microfiltration – effect of surface hydrodynamics and reversed membrane morphology // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. Vol. 40. Issue 5. September, 2001. Pp. 413-419.
10. Gan Q., Howell J.A., Field R.W., England R., Bird M.R., Shaughnessy C.L.O', MeKechinie M. T. Beer clarification by microfiltration – product quality control and fractionation of particles and macromolecules // Journal of Membrane Science. Vol. 194. Issue 2. 15 December, 2001. Pp. 185-196.
11. Peyravi M., Jahanshahi M., Banafti S. Application of Membrane Technology in Beverage Production and Safety // Safety Issues in Beverage Production. Vol. 18: the Science of Beverages. 2020. Pp. 271-308.
12. Zhang Y.P., Fane A.G., Law A.W.K. Critical flux and particle deposition of bidisperse suspensions during crossflow microfiltration // Journal of Membrane Science Vol. 282. Issues 1-2. 5 October, 2006. Pp. 189-197.

**References**

1. Antipov S.T., Klyuchnikov A.I. Intensification of processes of processing liquid food media using membrane methods: monograph. Voronezh. state University of Eng. technol. Voronezh: VSUET Publ., 2017. 304 p.
2. Klyuchnikov A.I., Polyansky K.K., Klyuchnikova D.V. Comprehensive assessment of the quality indicators of beer obtained by microfiltration using ceramic membranes. Sorption and chromatographic processes, vol. 21, no. 5, 2021, pp. 764-773.
3. Kudryashov V.L. The role and efficiency of membrane processes in the modernization of the food industry. Food Industry, 2012, no. 10, pp. 14-16.
4. Kudryashov V.L., Kislov A.S., Presnyakova O.P. Integrated line for processing secondary raw materials of breweries based on membrane processes. Beer and drinks, 2008, no. 2. pp. 22-25.
5. Lukin N.D., Kudryashov V.L. Areas of application, efficiency and prospects for the use of baromembrane processes in the agricultural sector. Storage and processing of agricultural raw materials, 2017, no. 12, pp. 44-50.



6. Stogniy A.N., Ryabikov V.E. Methods for restoring beer from bottom sediments. Beer and drinks, 2007, no. 4, pp. 20-22.
7. Bernardi G.d.S., Magro J.D., Mazutti M.A., Oliveira J.V., Luccio M.Di, Zobot G.L., Tres M.V. Microfiltration for Filtration and Pasteurization of Beers. Engineering Tools in the Beverage Industry, vol. 3: The Science of Beverages, 2019, pp. 405-434.
8. Cimini A., Francesco G. D., Perretti G. Effect of crossflow microfiltration on the clarification and stability of beer from 100% low- $\beta$ -glucan barley or malt. LWT, vol. 86, december, 2017, pp. 55-61.
9. Gan Q. Beer clarification by cross-flow microfiltration – effect of surface hydrodynamics and reversed membrane morphology. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, vol. 40, issue 5, september, 2001, pp. 413-419.
10. Gan Q., Howell J.A., Field R.W., England R., Bird M.R., Shaughnessy C.L.O', MeKechinie M.T. Beer clarification by microfiltration – product quality control and fractionation of particles and macromolecules. Journal of Membrane Science, vol. 194, issue 2, 15, december, 2001, pp. 185-196.
11. Peyravi M., Jahanshahi M., Banafti S. Application of Membrane Technology in Beverage Production and Safety. Safety Issues in Beverage Production, vol. 18: the Science of Beverages, 2020, pp. 271-308.
12. Zhang Y.P., Fane A.G., Law A.W.K. Critical flux and particle deposition of bidisperse suspensions during crossflow microfiltration. Journal of Membrane Science, vol. 282, issues 1-2, 5 october, 2006, pp. 189-197.

#### **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;

**Д.В. Ключникова** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов животного происхождения.

#### **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. G. G. Agabalyants;

**M.V. Babayeva** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Winemaking, Fermentation and Chemistry. G. G. Agabalyants;

**D.V. Klyuchnikova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Animal Products.

Научная статья

УДК: 664.66.022.39

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-31-38

## ПРИМЕНЕНИЕ ГОРЧИЧНОГО ПОРОШКА В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Мартынова Екатерина Геннадьевна<sup>1</sup>, Перепелица Юлия Сергеевна<sup>2</sup>,  
Шарапова Надежда Александровна<sup>3</sup>✉

<sup>1,2,3</sup>Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина,  
Белгородская область, п. Майский, Россия

<sup>1</sup>[martynova\\_eg@bsaa.edu.ru](mailto:martynova_eg@bsaa.edu.ru)

<sup>2</sup>[perepelitsa\\_ys@bsaa.edu.ru](mailto:perepelitsa_ys@bsaa.edu.ru)

<sup>3</sup>[sharapova\\_na@bsaa.edu.ru](mailto:sharapova_na@bsaa.edu.ru)✉

**Аннотация.** На сегодняшний день хлеб как пищевой продукт приобретает особое значение. Он должен не только иметь хорошее качество, но и высокую пищевую ценность и обладать пробиотическими свойствами. Сейчас в хлебопекарное производство внедряются новые технологии, увеличивается ассортимент выпускаемой продукции, строятся все более новые заводы и пекарни. Применение различных растительных добавок позволяет не только расширить ассортимент, но и способствует повышению пищевой и биологической ценности готовой продукции. Согласно ГОСТ Р 51074-97 под пищевой добавкой понимается химическое или природное вещество, не применяемое в чистом виде как пищевой продукт или типичный ингредиент пищи, которое преднамеренно вводится в пищевой продукт при его обработке, переработке, производстве, хранении или транспортировании (независимо от его питательной ценности) как дополнительный компонент, оказывающий прямое или косвенное воздействие на характеристики пищевого продукта. В качестве одной из таких добавок в рецептах пшеничного хлеба может выступать горчичный порошок. Сухой горчичный порошок разрыхляет тесто и придает ему особый вкус, в котором не будет ни капли горечи. Для приготовления хлеба в тесто добавляли 3%, 5% и 10% горчичного порошка. По результатам исследований была проведена оценка качества по органолептическим и физико-химическим показателям и дегустация. На основании пробной выпечки и лабораторных исследований установлено, что оптимальная доза горчичного порошка составляет 5% от массы муки.

**Ключевые слова:** функциональные продукты, пшеничный хлеб, горчичный порошок, физико-химические показатели, пробная выпечка.

**Для цитирования:** Мартынова Е.Г., Перепелица Ю.С., Шарапова Н.А. Применение горчичного порошка в хлебопечении // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 31-38. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-31-38>.

Original article

## THE USE OF MUSTARD POWDER IN BAKING

Ekaterina G. Martynova<sup>1</sup>, Yuliya S. Perepelitsa<sup>2</sup>, Nadezhda A. Sharapova<sup>3</sup>✉

<sup>1,2,3</sup>Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Belgorod region,  
Maysky village, Russia

<sup>1</sup>[martynova\\_eg@bsaa.edu.ru](mailto:martynova_eg@bsaa.edu.ru)

<sup>2</sup>[perepelitsa\\_ys@bsaa.edu.ru](mailto:perepelitsa_ys@bsaa.edu.ru)

<sup>3</sup>[sharapova\\_na@bsaa.edu.ru](mailto:sharapova_na@bsaa.edu.ru)✉

**Abstract.** Today, bread as a food product is of particular importance. It should not only have good quality, but also high nutritional value and have preventive properties. Now new technologies are being introduced into the bakery industry, the range of products is increasing, more and more new factories and bakeries are being built. The use of various herbal additives allows not only to expand the range, but also contributes to increasing the nutritional and biological value of the finished product. According to GOST R 51074-97, a food additive is a chemical or natural substance that is not used in its pure form as a food prod-

uct or a typical food ingredient that is intentionally introduced into a food product during its processing, processing, production, storage or transportation (regardless of its nutritional value) as an additional component that has a direct or indirect effect on the characteristics of the food product. Mustard powder can act as one of such additives in wheat bread recipes. Dry mustard powder loosens the dough and gives it a special taste, in which there will not be a drop of bitterness. To make bread, 3%, 5% and 10% mustard powder were added to the dough. According to the results of the research, the quality assessment was carried out according to organoleptic and physico-chemical indicators and tasting. Based on trial baking and laboratory studies, it was found that the optimal dose of mustard powder is 5% of the flour weight.

**Keywords:** functional products, wheat bread, mustard powder, physico-chemical parameters, trial baking.

**For citation:** Martynova E.G., Perepelitsa Y.S., Sharapova N.A. The use of mustard powder in baking // *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 31-38. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-31-38>.

### **Введение**

Тенденции современного общества вносят коррективы в рацион питания и структуру ассортимента. Однако хлеб по-прежнему остается самым востребованным продуктом питания повседневного использования. Он является наиболее доступным источником поступления углеводов в организм. [10]. Крупа, содержащаяся в хлебе, богата витаминами, необходимыми для человека: E, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, холин, которые могут покрыть около трети суточной потребности [7]. Однако количество витаминов B<sub>2</sub> и B<sub>3</sub> в этом продукте невелико. Клетчатка, входящая в состав хлеба, позволяет дольше оставаться сытым за счет более длительной перевариваемости. В составе хлеба находится и достаточное количество растительного белка. Химический состав позволяет относить хлеб в разряд продуктов сбалансированного питания, обеспечивающих организм необходимой энергией и строительными блоками для его роста и развития [15].

С биологической точки зрения ценность хлеба находится на низком уровне и зависит она от вида и сорта муки, применяемой в хлебопечении. Сила муки зависит от содержания в ней белкового комплекса. Чем сильнее мука, тем лучше её свойства [15].

Мука высшего сорта чаще выступает основным сырьем для выпечки хлеба [14]. В ней небольшое содержание полезных веществ и минералов. Аминокислотный скор определенно-го вида муки наиболее четко определяет биологическую ценность продукта. По аминокислотному составу белки ржи и ржаного хлеба полноценнее белков пшеницы и пшеничного хлеба, так как аминокислотный скор по лизину у них значительно выше [10].

Отсутствие необходимого полноценного минерального комплекса приводит к низкому содержанию кальция и неблагоприятному его соотношению с такими важными элементами, как фосфор и магний. В хлебе также недостаточно микроэлементов, к которым относятся: калий, хром, кобальт и некоторые другие элементы [7]. Поэтому чтобы достичь повышения витаминной ценности хлеба можно вводить различные функциональные добавки [5,6,9,13], одним из таких компонентов может быть горчица (порошок, масло, семена) [12].

Горчица является однолетним травянистым растением с желтыми мелкими цветочками семейства Капустные. В результате переработки семян горчицы получают горчичное масло, горчичный порошок.

Горчичный хлеб славится своей пользой и вкусом [4]. Наибольший специфический аромат горчичному хлебу придает горчичное масло. Оно содержит легкоусвояемые жиры, очищает организм от шлаков и способствует правильному пищеварению [8, 14].

Порошок содержит необходимые витамины и макро- и микроэлементы и обладает рядом полезных свойств. Поэтому его используют в лечебных целях: при простудных заболеваниях, повышенной температуре, заражении различными бактериями (стрептококк, стафилококк) и грибами [4]. Известно мощное антисептическое действие горчицы [1]. Содержащиеся в ней эфирные масла оказывают бодрящее действие, придают организму жизненных сил, улучшают настроение.



Калорийность горчичного порошка на 100 г составляет 378 ккал [4]. Химический состав представлен следующими компонентами (содержание в 100 г горчичного порошка): белки – 37.1 г, жиры – 11.1 г, углеводы – 32.6 г, пищевые волокна – 5,9 г, вода – 7.3 г, зола – 6 г. Количество витаминов, макро- и микроэлементов в 100 г горчичного порошка, мг: А, РЭ – 5, бета-каротин – 0.03, В1 (тиамин) – 0.3, В2 (рибофлавин) – 0.7, Е(альфа-токоферол) ТЭ – 4.2, РР, НЭ – 6.4.; калий (К) – 828, кальций (Са) – 365, магний (Mg) – 453, натрий (Na) – 67, фосфор (Ph) – 797, железо (Fe) – 40.

Также употребление продуктов, содержащих горчицу, благотворно сказывается на пищеварении, нервной системе, сосудах, работе сердца и мозга. Горчица очищает организм от шлаков, стимулирует кровотворение, повышает уровень гемоглобина и укрепляет иммунную систему, улучшает память и сообразительность, насыщает клетки влагой и не дает коже пересыхать [1].

Но имеются и противопоказания. Нельзя употреблять продукт в чистом виде, без других ингредиентов, так как он может привести к ожогу слизистой горла. Присутствует риск появления на стенках горла язвочек и покрасневших участков. После этого почти всегда сильно печет во рту, при проявлении таких симптомов рекомендуется немедленно выпить большое количество чистой воды [1]. На основании вышеизложенного проводилась пробная выпечка на установление оптимальной дозы введения горчичного порошка в рецептуру пшеничного хлеба.

### **Материалы и методы исследований**

Лабораторные исследования проводились в 2023 году в условиях ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина» согласно требованиям ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба» [2]. В качестве контрольного образца выступал хлеб из муки пшеничной высшего сорта. Опытные образцы содержали горчичный порошок, введенный в количестве 3%, 5% и 10% от массы муки.

Все опытные образцы хлеба, полученные в результате пробной выпечки, прошли оценку качества. Нами были проведены анализы по органолептическим показателям – внешний вид, мякиш, вкус и запах. Из физико-химических показателей образцы хлеба оценивались: по влажности – ГОСТ 21094-2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности», пористости мякиша – ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости» и по кислотности – ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности».

Замес теста выполнялся из следующих ингредиентов: 170 мл воды (температура не более 45°C, так как тесто уже при замесе не должно превышать технологически допустимых температур), дрожжи хлебопекарные прессованные – 12 г, соль поваренная пищевая – 8 г, сахар белый кристаллический – 10 г, мука пшеничная высшего сорта – 400 г, горчичный порошок – 3, 5, 10% от массы муки. В предварительно подготовленную (просеянную) муку вводили все ингредиенты. Порошок вводили в необходимом количестве, заранее смешав его с мукой перед замесом теста. Применяли безопасный способ приготовления теста.

Температура теста для замеса составляла 30±1°C и замес осуществлялся в течение 15-25 минут. В течение 60 минут тесто оставляли бродить. После ферментации делали обминку, которая проходила в течение 1 минуты. Затем тесто направили в расстойку на 30 минут. После того, как тесто приобрело необходимые параметры, приступили к формованию (разделка и укладка в формы). Формы с тестовыми заготовками поместили в расстоечный шкаф. Параметры окончательной расстойки: температура 37°C, время 40 минут. Подошедшую тестовую заготовку отправили в печь, разогретую до температуры 180-200°C. Время выпечки составило 40 минут.

После выпечки хлеб охлаждали в течение 2 часов. Это необходимое условие для получения более точных результатов в процессе проведения оценки качества готовой продук-

ции по всем необходимым показателям. Ещё одним условием для оценки внешнего вида каждого образца является рассеянный дневной свет.

Показатели, по которым проходит оценка, отображены в ГОСТ Р 58233-2018: внешний вид (форма, состояние поверхности, цвет, наличие дефектов корки); состояние мякиша (пропеченность, качество промеса, пористость); вкус и запах [3].

### Результаты исследований и их обсуждение

Анализируя полученные образцы по органолептическим показателям, получили результат, по которому можно сделать заключение: добавляя горчичный порошок в требуемом по рецептуре к массе муки количестве, готовое изделие (пшеничный хлеб) приобретает особенности – с увеличением процента вводимого горчичного порошка в тесто вкус усиливается; запах проявляется ярче и выраженнее, а цвет становится темнее и насыщеннее.

Из ряда физико-химических показателей, определяющих качество хлеба и предусмотренных нормативной документацией (в данном случае стандартом), наибольшее значение имеет массовая доля влаги готового продукта, от которой зависит физиологическая и питательная ценность хлеба. Энергетическая ценность снижается в результате повышенной влажности, так как во влажном продукте содержится меньше сухих веществ.

Кислотность продукта свидетельствует о правильности ведения технологического процесса. Индекс кислотности характеризует качество хлеба с точки зрения вкуса и гигиены.

Хлеб с равномерной мелкой, тонкостенной пористостью, хорошо разрыхленный лучше пропитывается пищеварительными соками, что улучшает его усвояемость организмом, делая её полной. Нарушение технологического процесса ведет к появлению неравномерной пористости и плохой усвояемости готового изделия, что может возникнуть в результате перебродившего теста.

В процессе установления физико-химических показателей, полученных образцов пшеничного хлеба с добавлением определенного количества горчичного порошка, результаты получились следующими (рис.1).

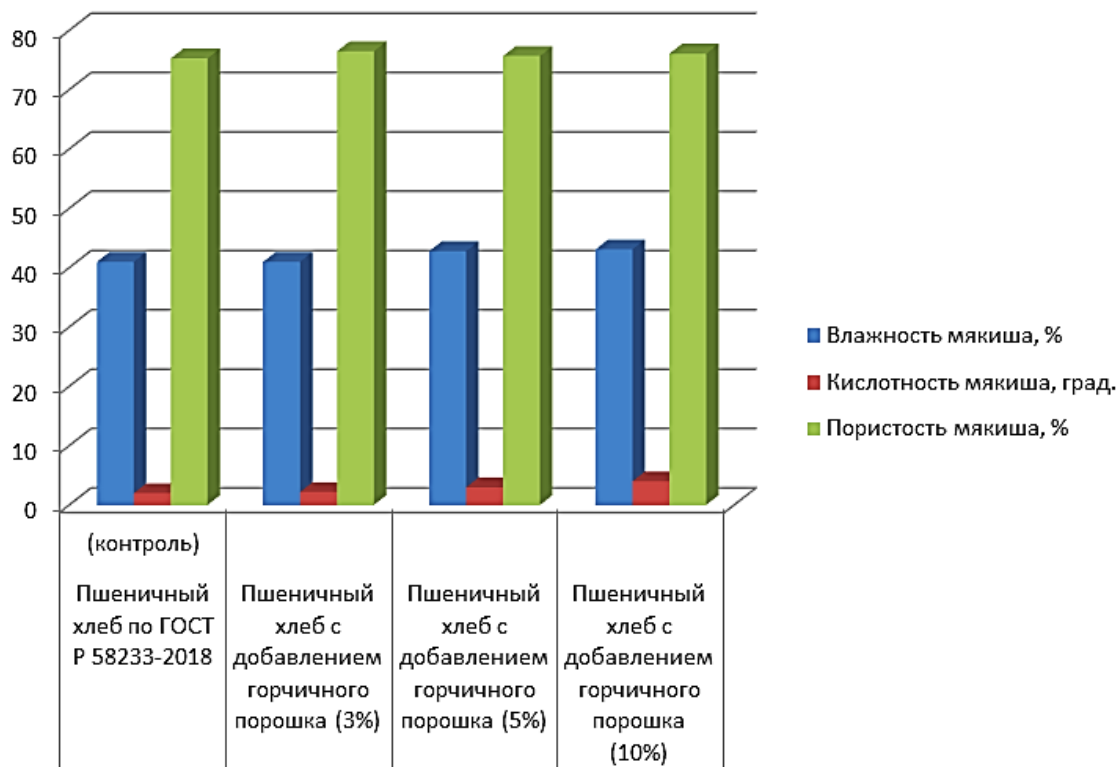


Рисунок 1. Физико-химические показатели хлебных изделий

Рассматривая рисунок 1, приходим к выводу, что все образцы по влажности мякиша соответствуют ГОСТ Р 58233-2018 "Хлеб из пшеничной муки. Технические условия" Образцы – контроль и опытный образец с содержанием горчичного порошка 3% имеют наименьшую влажность – 41%, у опытных образцов с содержанием горчичного порошка 5% и 10% влажность составила 42,8 % и 43,1% соответственно, что на 1,8% и 2,1% соответственно выше, чем в контроле. Кислотность для хлеба из пшеничной муки высшего сорта не должна превышать 3% в соответствие с показателем ГОСТ. Опытный образец с добавлением 10% горчичного порошка превышает установленные нормы на 1%. Остальные опытные образцы и контрольный соответствуют установленным нормам. Пористость мякиша установлена в пределах 75,3-76,5 % у всех полученных изделий, что составляет более 72%, а это значит, что данный показатель также соответствует нормам ГОСТ Р 58233- 2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия» [3].

В ходе дегустации полученные изделия оценивались по 5-балльной шкале по ГОСТ 31986- 2012 (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1. Результаты дегустационной оценки, балл

Показатель	Внешний вид и форма	Цвет	Пористость	Вкус	Запах	Итого
Пшеничный хлеб по ГОСТ Р 58233-2018 (контроль)	4,9	4,7	4,8	4,6	4,7	23,7
Пшеничный хлеб с добавлением горчичного порошка (3%)	4,9	4,7	4,9	4,8	4,8	24,1
Пшеничный хлеб с добавлением горчичного порошка (5%)	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	24,3
Пшеничный хлеб с добавлением горчичного порошка (10%)	4,5	4,5	4,8	4,6	4,5	22,9

В результате проведенной дегустационной оценки было установлено, что наиболее оптимальными органолептическими свойствами обладает контрольный образец с добавлением порошка в объеме 5% от массы муки пшеничной высшего сорта.

- Пшеничный хлеб по ГОСТ Р 58233-2018 (контроль)
- Пшеничный хлеб с добавлением горчичного порошка (3%)
- Пшеничный хлеб с добавлением горчичного порошка (5%)
- Пшеничный хлеб с добавлением горчичного порошка (10%)



Рисунок 2. Дегустационная оценка хлеба пшеничного с добавлением горчичного порошка

В результате витаминно-минеральной оценки состава хлеба пшеничного с добавлением разных объемов горчичного порошка было рассчитано, что при потреблении 100 г готового изделия организм обеспечивается различными необходимыми для нормального роста и развития (% от суточной нормы): витамин Е - 1,26%, 2,1%, 4,2% (при внесении в тесто 3%, 5%, 10% порошка соответственно); витамин РР - 1,5%, 2,5%, 4,92%; витамин В2-1,05%, 1,75%, 3,5%; Магний-3,4%, 5,6%, 11,3%; Железо-12%, 20%, 40%. Полученные расчетные данные позволяют отнести предложенные варианты изделий к функциональным продуктам.

### **Выводы**

1. Результаты исследований доказали, что горчичный порошок может быть использован в качестве добавки функционального значения в производстве хлеба пшеничного. Данный факт способствует не только расширению ассортимента, но и обогащению полученного продукта необходимыми в ежедневном рационе минералами и витаминами, что в значительной степени повышает его пищевую ценность.

2. При добавлении в рецептуру хлеба пшеничного горчичного порошка в количестве 5% от массы муки были достигнуты наилучшие показатели: органолептические – дегустационный балл составил 24,3, что на 0,8 больше образца с добавлением горчичного порошка в количестве 3%, на 2,5 больше образца без горчичного порошка (контроль) и на 5,8% больше образца с добавлением горчичного порошка в количестве 10%; физико-химические – влажность мякиша 42,8%, кислотность мякиша 3,0 % и пористость мякиша 75,7%, что соответствует нормам ГОСТ Р 58233- 2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия».

3. В итоге можно сделать вывод, что данное количество добавки является наиболее подходящим для достижения оптимальных свойств готового продукта.

### **Список источников**

1. Воловик В.Т. Горчица белая - значение, использование // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 2. С. 41-67.

2. ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба». Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.03.88 N 922-ст. Москва: Стандартиформ, 2007. 12 с.

3. ГОСТ Р 58233- 2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия». Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 октября 2018 г. N 734-ст. Москва: Стандартиформ, 2019. 13 с.

4. Малахова М.В., Мартынова Е.Г. Использование горчичного порошка в производстве хлеба // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы Международной научной конференции, Майский, 14-15 марта 2023 года. Том 3. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. С. 251.

5. Мартынова Е.Г., Масловская Н.А., Перепелица Ю.С. Использование нетрадиционного сырья в хлебопечении // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12(189). С. 196-202.

6. Повышение качества мучного кондитерского изделия путем внесения нетрадиционного сырья / Е.Н. Ефремова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 190-198.

7. Поиск новых добавок растительного происхождения для улучшения химического состава хлеба / Т.Н. Тертычная, А.А. Шевцов, С.С. Куликов, Т.А. Пожидаева // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов VII Международной научно-практической конференции, Воронеж, 10 декабря 2020 года / ВГУИТ. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. С. 79-81.

8. Разработка рецептуры хлеба с применением растительных добавок / Т.Н. Тертычная, С.В. Калашникова, Т.А. Пожидаева, С.С. Куликов // В сборнике: Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей II Международной научно-практической конференции в рамках междуна-

родного научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли. Под общей редакцией О.М. Поповой, Н.В. Неповинных, В.А. Буховец. Саратов, 2021. С. 426-429.

9. Сидельникова Н.А., Масловская Н.А., Ходыкин А.И. Использование добавок растительного происхождения в хлебопечении // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVI Международной научно-производственной конференции, Майский, 25 мая 2022 года. Том 2. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. С. 222-223.

10. Смирнова В.В., Сидельникова Н.А. Качество зерна озимой пшеницы в Белгородской области // Международные научные исследования. 2017. № 3 (32). С. 113-119.

11. Стрельникова М.В., Черкасова Э.И. Влияние нетрадиционного растительного сырья на пищевую ценность хлебобулочных изделий // Инновационная наука. 2016. № 5-3(17). С. 34-37.

12. Технология и применение порошкообразных пищевых добавок из растительного сырья / Л.Я. Родионова, Н.В. Сокол, Е.А. Ольхатов, Л.Н. Шубина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 131. С. 1389-1404.

13. Черноскутова А.Е., Степанов А.В. Совершенствование рецептуры пшеничного хлеба обогащающими добавками // Молодежь и наука. 2021. № 4.

14. Шмайлова Т.А., Сидельникова Н.А., Смирнова В.В. Разработка технологии производства хлеба функционального назначения // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции: сборник статей, Ижевск, 24-27 октября 2017 года. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Ижевская ГСХА". Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. С. 279-281.

15. Шмайлова Т.А., Смирнова В.В., Сидельникова Н.А. Изучение показателей качества муки // Международные научные исследования. 2017. № 3(32). С. 131-136.

### References

1. Volovik V.T. White mustard - meaning, use. Adaptive feed production, 2020, no. 2, pp. 41-67.

2. State Standard 27669-88 Wheat flour bakery. The method of trial laboratory baking of bread. Approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Committee for Standards of 30.03.88 No 922-art. Moscow: Standartinform Publ., 2007. 12 p.

3. State Standard R 58233- 2018 Wheat flour bread. Technical conditions. Approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated October 9, 2018 No 734-art. Moscow: Standartinform Publ., 2019. 13 p.

4. Malakhova M.V., Martynova E.G. The use of mustard powder in the production of bread. Gorin readings. Innovative solutions for agriculture: Proceedings of the International Scientific Conference, May, March 14-15, 2023, vol. 3. Maysky: Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2023, p. 251.

5. Martynova E.G., Maslovskaya N.A., Perepelitsa Yu.S. The use of unconventional raw materials in baking. Bulletin of KrasSAU, 2022, no. 12(189), pp. 196-202.

6. Improving the quality of flour confectionery by introducing non-traditional raw materials. E.N. Efremova [et al.]. Bulletin of KrasSAU, 2022, no. 2, pp. 190-198.

7. Search for new additives of plant origin to improve the chemical composition of bread. T. N. Tertychnaya, A. A. Shevtsov, S. S. Kulikov, T. A. Pozhidaeva. Food security: scientific, personnel and information support: Collection of scientific articles and reports of the VII International Scientific and Practical Conference, Voronezh, December 10, 2020. VSUET. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies Publ., 2021, pp. 79-81.

8. Development of bread recipes with the use of vegetable additives. T.N. Tertychnaya, S.V. Kalashnikova, T.A. Pozhidaeva, S.S. Kulikov. In the collection: Food technologies of the future:



innovations in the production and processing of agricultural products. Collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference within the framework of the international scientific and practical forum dedicated to the Day of Bread and Salt. Under the general editorship of O.M. Popova, N.V. Nevinykh, V.A. Bukhovets. Saratov, 2021, pp. 426-429.

9. Sidelnikova N.A., Maslovskaya N.A., Khodykin A.I. The use of vegetable additives in baking. Challenges and innovative solutions in agricultural science: Materials of the XXVI International Scientific and Production Conference, Maysky, May 25, 2022, vol. 2. Maysky: Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2022, pp. 222-223.

10. Smirnova V.V., Sidelnikova N.A. Quality of winter wheat grain in the Belgorod region. International scientific research, 2017, no. 3 (32), pp. 113-119.

11. Strelnikova M.V., Cherkasova E.I. Influence of non-traditional vegetable raw materials on the nutritional value of bakery products. Innovative science, 2016, no. 5-3(17), pp. 34-37.

12. Technology and application of powdered food additives from vegetable raw materials. L.Ya. Rodionova, N.V. Sokol, E.A. Olkhvatov, L.N. Shubina. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 2017, no. 131, pp. 1389-1404.

13. Chernoskutova A.E., Stepanov A.V. Improving the recipe of wheat bread with enriching additives. Youth and science, 2021, no 4.

14. Shmaylova T.A., Sidelnikova N.A., Smirnova V.V. Development of technology for the production of functional bread. Innovative potential of agricultural science of the XXI century: contribution of young scientists and researchers : materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference: collection of articles, Izhevsk, October 24-27, 2017. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Izhevsk State Agricultural Academy. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2017, pp. 279-281.

15. Shmaylova T.A., Smirnova V.V., Sidelnikova N.A. The study of flour quality indicators. International scientific research, 2017, no 3(32), pp. 131-136.

#### **Информация об авторах**

**Е.Г. Мартынова** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции;

**Ю.С. Перепелица** – преподаватель СПО;

**Н.А. Шарпова** – преподаватель СПО.

#### **Information about the authors**

**E.G. Martynova** – Candidate of Agricultural Sciences, senior lecturer of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products;

**Y.S. Perepelitsa** – teacher of secondary vocational education;

**N.A. Sharapova** – teacher of secondary vocational education.

Научная статья

УДК 637.524.24:637.04

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-39-49

## ВЛИЯНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ХРАНИМОСПОСОБНОСТЬ ЖАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Сложенкина Марина Ивановна<sup>1</sup>, Божкова Светлана Евгеньевна<sup>2</sup>,  
Скачков Дмитрий Александрович<sup>3</sup>, Серова Ольга Петровна<sup>4</sup>,  
Мирошник Алексей Сергеевич<sup>5</sup>✉, Данилов Юрий Дмитриевич<sup>6</sup>

<sup>1,5,6</sup>Поволжский научно-исследовательский институт производства и  
переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

<sup>1,2,3,4</sup>Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

<sup>1</sup>niimmp@mail.ru

<sup>2</sup>bozhkova@mail.ru

<sup>3</sup>dm-sk@mail.ru

<sup>4</sup>tpp@vstu.ru

<sup>5</sup>zxzxzx10@mail.ru✉

<sup>6</sup>niimmp@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты изучения возможности совместного использования в рецептуре жареной колбасы нутового экструдата и растительных добавок: сушеного любистока и семян фенхеля для повышения хранимостпособности и органолептических качеств мясной продукции. За основу (прототип) производства опытных образцов взята общепринятая технология производства жареной колбасы «Украинская». В рамках работы была разработана технология получения и определена оптимальная доза внесения изучаемых растительных ингредиентов, что позволило получить высокие органолептические показатели. Опытные образцы обладали пряным вкусом, коричневым цветом на разрезе, упругой консистенцией, приятным ароматом, свойственным данному виду продукта. Доказано положительное влияние изучаемых растительных добавок на динамику изменения показателей: КМАФАнМ, кислотного числа жира и окислительной устойчивости жира. При хранении опытных образцов в течение 15 суток при температуре  $(4\pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха  $(75\pm 5)\%$  эти показатели находились в пределах нормы для данного вида мясной продукции. Выход готового изделия образца №1 превосходил этот показатель у контрольного образца на 7%, а в случае образцов №2 и №3 – на 6% (78% и 77% соответственно), что можно объяснить образованием белково-углеводных комплексов при добавлении в продукт нутового экструдата, снижающего количество свободной влаги в мясной системе. Разработанные рецептуры жареных колбасных изделий дают возможность обогатить и разнообразить рацион питания потребителей. Аналогов в современном рынке колбасных изделий не выявлено, что является неотъемлемым преимуществом в реализации продукта.

**Ключевые слова:** колбасные изделия жареные, обогащенный продукт, растительные компоненты, нут, фенхель, любисток, хранимостпособность.

**Для цитирования:** Влияние нетрадиционных растительных компонентов на хранимостпособность жареных колбасных изделий / Сложенкина М.И., Божкова С.Е., Скачков Д.А., Серова О.П., Мирошник А.С., Данилов Ю.Д. // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.39-49. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-39-49>

Original article

## THE NON-TRADITIONAL HERBAL COMPONENTS INFLUENCE ON FRIED SAUSAGES STORABILITY

Marina I. Slozhenkina<sup>1</sup>, Svetlana E. Bozhkova<sup>2</sup>, Dmitriy A. Skachkov<sup>3</sup>,  
Olga P. Serova<sup>4</sup>, Alexei S. Miroshnik<sup>5</sup>✉, Yuriy D. Danilov<sup>6</sup>

<sup>1,5,6</sup>Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production,  
Volgograd, Russia

<sup>2,3,4</sup>Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

<sup>1</sup>niimmp@mail.ru

<sup>2</sup>bozhkova@mail.ru

<sup>3</sup>dm-sk@mail.ru

<sup>4</sup>tpp@vstu.ru

<sup>5</sup>zxzxzx10@mail.ru✉

<sup>6</sup>niimmp@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of studying the possibility of combined use of chickpea extrudate and herbal substances in the recipe for fried sausage: dried lovage and fennel seeds to obtain the preservation and organoleptic qualities of meat products. The prototype for the samples designed was the generally accepted fried sausage "Ukrainskaya" production technology. As part of the work, the obtaining technology was developed and optimal dose of the studied herbal ingredients was determined, which allowed to obtain high organoleptic indicators. The prototypes had a spicy taste, brown color on the cut, elastic consistency, pleasant aroma typical of this type of product. The positive effect of the studied herbal supplements on the dynamics of changes in indicators: total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, acid number of fat and oxidative stability of fat was established. Storing the samples for 15 days at a temperature of  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  and relative humidity  $(75 \pm 5)\%$ , revealed that these indicators were within the norm for this type of meat products. Finished product yeild of sample №1 exceeded this indicator in the control sample by 7%, and in the case of samples №2 and №3 – by 6% (78% and 77%, respectively), which can be interpret by the protein-carbohydrate complexes formation when chickpea extrudate is added to the product, reducing the amount of free moisture in the meat system. The developed recipes of fried sausages make it possible to fortify and diversify the diet of consumers. There are no analogues in the modern sausage market, which is an integral advantage in the product sale.

**Keywords:** fried sausages, fortified product, herbal ingredients, chickpeas, fennel, lovage, storability.

**For citation:** The non-traditional herbal components influence on fried sausages storability. Slozhenkina M.I., Bozhkova S.E., Skachkov D.A., Serova O.P., Miroshnik A.S., Danilov Yu.D. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 39-49. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-39-49>.

### Введение

Четвертая промышленная революция, свидетелями которой мы становимся, характеризуется появлением огромного количества принципиально новых информационных технологий, их внедрением во все сферы человеческой деятельности и интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида. Этот этап развития общества требует консолидации информационных ресурсов и сопряжен с увеличением доли населения, занятого в секторе ИТ-технологий, что является основной причиной изменения структуры трудоспособного населения Российской Федерации в сторону роста численности I группы физической активности по МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [17]. Такой процесс зачастую приводит к уменьшению общего потребления человеком пищевой продукции и, следовательно, макро- и микронутриентов, а также должен сопровождаться активной разработкой новых и корректировкой действующих рецептур продуктов питания, в том числе за счёт использования новых нетрадиционных ингредиентов.

Как отмечено в пункте 1 «Общие положения» стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р, на российском рынке имеет место



оборот продуктов, не адекватных потребностям большинства населения, в том числе с необоснованно высокой калорийностью [24].

Повышение биологической ценности возможно за счёт использования нетрадиционных растительных компонентов в рецептурах пищевых продуктов. Это позволит разнообразить ассортимент и повысить рентабельность продукции, в том числе за счет повышения потребительской привлекательности продуктов [2, 3, 20].

Как отмечают многие авторы, решение проблемы расширения ассортимента изделий колбасных жареных за счет использования оригинальных добавок, не только удовлетворяющих требованиям безопасности пищевой продукции, но и обладающих высокими органолептическими показателями и пищевой ценностью, хорошей сочетаемостью с другими компонентами пищевых продуктов, является на текущий момент весьма актуальным и значимым [1, 4, 25, 26].

В результате гидролитических или окислительных процессов, входящих в состав жиров мясных изделий, триглицериды и сопутствующие жироподобные вещества распадаются с образованием низкомолекулярных соединений, в том числе перекисей, альдегидов, свободных жирных кислот, кетонов и прочих продуктов. Это приводит не только к ухудшению вкусовых свойств продукта, но и к опасности нанесения серьезного вреда организму человека. В связи с этими изменениями колбасные изделия, в особенности колбасы жареные, становятся непригодными к использованию на пищевые цели. Поэтому важным аспектом разработки мясной продукции можно считать подбор компонентов, которые наряду с улучшением основных потребительских свойств увеличивали бы и сохраняемость пищевого изделия. В качестве таких компонентов предлагается к использованию растительное сырье – нут, фенхель и любисток.

Нут экструдированный – источник протеина, минеральных веществ, витаминов и клетчатки, а также он улучшает функционально-технологические показатели фаршевых систем при производстве из-за высокой влагопоглощающей и влагоудерживающей способности [27]. Фенхель хорошо известен и широко применяется в приготовлении пищи как пряность. Он содержит фенольные соединения, в том числе антиоксиданты – витамин В<sub>3</sub>, С, а также флаваноиды – кверцетин, рутин и разные кемпферол-гликозиды. Поэтому благодаря наличию в своем составе биологически активных веществ он придает и пищевому продукту общеукрепляющие, тонизирующие и противовоспалительные свойства. Любисток – лекарственное растение, используемое в диетическом питании. Благодаря содержанию фталидов, любисток оказывает мощное спазмолитическое действие, повышает аппетит и улучшает пищеварение. Во всех частях растения содержится эфирное масло, состоящее в основном из терпинеола, цинеола и карвакрола. Он имеет специфический пряный запах, поэтому широко используется в кулинарии.

Таким образом, целью настоящей работы являлась разработка рецептуры и способа производства колбасы жареной с нетрадиционными растительными компонентами, обладающей высокой пищевой ценностью и увеличенной хранимоспособностью.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследований являлась колбаса жареная с оригинальными растительными компонентами. Исследования проводились в условиях лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета и комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП.

План исследований включал в себя выбор и обоснование рецептурных ингредиентов, разработку оригинальных рецептур, определение показателей пищевой ценности и выхода продукции, а также оценку сроков хранения опытных образцов жареных колбас.

В условиях лаборатории кафедры технологии пищевых производств ВолГТУ были составлены рецептуры, подобрано мясное и растительное сырье. Для оптимизации технологии производства изделий колбасных жареных с использованием оригинальных компонентов проводились пробные выработки экспериментальных образцов. Были изготовлены 4 партии

колбасы жареной, в том числе с оригинальными растительными компонентами. В качестве первой (контрольный образец) принята жареная колбаса «Украинская», выработанная по классической технологии и рецептуре, где в качестве основного сырья выступает свинина жилованная полужирная (образец №1) [19]. Вторая, третья и четвертая партии производились по оригинальной технологии и рецептуре с добавлением растительного сырья – нута, фенхеля и любистока соответственно. Во второй партии (образец №2) – в рецептуру вводилась добавка экструдированного гидратированного нута в количестве 3 %. В рецептуру третьей и четвертой партии (образец №3 и №4), помимо такого же количества нута вводилась соответственно добавка семян фенхеля и любисток.

Производство исследуемых образцов жареных колбас проводили в соответствии с действующей нормативной и технической документацией ГОСТ 31501-2012 по общепринятой технологии [8]. Выработка четырех партий исследуемых образцов колбасы жареной проводилась в 2022 году на базе экспериментального колбасного цеха УНЦ «Технолог» ВолгГТУ, от которых в дальнейшем отобраны пробы для исследования. Масса каждого изделия – не менее 250 г.

Отбор от партий и подготовку проб исследуемых жареных колбас проводили по ГОСТ 9792-73; ГОСТ Р 51447-99; ГОСТ Р 50779.12-2021 [12, 14, 15].

Органолептические показатели опытных образцов (внешний вид, вкус и запах, цвет, консистенция и структура, вид на разрезе) определяли по ГОСТ 9959-2015 по общепринятой балльной методике. Для эксперимента была принята следующая 5-ти балльная шкала оценки: 1 балл – неудовлетворительно; 2 балла – удовлетворительно; 3 балла – хорошо; 4 балла – очень хорошо; 5 баллов – отлично.

Физико-химические показатели изучали по следующим общепринятым методикам: массовая доля белка – по ГОСТ 25011-2017; массовая доля жира – по ГОСТ 23042-2015; массовая доля углеводов – расчетным методом по рецептурной закладке и по ГОСТ 33319-2015, ГОСТ 34134-2017 [5, 6, 9, 10]. Энергетическая ценность продукта определялась расчетным методом по ТР ТС 022/2011 с учетом энергетического вклада белкового, жирового и углеводного компонентов в продукт. Выход продукта определяли гравиметрическим методом. Для оценки хранимоспособности исследуемых образцов периодически в течение 15 дней определялись: микробиологические показатели - количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) по ГОСТ Р 54354-2011, ГОСТ 26670-91, ГОСТ ISO 7218-2015; кислотное число жира по ГОСТ 8285-91; окислительная устойчивость жиров, содержащихся в продукте, методом окисления в анализаторе окислительной стабильности Oxitest при стабильно высокой температуре (90°C) и давлении (6 атм.). Во время анализа в камере происходит постоянный контроль изменения абсолютного давления, которое происходит вследствие потребления кислорода при окислении. Благодаря высокой температуре и давлению окислительный процесс протекает гораздо интенсивнее по сравнению с нормальными условиями, что позволяет достаточно быстро определить устойчивость анализируемого продукта к прогорканию. Результатом испытания является величина «индукционного периода» – это время (час, мин), необходимое для проявления конечной точки окисления (изменение интенсивности окисления жира), при этом в камере фиксируется уменьшение давления, и на кривой окисления наблюдается перегиб. Чем длиннее «индукционный период», тем выше устойчивость жиров, содержащихся в продукте, к прогорканию (окислению), а следовательно и срок хранения продукта будет более продолжительным [7, 11, 13, 16].

Срок хранения определялся путём выдержки продукта в рекомендуемых согласно ГОСТ 31501-2012 условиях хранения с периодическим анализом органолептических и микробиологических показателей образцов [8]. Опытные данные обрабатывались с применением статистического анализа данных, анализировались путём методов сопоставления, аналогии и систематизации.

### **Результаты исследований**

За основу (прототип) производства опытных образцов взята общепринятая технология

производства жареной колбасы «Украинская» [19]. Она включает следующие этапы: подготовку сырья, фаршесоставление, набивку фарша в оболочку, связывание батонов и их жарку в жарочном шкафу, затем идет охлаждение в течение 6 - 8 ч, после чего колбасные изделия упаковывают и отправляют на склад готовой продукции для дальнейшей реализации.

Разработанная нами технология жареных колбас имеет отличия на этапе подготовки сырья. Так, предполагается обработка зерен нута перед использованием путём экструдирования и последующего гидратирования в холодной питьевой воде в соотношении 1:5 с целью размягчения структуры зерна. Кроме того, семена фенхеля предварительно обжаривают в течение двух минут, затем добавляют к остальным пряностям. Любисток сушеный не требует подготовки и добавляется вместе с остальными дополнительными ингредиентами [18, 21, 22]. Оптимизация экспериментальной рецептуры жареной колбасы заключалась в выявлении такого сочетания ингредиентов, которые позволили бы достичь высоких вкусовых характеристик, привлекательного внешнего вида продукта и более длительного срока хранения. Для этого были разработаны варианты оптимизации рецептуры, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Оптимизация рецептуры экспериментальных образцов жареной колбасы

Ингредиент	Наименование продукта, кг на 100 кг несоленого сырья			
	контрольный образец	образец 1	образец 2	образец 3
Свинина полужирная	85,0	85,0	85,0	85,0
Жир-сырец	15,0	15,0	15,0	15,0
ИТОГО	100,0	100,0	100,0	100,0
Соль поваренная пищевая	1,8	1,8	1,8	1,8
Нут экструдированный гидратированный	-	18,0	18,0	18,0
Фенхель (семена)	-	-	0,2	-
Любисток	-	-	-	0,5
Комплексная добавка	0,5	0,5	0,5	0,5
ВСЕГО	102,3	120,3	120,5	120,8

По представленным в таблице 1 рецептурам произведены четыре партии жареных колбас. В рецептурах образцов №1, №2 и №3 используются изучаемые добавки в оптимальном количестве, определенном согласно предварительным выработкам модельных образцов с учетом основных характеристик фаршей. Отклонение количества компонентов рецептур от рекомендуемых приводит к ухудшению органолептических и функционально-технологических свойств фаршей.

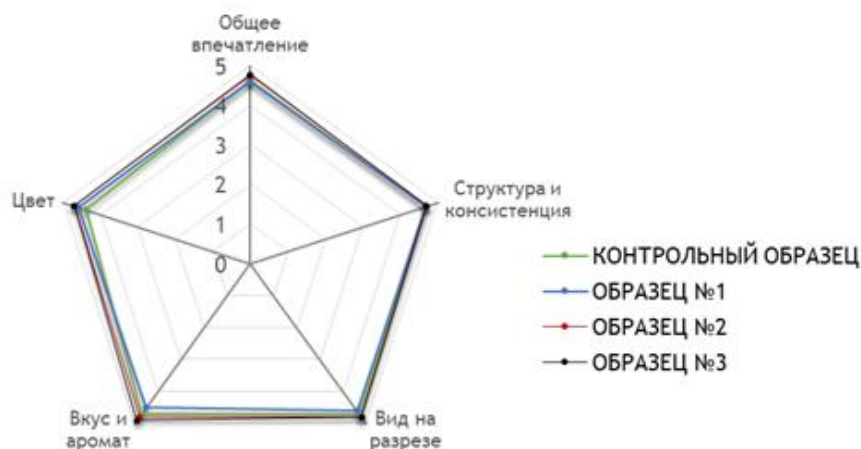


Рисунок 1. Профилограмма органолептической оценки исследуемых образцов колбасы жареной

В результате оптимизации рецептур опытных образцов удалось достичь высоких органолептических показателей при сбалансированном сочетании компонентов.

Органолептическая оценка исследуемых рецептур опытных образцов проводилась с целью определения эффективности использования различных наполнителей в составе колбас.

Согласно общепринятым методикам органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале. Результаты представлены на профилограмме в рис. 1.

Проведенная органолептическая оценка показала, что во всех опытных образцах на разрезе слабо различимы включения экструдированного нута. Значимых отличий в структуре и консистенции у выработанных в рамках эксперимента образцов не наблюдалось. Также у образца №2 заметен приятный аромат фенхеля, а у образца №3 – любистка.

В результате исследования химического состава продуктов было выявлено, что все опытные образцы обладают пониженным содержанием белка и, как следствие, энергетической ценностью по сравнению с контрольным образцом, за счет добавления в рецептуру экструдированного нута (табл. 2).

Таблица 2. Пищевая ценность исследуемых образцов жареной колбасы

Образцы	Показатели			
	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	Энергетическая ценность, ккал в 100 г продукта
Контрольный образец	14,0±0,1	50,0±0,1	0,1±0,1	506,6±1,7
Образец №1	12,8±0,3	43,1±0,2	1,7±0,2	445,9±3,8
Образец №2	12,8±0,2	42,9±0,1	1,7±0,1	444,1±2,1
Образец №3	12,7±0,2	43,0±0,2	1,8±0,1	445,0±3,0

Нормирование выхода колбасных изделий направлено на установление порядка в расходовании основного сырья мясного производства с целью рационального его использования и обеспечения выработки продукции, соответствующей действующим показателям качества. В результате эксперимента установлено, что по выходу готового продукта образцы №1, №2 и №3 превосходят контрольный образец. Это можно объяснить снижением количества свободной влаги в мясном фарше вследствие образования белково-углеводных комплексов после внесения в него нутевого экструдата (рис. 2).

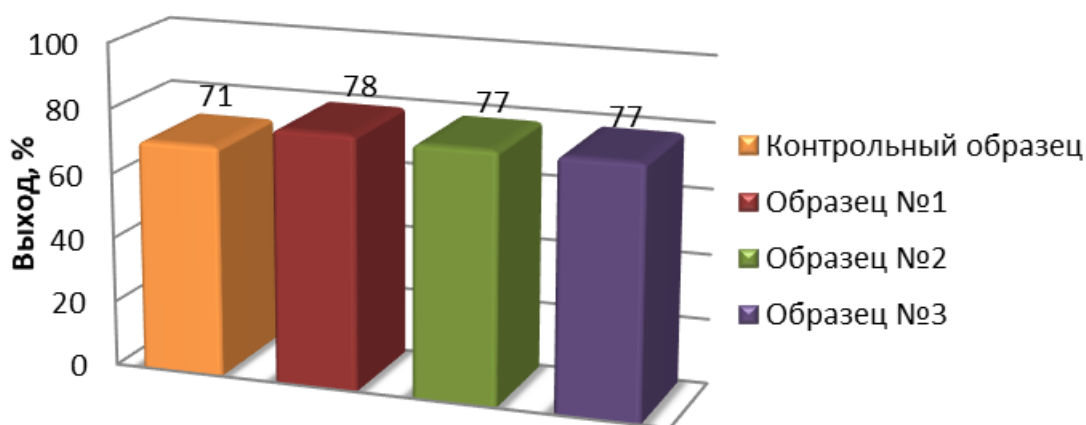


Рисунок 2. Выход продукта у исследуемых образцов колбасы жареной

Согласно ГОСТ 31501-2012 «Колбасы жареные. Технические условия» жареные колбасы, в том числе «Украинская», взятые за контрольный образец, имеют рекомендованный срок годности целыми батонами без использования вакуума или модифицированной газовой среды и без регуляторов кислотности 5 суток, а с их использованием – 10-15 суток, в том

числе на предприятии-изготовителе – не более 6 суток. В связи с этим нами был выбран период хранения и поставлен опыт в течение 15 суток. Исследуемые образцы в охлажденном состоянии хранили при температуре  $(4\pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха 75-78%. В течение периода хранения во всех опытных образцах жареных колбас оценивали хранимоспособность, для чего определяли следующие показатели: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов; кислотное число жира; окислительную устойчивость жира. Включение в рецептуру жареной колбасы растительной добавки экструдированного нута, а также любистока и фенхеля положительно влияет на хранимоспособность готового продукта (табл. 3).

Таблица 3. КМАФАнМ в исследуемых образцах жареной колбасы, КОЕ/г

Образцы	Продолжительность хранения, сут		
	5	10	15
Контрольный образец	$2 \times 10^2$	$5,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^4$
Образец 1	$1 \times 10^2$	$2,7 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$
Образец 2	$1 \times 10^2$	$2,2 \times 10^3$	$1,7 \times 10^4$
Образец 3	$1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^3$	$1,3 \times 10^4$

Норма КМАФАнМ для данного вида продукции – не более  $2 \times 10^4$  КОЕ в 1 г продукта. Лучшие показатели качества жировой фракции готового продукта при хранении зафиксированы в образцах с использованием фенхеля и любистока, что объясняется проявлением антиоксидантных свойств при их добавлении к высоколипидным мясным системам. Следует отметить, что достоверной разницы между ними не обнаружено (табл. 4).

Таблица 4. Динамика кислотного числа жира опытных образцов колбасы жареной при хранении

Период хранения	Кислотное число, мг КОН/г			
	Контрольный образец	Образец №1	Образец №2	Образец №3
5 суток	$3,03 \pm 0,03$	$2,98 \pm 0,01$	$2,91 \pm 0,02$	$2,89 \pm 0,02$
10 суток	$3,47 \pm 0,05$	$3,41 \pm 0,04$	$3,36 \pm 0,02$	$3,33 \pm 0,05$
15 суток	$3,66 \pm 0,02$	$3,59 \pm 0,03$	$3,51 \pm 0,01$	$3,47 \pm 0,03$

Наибольшей окислительной устойчивостью жира к прогорканию обладает опытный образец № 2 (рис. 3).

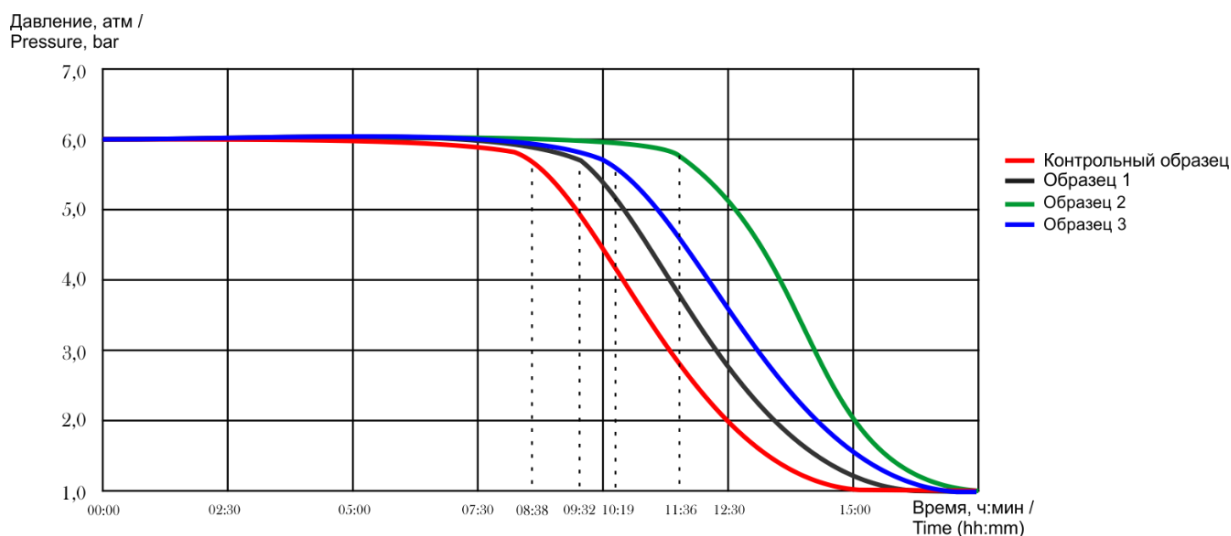


Рисунок 3. Результаты испытания стойкости к окислению жира (прогорканию) исследуемых образцов колбасы жареной



Индукционный период у него оказался наибольшим и составил 11 минут 36 секунд. Наименьшее время до конечной точки окисления оказалось у контрольного образца и составило 8 минут 38 секунд. Опытные образцы №1 и №3 заняли промежуточное положение. При этом образец №3, содержащий любисток, имел больший индукционный период и, следовательно, его устойчивость к прогорканию выше.

### **Выводы**

1. В результате проведенной работы было установлено положительное влияние экструдированного нута, фенхеля и любистока на хранимоспособность жареных колбас.

2. Показатели КМАФАнМ, кислотного числа жира и окислительной устойчивости жира при хранении образцов в течение 15 суток при температуре  $(4\pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха  $(75\pm 5)\%$  находились в пределах нормы.

3. Выход готового изделия образца №1 (с добавлением экструдированного нута) превосходил этот показатель у контрольного образца на 7%, а в случае образцов № 2 (с добавлением экструдированного нута и семян фенхеля) и № 3 (с добавлением экструдированного нута и любистока) – на 6% (78% и 77% соответственно), что можно объяснить образованием белково-углеводных комплексов при добавлении в продукт нутового экструдата, снижающего количество свободной влаги в мясной системе.

4. Не выявлено аналогов разработанной продукции на современном рынке колбасных изделий, что является неотъемлемым преимуществом в реализации продукта.

### **Список литературы**

1. Братвурст – различные виды колбасы для жарки / Й. Йандасек, Р. Лаутеншлегер, М. Лиховникова, М. Оштадалова // Журнал «Все о мясе». 2015. №3. С. 38-43.

2. Величко Н.А., Пьянзина А.А. Разработка рецептуры и технологии мясного рубленого полуфабриката с растительным компонентом // Вестник КрасГАУ. 2020. №3 (156). С. 164-170.

3. Влияние растительных компонентов на характеристики полуфабрикатов рубленых в оболочке / А.Д. Тимофеева, В.Н. Храмова, К.С. Федосеев, В.В. Пузанова // Известия НВ АУК. 2018. № 2(50). С. 245-251.

4. Гетманец В.Н. Производство некоторых видов полукопченых колбас // Вестник АГАУ. 2017. №3 (149). С. 171-175.

5. ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. Введен в действие 01.01.2017. Москва: Стандартинформ, 2019. 9 с.

6. ГОСТ 25011-2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. Введен в действие 01.07.2018. Москва: Стандартинформ, 2018. 14 с.

7. ГОСТ 26670-91. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов. Введен в действие 01.01.1993. Москва: Стандартинформ, 2008. 8 с.

8. ГОСТ 31501-2012. Колбасы жареные. Технические условия. Введен в действие 01.07.2013. Москва: Стандартинформ, 2014. 16 с.

9. ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. Введен в действие 01.07.2016. Москва: Стандартинформ, 2019. 6 с.

10. ГОСТ 34134-2017. Мясо и мясные продукты. Метод определения состава свободных углеводов. Введен в действие 01.07.2018. Москва: Стандартинформ, 2019. 10 с.

11. ГОСТ 8285-91. Жиры животные топленые. Правила приемки и методы испытания. Введен в действие 01.07.1992. Москва: Стандартинформ, 2015. 12 с.

12. ГОСТ 9792-73. Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб. Введен в действие 01.07.1974. Москва: Стандартинформ, 2009. 5 с.

13. ГОСТ ISO 7218-2015. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям. Введен в действие 01.07.2016. Москва: Стандартинформ, 2016. 70 с.



14. ГОСТ Р 50779.12-2021. Статистические методы. Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции. Введен в действие 01.01.2022. Москва: Стандартинформ, 2021. 15 с.
15. ГОСТ Р 51447-99. Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб. Введен в действие 01.01.2001. Москва: Стандартинформ, 2018. 7 с.
16. ГОСТ Р 54354-2011. Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа. Введ. в действие 01.01.2013. Москва: Стандартинформ, 2013. 38 с.
17. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Введены в действие 18.12.08. Москва, 2008. 39 с.
18. Основы технологии колбасного производства / А.А. Нестеренко, М.Б. Ребезов, Н.В. Кенийз, О.В. Зинина, Э.К. Оксханова // Сер. Продукты питания животного происхождения. Алматы, 2017. С. 108-128.
19. Патент № 2204919 С1 Российская Федерация, МПК А23L1/317 Колбаса украинская жареная и способ ее производства: N 2002126747/13; заявл. 10.08.2002; опубликовано 27.05.2003 // заявитель А.В. Федосеев; патентообладатель В.С. Геута, С.Н. Селиванов. 4 с.
20. Пути повышения сохранности природных антиоксидантов в мясных изделиях / Б.А. Баженова, С.Д. Жамсаранова, Н.Д. Замбулаева, Ю.Ю. Забалуева, А.В. Герасимов, Э.В. Сынгеева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. № 1(32). С. 84-94.
21. Развитие технологий функциональных и специализированных продуктов питания животного происхождения / Т.И. Бурцева, М.Б. Ребезов, Б.К. Асенова, С.В. Стадникова. Алматы, 2019. С. 79-91.
22. Разработка технологии производства мясорастительных колбасных изделий / А.А. Даутова, К.Ж. Амирханов, С.К. Касымов [и др.] // Качество продукции, технологий и образования: материалы XV Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 30 апреля 2020 года. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2020. С. 100-103.
23. Справочник технолога колбасного производства: справочное издание / ред.: И.А. Рогов, А.Г. Забашта сост.: Б.Е. Гутник, Р.М. Ибрагимов, Л.Ф. Митасева. Москва: Колос, 1993. С. 34-42.
24. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. Введена в действие 29.06.2016. Москва, 2016. 19 с.
25. Стрельникова И.И. Совершенствование технологии изготовления натуральной колбасы // Студенческая наука и XXI век. 2019. № 1-1 (18). С. 129-131.
26. Danilov Y.D., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Y. Extruded chickpea and wheat in technology of sausage products of enhanced biological value. Progress in Nutrition. 2019. No. 21(3). Pp. 610-619.
27. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Danilov Yu.D., Mosolova N.I., Zlobina E.Yu., Natyrov A.K. Research of storage terms of products functional appointment with addition of vegetable ingredient. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 8. Pp. 14992-14997.

#### **References**

1. Bratwurst - various types of sausage for frying. J. Yandasek, R. Lautenschleger, M. Likhovnikova, M. Oshtadalova. All about meat, 2015, no. 3, pp. 38-43.
2. Velichko N.A., Pyanzina A.A. Development of the formulation and technology of minced meat semi-finished product with a vegetable component. Bulletin of KrasSAU, 2020, no. 3 (156), pp. 164-170.

3. The influence of plant components on the characteristics of semi-finished products chopped in the shell. A.D. Timofeeva, V.N. Khramova, K.S. Fedoseev, V.V. Puzanova. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*, 2018, no. 2(50), pp. 245-251.
4. Getmanets V.N. Production of some types of semi-smoked sausages. *Bulletin of ASAU*, 2017, no. 3 (149), pp. 171-175.
5. State standard 23042-2015. Meat and meat products. Methods for determining fat. Enacted 01.01.2017. Moscow: Standartinform Publ., 2019. 9 p.
6. State standard 25011-2017. Meat and meat products. Methods for protein determination. Enacted 07.01.2018. Moscow, 2018. 14 p.
7. State standard 26670-91. Food products. Methods for cultivating microorganisms. Enacted 01.01.1993. Moscow: Standartinform Publ., 2008. 8 p.
8. State standard 31501-2012. Fried sausages. Technical conditions. Enacted 07.01.2013. Moscow: Standartinform Publ., 2014. 16 p.
9. State standard 33319-2015. Meat and meat products. Method for determining the mass fraction of moisture. Enacted 07.01.2016. Moscow: Standartinform Publ., 2019. 6 p.
10. State standard 34134-2017. Meat and meat products. Method for determining the composition of free carbohydrates. Enacted 07.01.2018. Moscow: Standartinform Publ., 2019. 10 p.
11. State standard 8285-91. Rendered animal fats. Acceptance rules and test methods. Enacted 07.01.1992. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 12 p.
12. State standard 9792-73. Sausages and products from pork, lamb, beef and meat of other types of slaughtered animals and birds. Acceptance rules and sampling methods. Enacted 07.01.1974. Moscow: Standartinform Publ., 2009. 5 p.
13. State standard ISO 7218-2015. Microbiology of food products and animal feed. General requirements and recommendations for microbiological studies. Enacted 07.01.2016. M.: Standartinform Publ., 2016. 70 p.
14. State standard R 50779.12-2021. Statistical methods. Statistical quality control. Methods for random selection of samples of piece goods. Enacted 01.01.2022. Moscow: Standartinform Publ., 2021. 15 p.
15. State standard R 51447-99. Meat and meat products. Sampling methods. Enacted 01.01.2001. Moscow: Standartinform Publ., 2018. 7 p.
16. State standard R 54354-2011. Meat and meat products. General requirements and methods of microbiological analysis. Enacted 01.01.2013. Moscow: Standartinform Publ., 2013. 38 p.
17. Methodological recommendations 2.3.1.2432-08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Introduction. 18.12.08. Moscow, 2008. 39 p.
18. Fundamentals of sausage production technology. A.A.Nesterenko, M.B. Rebezov, N.V. Keniz, O.V. Zinina, E.K. Okuskhanova. Ser. Food products of animal origin. Almaty, 2017, pp. 108-128.
19. Patent No. 2204919 C1 Russian Federation, IPC A23L1.317 Ukrainian fried sausage and its production method: N 2002126747/13; application 10.08.2002; published 27.05.2003, applicant A.V. Fedoseev; patent holder V.S. Geuta, S.N. Selivanov. 4 p.
20. Ways to improve the preservation of natural antioxidants in meat products. B.A. Bazhenova, S.D. Zhamsaranova, N.D. Zambulaeva, Yu.Yu. Zabalueva, A.V. Gerasimov, E.V. Syngeeva. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2020, no. 1(32), pp. 84-94.
21. Development of technologies of functional and specialized food products of animal origin. T.I. Burtseva, M.B. Rebezov, B.K. Asenova, S.V. Stadnikova. Almaty, 2019, pp. 79-91.
22. Development of technology for the production of meat-growing sausage products. A.A. Dautova, K.Zh. Amirkhanov, S.K. Kasymov [et al.]. Quality of products, technologies and education : materials of the XV International Scientific and Practical Conference, Magnitogorsk, April 30, 2020. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, 2020, pp. 100-103.

23. Handbook of sausage production technologist : reference edition. Ed.: I.A. Rogov, A.G. Zabashita; comp.: B.E. Gutnik, R.M. Ibragimov, L.F. Mitaseva. Moscow: Kolos Publ., 1993, pp. 34-42.

24. Strategy on improvement of the quality of food products in the Russian Federation until 2030, adopted by the Governmental Order of 29 June 2016. 19 p.

25. Strelnikova I.I. Improving the technology of making natural sausage. Student science and the 21st century, 2019, no. 1-1(18), pp. 129-131.

26. Danilov Yu.D., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Y. Extracted chickpea and wheat in technology of sausage products of enhanced biological value. Progress in Nutrition, 2019, no. 21(3), pp. 610-619.

27. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Danilov Yu.D., Mosolova N.I., Zlobina E.Yu., Natyrov A.K. Research of storage terms of products functional appointment with addition of vegetable ingredient. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences, 2019, vol. 6, no. 8, pp. 14992-14997.

### **Информация об авторах**

**М.И. Сложенкина** – доктор биологических наук, профессор, директор;

**С.Е. Божкова** – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств,

**Д.А. Скачков** – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств;

**О.П. Серова** – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств;

**А.С. Мирошник** – кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела производства продукции животноводства;

**Ю.Д. Данилов** – кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела производства продукции животноводства.

### **Information about the authors**

**M.I. Slozhenkina** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director;

**S.E. Bozhkova** – Cand. Sci. (Bio.), Associate professor of the Department of food production technology;

**D.A. Skachkov** – Cand. Sci. (Bio.), Associate professor of the Department of food production technology;

**O.P. Serova** – Cand. Sci. (Bio.), Associate professor of the Department of food production technology;

**A.S. Miroshnik** – Cand. Sci. (Tech.), Junior researcher of the Department of Livestock Production;

**Yu.D. Danilov** – Cand. Sci. (Tech.), Junior researcher of the Department of Livestock Production.

Научная статья

УДК 664.8

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-50-58

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Питюрина Ирина Сергеевна<sup>1✉</sup>, Евсенина Марина Владимировна<sup>2</sup>,  
Зубкова Татьяна Владимировна<sup>3</sup>, Дубровина Ольга Алексеевна<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Академия ФСИН России, Рязанская область, Рязань, Россия

<sup>2</sup>Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязанская область, Рязань, Россия

<sup>3,4</sup>Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

<sup>1</sup>piturina@yandex.ru✉

<sup>2</sup>marina.vlady@mail.ru

<sup>3</sup>zubkovatanua@yandex.ru

<sup>4</sup>laboratoria101@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена изучению влияния чечевичной муки на качество и пищевую ценность биточков из индейки с целью повышения пищевой ценности. Одной из важнейших задач пищевой промышленности является обеспечение всех категорий потребителей качественными и безопасными продуктами питания с учетом нужного количества микро- и макронутриентов. Неблагоприятная экологическая ситуация в крупных городах вызывает необходимость обогащения продуктов биологически активными веществами, балансирование аминокислотного, жирнокислотного состава. Большое внимание уделяют содержанию в продуктах минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон. Современные тенденции развития пищевой промышленности направлены на создание продуктов с оптимальным комбинированием белоксодержащих пищевых компонентов для получения высококачественных и биологически полноценных продуктов питания. Одним из перспективных источников растительного сырья, содержащего полноценный белок, является мука бобовых культур. Среди продуктов данной группы выделяют чечевицу, горох, нут и сою, которые отличаются не только высоким содержанием белка, но и достаточно сбалансированным аминокислотным составом. В связи с этим целью исследований явилось повышение пищевой ценности биточков из индейки путем применения чечевичной муки. Для достижения поставленной цели был поставлен ряд задач. По результатам органолептической и дегустационной оценок можно сделать вывод, что наилучшие показатели имеет вариант с 10% заменой мясного сырья чечевичной мукой. Именно он обладал наиболее сбалансированным вкусом и ароматом, сохранил все достоинства контрольного образца данного блюда, но дополнительно приобрел приятный привкус чечевицы. Масса выхода биточков превысила массу контрольного образца на 19 г, что является предпосылкой для получения дополнительной прибыли при реализации изделий на предприятии общественного питания.

**Ключевые слова:** биточки, индейка, чечевица, мука, качество, пищевая ценность, технология производства, экономическая эффективность.

**Для цитирования:** Технология производства мясных рубленых изделий повышенной пищевой ценности с использованием муки бобовых культур / И.С. Питюрина, М.В. Евсенина, Т.В. Зубкова, О.А. Дубровина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 50-58. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-50-58>.

Original article

## TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF MINCED MEAT PRODUCTS OF INCREASED NUTRITIONAL VALUE USING FLOUR OF LEGUMES

Irina S. Piturina<sup>1✉</sup>, Marina V. Evsenina<sup>2</sup>, Tatiana V. Zubkova<sup>3</sup>, Olga A. Dubrovina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan region, Ryazan, Russia

<sup>2</sup>Ryazan State Agrotechnological University named After P.A. Kostychev, Ryazan region, Ryazan, Russia

<sup>3,4</sup>Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

<sup>1</sup>piturina@yandex.ru✉

<sup>2</sup>marina.vlady@mail.ru

<sup>3</sup>zubkovatanua@yandex.ru

<sup>4</sup>laboratoria101@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of the influence of lentil flour on the quality and nutritional value of turkey meatballs in order to increase the nutritional value. One of the most important tasks of the food industry is to provide all categories of consumers with high-quality and safe food products, taking into account the necessary amount of micro- and macronutrients. The unfavorable environmental situation in large cities causes the need to enrich products with biologically active substances, balancing the amino acid, fatty acid composition. Much attention is paid to the content of minerals, vitamins and dietary fiber in the products. Modern trends in the development of the food industry are aimed at creating products with an optimal combination of protein-containing food components to obtain high-quality and biologically complete food products. One of the promising sources of vegetable raw materials containing high-grade protein is the flour of legumes. Among the products of this group are lentils, peas, chickpeas and soy, which differ not only in high protein content, but also in a fairly balanced amino acid composition. In this regard, the aim of the research was to increase the nutritional value of turkey meatballs by using lentil flour. To achieve this goal, a number of tasks were set. Based on the results of organoleptic and tasting assessments, it can be concluded that the best indicators are the option with 10% replacement of meat raw materials with lentil flour. It was he who had the most balanced taste and aroma, retained all the advantages of the control sample of this dish, but additionally acquired a pleasant taste of lentils. The mass of the output of the cue balls exceeded the mass of the control sample by 19 g, which is a prerequisite for obtaining additional profit when selling products at a catering company.

**Keywords:** meatballs, turkey, lentils, flour, quality, nutritional value, production technology, economic efficiency.

**For citation:** Technology of production of minced meat products of increased nutritional value using flour of legumes. I.S. Piturina, M.V. Evsenina, T.V. Zubkova, O.A. Dubrovina. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 4(30), pp. 50-58. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-50-58>.

### Введение

Организация питания населения страны должна осуществляться на научной основе, что позволит обеспечить его безопасность, а также увеличить долю свободного времени потребителей и повысить эффективность его использования.

Основой для развития отрасли общественного питания служит разработка новых технологий производства продукции, внедрение достижений научно-технического прогресса. Особое внимание уделяют обеспеченности рынка сырьем и полуфабрикатами [2, 8].

Современные научные разработки направлены на совершенствование традиционных рецептов путем повышения пищевой и биологической ценности за счет использования нетрадиционных компонентов. Продукты с обогащенным составом предназначены для профилактики развития алиментарных заболеваний и укрепления здоровья населения [10].



Перспективным является обогащение продуктов массового спроса, к которым относят изделия из мяса птицы. В последние годы все большую популярность набирает мясо индейки за счет диетических и кулинарных достоинств. Одними из наиболее востребованных продуктов на рынке являются рубленые изделия из индейки [6]. Именно их состав рекомендуется обогащать дополнительными ингредиентами, в том числе и растительного происхождения.

В последние годы объектом пристального внимания и серьезного изучения технологов пищевой промышленности стали зернобобовые культуры и мука из этого сырья. Их применение позволяет экономить мясное сырье при одновременном повышении пищевой и биологической ценности изделий [9].

Одной из наиболее привлекательных культур для использования в качестве добавки в технологии производства мясорастительных продуктов является чечевица [3, 5].

В ней содержится почти 80 различных полезных веществ. Семя богато растительным белком, обогащает человеческий организм селеном, углеводами, жирами, фолиевой кислотой [3]. Чечевица поставляет органам и системам организма кальций, калий, фосфор, магний, марганец, кремний, железо. Чечевица полезна при нервных перенапряжениях и необходима для нормальной работы сердца. Продукт легко усваивается организмом [5].

Чечевица может стать прекрасной составляющей диетического питания, поскольку в ней содержится растительная клетчатка. Неоценима ее польза, как низкокалорийного продукта. В 100 граммах чечевицы всего 120 ккал. Белки и клетчатка работают синергетически, замедляя пищеварение, что способствует быстрому наступлению сытости. Кроме того, белок может увеличить в организме уровень гормонов, снижающих аппетит. Фактически эффект насыщения в результате получения белка и клетчатки из чечевицы может автоматически снижать потребление калорий в течение дня во время еды [4].

В некоторых исследованиях было выявлено, что качество белка в чечевице выше, чем в других видах бобовых культур. Это связано с тем, что чечевица содержит почти все незаменимые аминокислоты, за исключением метионина. По этой причине ее нельзя отнести к идеальным источникам белка. Чтобы убедиться, что рацион содержит все аминокислоты, важно объединить чечевицу с другим источником белка, например, с мясными продуктами [7, 10].

Исходя из выше сказанного, можно определить цель проводимого исследования – повышение пищевой ценности биточков из индейки путем применения чечевичной муки [1, 6].

Для достижения поставленной цели был определен ряд задач: разработать технологию и рецептуру биточков из индейки с использованием чечевичной муки; произвести определение органолептических показателей качества готового блюда; произвести расчёт пищевой и энергетической ценности биточков из индейки с использованием чечевичной муки; определить экономическую эффективность введения в рецептуру биточков из индейки и чечевичной муки.

### **Материалы и методы исследований**

Исходя из поставленной цели и ряда задач, объектами исследования явились образцы биточков из индейки с частичной заменой мясного сырья на чечевичную муку, а также контрольный образец биточков из индейки, изготовленный по традиционной рецептуре.

Исследования проводились на базе ФГБОУ ВО «РГАТУ» в 2022 году. Изготовление опытных образцов и контрольного осуществлялось из одной партии сырья.

Введение чечевичной муки проводилось в следующих пропорциях: 1 вариант - ввести 5% от массы мяса индейки на чечевичную муку; 2 вариант - ввести 10% от массы мяса индейки на чечевичную муку; 3 вариант - ввести 15% от массы мяса индейки на чечевичную муку. Рецептура контрольного образца и опытных образцов представлена в таблице 1.



Таблица 1. Рецептúra контрольного и варианта опытных образцов биточков, г

Наименование сырья	Контроль	5% чечевичной муки	10% чечевичной муки	15% чечевичной муки
Индейка (филе)	74,0	70,3	66,6	62,9
Чечевичная мука	-	3,7	7,4	11,1
Хлеб пшеничный	18,0	18,0	18,0	18,0
Сливки	24,0	24,0	24,0	24,0
Вода	-	7,4	14,8	22,2
Соль поваренная	1,0	1,0	1,0	1,0
Итого	117,0	124,4	131,8	139,2

Приготовление биточков осуществлялось согласно технологической схеме, представленной на рисунке 1.

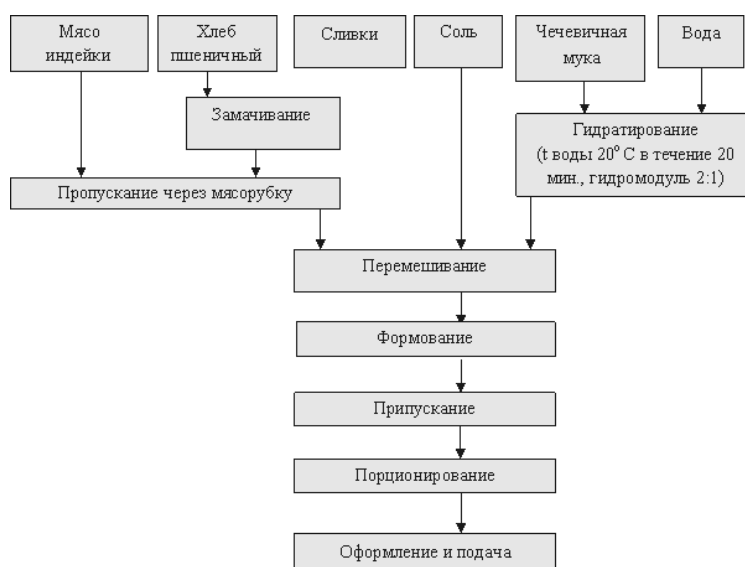


Рисунок 1. Технологическая схема приготовления биточков с чечевичной мукой

Качество биточков из индейки определяли согласно ГОСТ 31987-2012 «Услуги общественного питания. Технологические документы на продукцию общественного питания. Общие требования к оформлению, построению и содержанию». Органолептические показатели определялись по ГОСТ 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания».

Определение пищевой и энергетической ценности проводилось по справочнику «Химический состав российских пищевых продуктов» И.М. Скурихина.

### Результаты исследований и их обсуждение

Основное сырьё, используемое для производства биточков в исследованиях, представлено на рисунке 2.



а



б

Рисунок 2. Сырьё для биточков:

а) основное сырьё (мясо индейки, сливки, хлеб); б) чечевичная мука

При проведении органолептических исследований можно сделать вывод, что вариант с введением 10% от массы мяса индейки чечевичной муки продемонстрировал наилучший результат по показателям качества (рис. 3).



Рисунок 3. Вид на разрезе образцов биточков из индейки

Замена мясного сырья на чечевичную муку негативно отразилась на сочности котлет. Несмотря на то, что чечевичная мука способна впитывать и удерживать влагу, при увеличении доли замены мясного сырья сочность изделий снижалась. В процессе тепловой обработки влага не выделялась полностью, большая ее часть оставалась в изделии, но в связанном с белками состоянии, что препятствовало приданию биточкам дополнительной сочности.

Для дегустационной оценки качества биточков была разработана 5-балльная шкала (табл. 2).

Таблица 2. Результаты дегустационной оценки биточков

Наименование показателей	Контроль	Вариант №1 – 5% чечевичной муки	Вариант №2 – 10% чечевичной муки	Вариант №3 – 15% чечевичной муки
Внешний вид	5,00	5,00	5,00	4,80
Цвет	4,90	4,50	4,70	4,30
Консистенция	5,00	4,90	4,80	4,70
Вкус и запах	5,00	4,70	4,90	4,00
Общая оценка	4,98	4,78	4,85	4,45

По результатам органолептической оценки наибольшее количество баллов набрал контрольный образец (4,98 балла) и вариант с 10% заменой – 4,85 балла. Образец биточков с добавлением чечевичной муки в количестве 10% от массы мясного сырья, обладал наиболее высокими оценками среди опытных образцов. Он имел более сочную консистенцию с приятным привкусом добавки чечевичной муки.

Таблица 3. Масса готовых образцов, г

Наименование показателя	Контроль	Вариант №1 – 5% чечевичной муки	Вариант №2 – 10% чечевичной муки	Вариант №3 – 15% чечевичной муки
Масса полуфабриката	117,0	124,4	131,8	139,2
Масса выхода	100	111	119	126

Как видно из таблицы 3, максимальный выход изделия имел опытный вариант с 15% заменой мясного сырья чечевичной мукой, его масса составила 126 г, что превышает массу выхода контрольного образца на 26 г. Это обусловлено в первую очередь введением в рецептуру воды для гидратации чечевичной муки. Но поскольку данный вариант имеет ряд орга-

нолептических недостатков, которые были отмечены во время дегустации, наиболее целесообразно использование варианта с 10% заменой мясного сырья. Масса его выхода также превышает контрольный образец, но в меньшей степени (на 19 г). При этом данный образец сохранил свою форму, на поверхности не появились трещины и изломы. Исходя из того, что наиболее удачным был признан вариант биточков с 10% заменой филе индейки чечевичной мукой, был проведен расчет его пищевой и энергетической ценности (см. табл. 4).

Таблица 4. Химический, витаминный состав биточков на 100 г

Измеряемые параметры, ед. изм.	Контроль	Вариант №2 – 10% чечевичной муки
Белки, %	15,79	16,11
Жиры, %	12,24	11,25
Углеводы, %	8,45	11,59
Витаминный состав		
Витамин А, мг %	21,80	22,43
Тиамин (В1), мг %	0,06	0,16
Витамин В2, мг %	0,19	0,22
Ниацин (РР), мг %	5,62	5,86
Минеральный состав		
Na, мг	519,93	527,50
Ca, мг	30,96	35,27
Fe, мг	1,22	1,95
P, мг	110,03	118,60
K, мг	197,95	231,45
Mg, мг	18,05	22,29
Зольность, %	2,03	2,16
Пищевые волокна, г	0,47	1,32
Энергетическая ценность, ккал	220,08	222,09

В опытном варианте с 10% заменой мясного сырья чечевичной мукой содержание белка увеличилось на 0,32%, углеводов – на 3,14%. Содержание жиров уменьшилось на 0,99%. Энергетическая ценность в сравнении с контролем повысилась на 2,01 ккал. При этом блюдо обогатилось пищевыми волокнами. Их количество повысилось на 0,85%.

Также обогатился витаминный и минеральный состав опытного образца биточков. Повысилось количество витаминов, а именно: Витамин А на 0,63 мг; Тиамин (В1) на 0,10 мг; Витамин В2 на 0,03 мг; Ниацин (РР) на 0,24 мг.

Минеральный состав биточков пополнился: Na на 7,57 мг; Ca, на 4,31 мг; Fe на 0,73 мг; P на 8,57 мг; K на 33,50 мг; Mg на 4,24 мг. У образца №2 показатель зольности выше контрольного на 0,13 мг.

Таким образом, на основании проведенных расчётов можно сделать вывод, что вариант с 10% заменой мясного сырья показал увеличение всего витаминного и минерального составов. Это демонстрирует его готовность к использованию на предприятии общественного питания в качестве замены изделия, изготовленного по рецептуре контрольного образца. Следовательно, цель исследования была достигнута. Разработанное изделие способно обогатить рацион питания необходимыми нутриентами.

В таблице 5 приведены стоимостные данные рецептурных компонентов биточков контрольного образца и варианта с 10% заменой мясного сырья чечевичной мукой, который наилучшим образом показал себя в экспериментальных исследованиях.

Таблица 5. Стоимость сырья в контрольном и опытном вариантах

Сырье	Цена за 1 кг, руб.	Контроль		Вариант №2 – 10% чечевичной муки	
		Количество, г	Сумма, руб.	Количество, г	Сумма, руб.
Индейка (филе)	420	0,074	31,1	0,067	28,1
Чечевичная мука	170	-	-	0,007	1,2
Хлеб пшеничный	87	0,018	1,6	0,018	1,6
Сливки	250	0,024	6,0	0,024	6,0
Итого			$\Sigma=38,7$		$\Sigma=36,9$

Стоимость сырья для приготовления биточков из индейки с использованием чечевичной муки снизилась на 1,8 руб., что может увеличить прибыль от реализации блюда.

Таблица 6. Сравнительная экономическая эффективность производства биточков из индейки

Показатели	Контроль	Вариант №2 – 10% чечевичной муки
Стоимость сырья, руб.	38,7	36,9
Прочие затраты, руб.	24,0	24,0
Себестоимость, руб.	62,7	60,9
Цена, руб.	80,0	80,0
Прибыль, руб.	17,3	19,1
Рентабельность, %	27,6	31,4

Из данных таблицы 6 видно, что стоимость сырья опытного варианта уменьшилась, из чего следует вывод, что себестоимость продукта снизилась. Цена на биточки с добавлением чечевичной муки осталась прежней, а прибыль увеличилась на 1,8 руб. Таким образом, рентабельность изготовления новинки возросла на 3,8%, что считается показателем экономической эффективности.

Учитывая повышение пищевой ценности нового блюда, можно резюмировать, что анализируемое блюдо будет пользоваться спросом у потребителей.

### Выводы

1. При замене в рецептуре биточков из индейки 10% мясного сырья на чечевичную муку готовые изделия сохранили внешний вид, форму, сочность и приобрели приятный привкус и аромат вносимой добавки.

2. Вариант биточков с содержанием чечевичной муки 10% от массы филе индейки показал увеличение всего витаминного и минерального составов, что демонстрирует его готовность к использованию на предприятии общественного питания в качестве замены контрольного изделия. Блюдо способно обогатить рацион питания необходимыми нутриентами.

3. В опытном варианте №2 содержание белка увеличилось на 0,32%, углеводов – на 3,14%. Содержание жиров уменьшилось на 0,99%. Энергетическая ценность в сравнении с контролем повысилась на 2,01 ккал. При этом блюдо обогатилось пищевыми волокнами. Их количество повысилось на 0,85%. Повысилось количество витаминов, а именно: витамина А на 0,63 мг; Тиамин (В1) на 0,10 мг; витамин В2 на 0,03 мг; Ниацин (РР) на 0,24 мг. Минеральный состав биточков пополнился: Na на 7,57 мг; Ca, на 4,31 мг; Fe на 0,73 мг; P на 8,57 мг; K на 33,50 мг; Mg на 4,24 мг. У варианта №2 показатель зольности выше контрольного на 0,13 мг.

4. Стоимость сырья уменьшилась, из чего следует, что себестоимость продукта снизилась. Цена на биточки из индейки с добавлением чечевичной муки осталась прежней, а прибыль увеличилась на 1,8 руб.

5. Рентабельность изготовления новинки возросла на 3,8%, что считается показателем экономической эффективности, а учитывая возросшую пищевую ценность, можно резюмировать, что анализируемое блюдо будет пользоваться спросом у потребителей.

6. С целью расширения ассортимента выпускаемой продукции с повышенной пищевой ценностью, а также увеличения рентабельности производства рекомендуем производить биточки из индейки с заменой 10% мясного сырья на чечевичную муку.

#### **Список источников**

1. Вайтанис М.А. Перспективы расширения ассортимента комбинированных мясных продуктов // Ползуновский вестник. 2011. № 3/2. С. 159-162.

2. Гаппаров М.Г. Функциональные продукты питания // Пищевая промышленность. 2003. № 3. С. 6-7.

3. Евсенина М.В., Лупова Е.И., Виноградов Д.В. Использование гороховой муки при производстве макаронных изделий // Инновации в сельском хозяйстве и экологии: Материалы Международной научно-практической конференции. Рязань: издательство РГАТУ, 2020. С. 158-164.

4. Еделев Д.А., Нечаев А.П., Демидова Т.И. Функциональное питание и перспективные тенденции пищевых технологий // Материалы 9 международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты». Москва: МГУПП, 2018. С.31-34.

5. Зацепилина Н.П. Совершенствование технологии комбинированных рубленых изделий и полуфабрикатов: Автореферат дис. канд. техн. наук. Воронеж, 2012. 26 с.

6. Лупова Е.И., Питюрина И.С. Использование муки бобовых культур в технологии мясных рубленых изделий // Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса: Материалы 70-й Международной научно-практической конференции. Рязань: издательство РГАТУ, 2019. С. 63-67.

7. Питюрина И.С. и др. Совершенствование технологии производства пшеничного хлеба функционального назначения / И.С. Питюрина, М.В. Евсенина, Е.И. Лупова, С.В. Никитов // Вестник КрасГАУ. № 5 (146). 2019. С. 182-189.

8. Ромашова Т.А., Евсенина М.В. Обзор рынка общественного питания России // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Рязань, 2017. Изд-во ФГБОУ ВО РГАТУ. С. 333-337.

9. Соколова Ю.Э., Евсенина М.В. Основные принципы здорового и функционального питания // Теоретический и практический потенциал в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства: материалы национал. науч.-практич. конф. Рязань: РГАТУ, 2021. С. 120-124.

10. Vinogradov D.V. The use of iodine-containing additive in bakery production technology / D.V. Vinogradov, E.I. Lupova, I.S. Pityurina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol «International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021», 2022. Pp. 012046.

#### **References**

1. Vaitanis M.A. Prospects for expanding the assortment of combined meat products. Polzunovsky bulletin, 2011, no. 3/2, pp. 159-162.

2. Gapparov M.G. Functional food products. Food industry, 2003, no. 3, pp. 6-7.

3. Evsenina M.V., Lupova E.I., Vinogradov D.V. The use of pea flour in the production of pasta products. Collection: Innovations in agriculture and ecology: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Ryazan: RSATU Publ., 2020, pp. 158-164.

4. Edelev D.A., Nechaev A.P., Demidova T.I. Functional nutrition and promising trends in food technologies. Materials of the 9th International scientific and practical conference «Technologies and products of healthy nutrition. Functional food products». Moscow: MSUFP Publ., 2018, pp.31-34.

5. Zatsopilina N.P. Improving the technology of combined chopped products and semi-finished products: Abstract of dis. candidate of Technical Sciences. Voronezh, 2012. 26 p.

6. Lupova E.I., Pityurina I.S. The use of legume flour in the technology of minced meat products. Collection: Contribution of University agrarian science to the innovative development of the agro-industrial complex: Materials of the 70th International Scientific and Practical Conference. Ryazan: RSATU Publ., 2019, pp. 63-67.

7. Pityurina I.S. et al. Improvement of the technology of production of wheat bread for functional purposes. I.S. Pityurina, M.V. Evsenina, E.I. Lupova, S.V. Nikitov. Bulletin of KrasSAU, no. 5 (146), 2019, pp. 182-189.

8. Romashova T.A., Evsenina M.V. Overview of the Russian catering market. Collection: Principles and technologies of ecologization of production in agriculture, forestry and fisheries: Materials of the 68th International Scientific and Practical Conference, dedicated to the Year of Ecology in Russia. Ryazan: RSATU Publ., 2017, pp. 333-337.

9. Sokolova Yu.E., Evsenina M.V. Basic principles of healthy and functional nutrition. Collection: Theoretical and practical potential in agriculture, forestry and hospitality: materials of the National Scientific and Practical conference. Ryazan: RGATU Publ., 2021, pp. 120-124.

10. Vinogradov D.V., Lupova E.I., Pityurina I.S. The use of iodine-containing additive sinbakery production technology. In the Collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. «International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021», 2022, pp. 012046.

#### **Информация об авторах**

**И.С. Питюрина** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы;

**М.В. Евсенина** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений;

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

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

#### **Information about the authors**

**I.S. Piturina**– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Logistics of the Penal System;

**M.V. Evsenina**– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection;

**T.V. Zubkova** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products;

**O.A. Dubrovina** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products.



Научная статья  
УДК 664:631.743  
DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-59-67

## УЛУЧШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ СЫРНИКОВ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСИЛЛИУМА

Питюринна Ирина Сергеевна<sup>1✉</sup>, Евсенина Марина Владимировна<sup>2</sup>,  
Лупова Екатерина Ивановна<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Академия ФСИН России, Рязанская область, Рязань, Россия

<sup>2,3</sup> Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,  
Рязанская область, Рязань, Россия

<sup>1</sup> piturina@yandex.ru ✉

<sup>2</sup> marina.vlady@mail.ru

<sup>3</sup> katya.lilu@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена изучению влияния псиллиума на качество и пищевую ценность сырников с целью обогащения минеральными веществами, витаминами и пищевыми волокнами. Одной из важнейших задач пищевой промышленности является обеспечение всех категорий потребителей качественными и безопасными продуктами питания с учетом нужного количества микро- и макронутриентов. Неблагоприятная экологическая ситуация в крупных городах вызывает необходимость обогащения продуктов биологически активными веществами, балансирование аминокислотного, жирнокислотного состава. Большое внимание уделяют содержанию в продуктах минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон. Творог, как один из кисломолочных продуктов, относится к наиболее востребованным продуктам повседневного спроса у разных групп населения. Поэтому целесообразно проводить его обогащение пищевыми и биологически активными добавками, к которым относят псиллиум, причисляемый в некоторых странах к суперфудам. Использование псиллиума в технологии производства творожных изделий способно обогатить их состав, повысить пищевую и биологическую ценность и придать новые вкусовые свойства. В связи с этим целью исследований явилось изучение влияния псиллиума на качество и пищевую ценность сырников. Для достижения поставленной цели был поставлен ряд задач. При введении псиллиума в количестве 50% от массы пшеничной муки готовые изделия сохранили форму, консистенцию, при этом приобрели сладковатый привкус и аромат. Данное блюдо может обогатить организм человека необходимыми микронутриентами. Энергетическая ценность в сравнении с контролем снизилась на 18,3 ккал, повысилось количество витаминов, пополнился минеральный состав, показатель зольности стал выше контрольного на 0,15 мг, количество пищевых волокон в сравнении с контрольным образцом увеличилось более, чем в 10 раз. Рентабельность сырников при добавлении псиллиума возросла на 2,5%.

**Ключевые слова:** сырники, творог, псиллиум, качество, пищевая ценность, технология производства.

**Для цитирования:** Питюринна И.С., Евсенина М.В., Лупова Е.И. Улучшение потребительских свойств сырников путём использования псиллиума // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.59-67. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-59-67>.

Original article

## IMPROVING THE CONSUMER PROPERTIES OF CHEESECAKES BY USING PSYLLIUM

Irina S. Piturina<sup>1✉</sup>, Marina V. Evsenina<sup>2</sup>, Ekaterina I. Lupova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia

<sup>2,3</sup> Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kosychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup> piturina@yandex.ru ✉

<sup>2</sup> marina.vlady@mail.ru

<sup>3</sup> [katya.lilu@mail.ru](mailto:katya.lilu@mail.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the study of the influence of psyllium on the quality and nutritional value of cheesecakes in order to enrich them with minerals, vitamins and dietary fibers. One of the most

*important tasks of the food industry is to provide all categories of consumers with high-quality and safe food products, taking into account the necessary amount of micro- and macronutrients. The unfavorable environmental situation in large cities causes the need to enrich products with biologically active substances, balancing the amino acid, fatty acid composition. Much attention is paid to the content of minerals, vitamins and dietary fiber in the products. Cottage cheese, as one of the fermented milk products, belongs to the most popular products of daily demand among different groups of the population. Therefore, it is advisable to enrich it with food and biologically active additives, which include psyllium, which in some countries is classified as superfoods. The use of psyllium in the production technology of cottage cheese products can enrich their composition, increase their nutritional and biological value and give new taste properties. In this regard, the aim of the research was to study the effect of psyllium on the quality and nutritional value of cheesecakes. To achieve this goal, a number of tasks were set. With the introduction of psyllium in an amount of 50% by weight of wheat flour, the finished products retained their shape, consistency, while acquiring a sweet taste and aroma. This dish can enrich the human body with the necessary micronutrients. The energy value in comparison with the control decreased by 18.3 kcal, the amount of vitamins increased, the mineral composition was replenished, the ash content index became higher than the control by 0.15 mg, the amount of dietary fiber in comparison with the control sample increased more than 10 times. The profitability of cheesecakes with the addition of psyllium increased by 2.5%.*

**Keywords:** *cheesecakes, cottage cheese, psyllium, quality, nutritional value, production technology.*

**For citation:** *Piturina I.S., Evsenina M.V., Lupova E.I. Improving the consumer properties of cheesecakes by using psyllium // Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 4(30), pp. 59-67. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-59-67>.*

## **Введение**

В России, как и в других странах, наблюдается устойчивая тенденция расширения ассортимента продуктов питания, предназначенных для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний [9]. В связи с этим особенно актуальной становится разработка изделий функционального назначения. Разработка и внедрение в производство продуктов функционального назначения являются основными целями государственной политики в области здорового питания населения [5, 7].

Перспективным направлением решения задачи создания изделий функционального назначения является более рациональное использование обогащающих ингредиентов. Это приведет к наиболее полному использованию составных частей сырья и снизит дефицит обогащенной продукции [3]. Одним из наиболее важных источников микронутриентов, клетчатки, антиоксидантов и пищевых волокон в рационе потребителей являются продукты растительного происхождения [1, 6].

Целесообразно обогащать продукты питания повседневного спроса, такие как молоко и молочные продукты, так как они наиболее востребованы потребителями.

Большой популярностью у потребителей пользуются кисломолочные продукты, так творог и творожные продукты в той или иной форме входят в рацион почти 80% населения [8]. Творог и творожные продукты представляют значительный интерес с точки зрения обогащения, т.к. являются источником полноценного и легкоусвояемого белка. Творог рекомендован для питания детей младшего возраста, пожилых и престарелых людей, страдающих различными нарушениями пищеварения [4, 10].

Несмотря на то, что творог и блюда из него являются ценным и полезным продуктом, актуальность их обогащения пищевыми волокнами, минеральными веществами и витаминами не вызывает сомнений. В качестве такой добавки целесообразно рассмотреть шелуху подорожника – псиллиум. Он является доступным источником пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов. Применение его в технологии кулинарных изделий позволяет повысить пищевую и биологическую ценность продуктов и даже придать блюдам лечебно-профилактическую направленность [2, 9].

Совместное применение творога и псиллиума представляет определенный научно-практический интерес, что обуславливает актуальность проводимых исследований.

Исходя из вышесказанного, целью исследований явилось изучение влияния псиллиума на потребительские свойства сырников.

Для достижения поставленной цели был поставлен ряд задач: определение оптимальной пропорции внесения псиллиума в рецептуру сырников; разработка технологии и рецептуры сырников с использованием псиллиума; определение качественных показателей готового блюда; расчёт пищевой и энергетической ценности сырников с псиллиумом; определение экономической эффективности внесения псиллиума в рецептуру сырников.

### Материалы и методы исследований

Исходя из поставленной цели и задач, объектами исследования явились образцы сырников с частичной заменой муки в рецептуре на псиллиум, а также контрольный образец сырников согласно традиционной рецептуре. Исследования проводились на базе ФГБОУ ВО РГАТУ. Изготовление опытных образцов и контрольного осуществлялось из одних партий сырья. Изменение рецептуры блюда состоит в частичной замене пшеничной муки на псиллиум в следующих пропорциях: 1 вариант - ввести 30% псиллиума от массы пшеничной муки; 2 вариант - ввести 50% псиллиума от массы пшеничной муки; 3 вариант - ввести 100% псиллиума от массы пшеничной муки. В соответствии с традиционной рецептурой сырников во все варианты опыта входили компоненты в следующих пропорциях в граммах: 135 – творог, 5 – яйца, 15 – сахар, 1 – соль, маргарин столовый – 5. Согласно вариантам опыта муки пшеничной и псиллиума входило (грамм): контроль – 20 и 0, 1 вариант – 14 и 6, 2 вариант – 10 и 10, 3 вариант – 0 и 20 соответственно. Масса полуфабриката во всех вариантах опыта составит 176 грамм, а готовых сырников 150 г. Приготовление сырников осуществлялось согласно технологической схеме, представленной на рисунке 1.

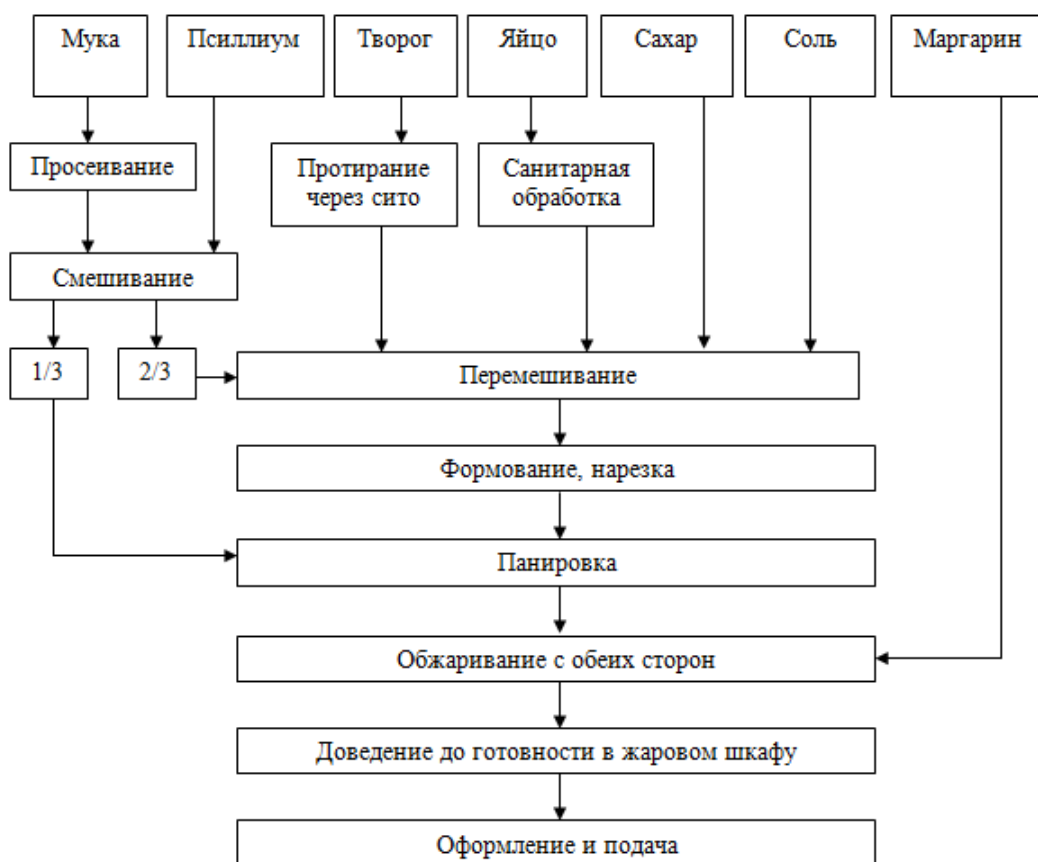


Рисунок 1. Технологическая схема приготовления сырников

Качество сырья, используемого для приготовления сырников по вариантам опыта, определялось в соответствии с ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка к их испытанию; ГОСТ 31453-2013 Творог. Технические условия; ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия; ГОСТ 31654-2012 Яйца куриные пищевые. Технические условия; ГОСТ Р 51574-2018 Соль пищевая. Общие технические; ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия; ГОСТ 32188-2013 Маргарины. Общие технические условия; ТУ 10.89.19-004-0164241701-2020; ГОСТ 27558-87 Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста; ГОСТ 20239-74 Мука, крупа и отруби. Метод определения металломагнитной примеси. Качество сырников определяли согласно ГОСТ 31987-2012 Услуги общественного питания. Технологические документы на продукцию общественного питания. Общие требования к оформлению, построению и содержанию. Органолептические показатели определялись по ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. Определение пищевой и энергетической ценности проводилось по справочнику «Химический состав российских пищевых продуктов» И.М. Скурихина.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Основное сырьё, используемое для производства сырников в исследованиях, представлено на рисунке 2.



Рисунок 2. Сырье для сырников:

а) основное сырьё для сырников (сахар, творог, мука, яйца, псиллиум), б) псиллиум

При определении качества сырья было выявлено, что творог по органолептическим показателям полностью удовлетворял требованиям ГОСТ 31453-2013 «Творог. Технические условия». Он имеет рассыпчатую консистенцию, белый с кремовым оттенком цвет, чистый кисломолочный вкус и запах, без посторонних привкусов. Исходя из результатов исследования, следует, что сырьё допускается к использованию.

По результатам органолептической оценки использование псиллиума возможно для приготовления сырников. Он имеет однородную сыпучую консистенцию, светло-кремовый цвет, сладковатый вкус.

В процессе исследований сырников были разработаны три варианта приготовления блюда с добавлением псиллиума в разном соотношении к пшеничной муке. Были приготовлены контрольный образец и три опытных образца для оценки вкусовых качеств каждого.

По результатам дегустационной оценки готовых образцов сырников по вариантам опыта было выявлено, что продукт с добавлением 30% псиллиума имел ровную поверхность, правильную округлую форму, вкус и запах приятный, свойственный используемым ингредиентам, без посторонних привкусов и запахов.

При введении 50% псиллиума готовый продукт приобрёл более интенсивный кремовый оттенок и приятный сладковатый привкус псиллиума. Форма сохранилась, изломов и трещин не проявилось.

При 100% замене пшеничной муки на псилиум сырники потеряли равномерность консистенции, появились явные вкрапления на внешней поверхности. На форме изделия появились трещины. У сырников появился выраженный привкус добавки.

Таким образом, можно сделать вывод, что по органолептическим показателям качества вариант с заменой пшеничной муки на 50% псилиума продемонстрировал наилучший результат. Благодаря псиллиуму образец приобрёл приятный сладковатый привкус.

Внешний вид образцов на разрезе представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Вид на разрезе образцов сырников

С целью дегустационной оценки качества образцов сырников с добавлением псилиума была разработана пятибалльная шкала и проведена дегустация (табл. 1).

Таблица 1. Результаты дегустационной оценки сырников

Наименование показателей	Контроль	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3
Внешний вид	4,7	4,8	4,9	3,4
Консистенция	4,9	4,9	4,9	3,4
Цвет	4,4	4,7	4,9	4,2
Запах и вкус	4,5	4,7	4,9	4,7
Общая оценка	4,6	4,8	4,9	3,9

По результатам органолептической оценки, наибольшее количество баллов набрал вариант сырников с 50% заменой пшеничной муки на псилиум – 4,9 балла. Это связано с тем, что он имел приятный внешний вид, хорошую консистенцию и цвет, выраженный привкус и аромат добавки. Масса готовых опытных образцов исследуемого блюда представлена в таблице 2.

Таблица 2. Масса готовых образцов

Наименование показателя	Контрольный образец, г	Вариант №1, г	Вариант №2, г	Вариант №3, г
Масса полуфабриката	176	176	176	176
Масса выхода	150	152	153	156

В данной таблице показано, что максимальный выход изделия имеет опытный вариант со 100% заменой пшеничной муки на псилиум, его масса составляет 156 г, что превышает массу выхода контрольного образца на 6 г.

Вероятно, этому способствовало интенсивное поглощение псиллиумом жира во время жарки. Но поскольку вариант со 100% введением псилиума имеет недостатки органолептических показателей, целесообразнее предложить для дальнейшего использования вариант с 50% заменой пшеничной муки, масса которого также превышает контрольный образец, но в



меньшей степени, на 3 г. Однако он сохранил свою форму, на поверхности не появились трещины.

Таким образом, по результатам органолептической и дегустационной оценок можно сделать вывод, что наилучшими показателями обладает вариант сырников с 50% заменой пшеничной муки на псилиум. По внешнему виду именно этот вариант сохранил все достоинства контрольного образца, при этом приобрел приятный привкус и аромат. Масса готового изделия превысила массу контрольного образца на 3 г. Это является основанием для рекомендации внедрения данного варианта в производство на предприятии общественного питания после проведения анализа химического состава сырников (таблица 3).

Таблица 3. Химический, витаминный состав сырников контрольного и опытного варианта с 50% заменой пшеничной муки на 100 г

Измеряемые параметры, ед. изм.	Контроль	Опытный образец №2
Белки, %	17,00	16,50
Жиры, %	10,59	10,52
Углеводы, %	20,95	16,99
Витаминный состав		
Витамин А, мг %	93,00	102,00
Тиамин (В1), мг %	0,05	0,12
Витамин В2, мг %	0,24	0,35
Ниацин (РР), мг %	0,48	0,56
Минеральный состав		
Na, мг	295,34	295,46
Ca, мг	142,83	162,15
Fe, мг	0,62	0,87
P, мг	203,82	244,43
K, мг	117,91	146,33
Mg, мг	20,87	33,86
Зольность, %	1,59	1,74
Пищевые волокна, г	0,47	4,90
Энергетическая ценность, ккал	250,57	232,27

За счет снижения количества белков (на 0,50%), жиров (на 0,07%) и углеводов (на 3,96%) энергетическая ценность опытного образца №2 в сравнении с контролем уменьшилась на 18,3 ккал. При этом блюдо обогатилось витаминами и минеральными веществами.

Повысилось содержание витаминов, а именно: витамина А на 9 мг; Тиамина (В<sub>1</sub>) на 0,07 мг; витамина В<sub>2</sub> на 0,11 мг; Ниацина (РР) на 0,08 мг. Пополнился минеральный состав: Na на 0,12 мг; Ca, на 19,32 мг; Fe на 0,25 мг; P на 40,61 мг; K на 28,42 мг.; Mg на 12,99 мг.

У опытного варианта показатель зольности выше контрольного на 0,15 мг. Особо следует отметить более высокое значение количества пищевых волокон в сравнении с контрольным образцом на 4,43 г (увеличение более, чем в 10 раз).

Таким образом, на основании расчётов можно сделать вывод, что вариант с 50% заменой пшеничной муки на псилиум показал увеличение витаминов и минеральных веществ, пищевых волокон, что демонстрирует его готовность к использованию на предприятии общественного питания в качестве замены контрольного. Блюдо способно обогатить организм человека необходимыми микронутриентами, следовательно, цель исследования достигнута.

На протяжении многих десятилетий спрос на кисломолочную продукцию остается стабильно высоким. Особой популярностью у потребителей пользуются творог и изделия из него. В связи с этим для решения проблемы дефицита микро- и макронутриентов в рационе людей целесообразно обогащать творожные изделия пищевыми и биологически активными

добавками. Замену сырья следует производить с учетом потребности организма человека в витаминах и минеральных веществах, придавая продукции функциональные свойства.

Использование при производстве блюд пищевых и биологических добавок зачастую приводит к удорожанию готового продукта. Именно поэтому при введении в рецептуру блюда нового ингредиента нужно оценивать экономическую эффективность производства, искать пути удешевления и способы продвижения продукции.

Введение в состав рецептуры сырников псиллиума не влечет за собой увеличения расходов, связанных с капитальными вложениями (покупкой оборудования или технологических линий), затрат электроэнергии, воды, тепловой энергии и т.п.

Таким образом, исследуемая добавка увеличивает себестоимость продукции только за счет расходов на ее приобретение.

Исходя из этого, в таблице 4 приведены стоимостные данные рецептурных компонентов сырников контрольного образца и варианта с 50% заменой пшеничной муки на псилиум, который наилучшим образом показал себя в экспериментальных исследованиях.

Таблица 4. Стоимость сырья в контрольном и опытном вариантах

Сырье	Цена за 1 кг, руб.	Контроль		Опытный вариант	
		Количество, г	Сумма, руб.	Количество, г	Сумма, руб.
Творог	420	0,135	56,7	0,135	56,7
Мука пшеничная	75	0,020	1,5	0,010	0,8
Псиллиум	230	-	0,0	0,010	2,3
Яйца	170	0,005	0,9	0,005	0,9
Сахар	65	0,015	1,0	0,015	1,0
Соль	45	0,001	0,0	0,001	0,0
Маргарин	250	0,005	1,3	0,005	1,3
Итого			$\Sigma=61,4$		$\Sigma=63,0$

Стоимость сырья для приготовления сырников с псиллиумом выше на 1,6 рубля, чем контрольный вариант. Таким образом, средняя цена готового блюда на предприятиях общественного питания составляет 150 рублей, а прибыль от реализации соответственно 30,6 рублей. С целью сохранения прибыли необходимо увеличить цену сырников с псиллиумом на 5 руб. до 155,0 руб.

Увеличение цены на сырники с добавлением псиллиума на 5 руб. привело к тому, что прибыль увеличилась на 3,4 руб. Таким образом, рентабельность изготовления новинки возросла на 2,5%, что считается показателем экономической эффективности. Повышение себестоимости будет оправдано, если блюдо будет пользоваться спросом у потребителей. Для выяснения отношения потенциальных покупателей к увеличению цены реализации сырников был проведен комплекс маркетинговых исследований.

### Выводы

1. При введении псиллиума в количестве 50% от массы пшеничной муки готовые изделия сохранили форму, консистенцию, при этом приобрели сладковатый привкус и аромат.
2. Вариант с содержанием 50% псиллиума от массы муки показал увеличение всего витаминного и минерального составов, что демонстрирует его готовность к использованию на предприятии общественного питания в качестве замены контрольного. Блюдо обогатит организм человека необходимыми микронутриентами, следовательно, цель исследования достигнута.
3. Исходя из того, что наиболее удачным был вариант с 50% введением псилиума, была подсчитана его пищевая и энергетическая ценность. Количество нутриентов уменьшилось: белков на 0,50%, жиров на 0,07%, углеводов на 3,96%. Энергетическая ценность опытного варианта в сравнении с контролем снизилась на 18,3 ккал. Повысилось количество витами-

нов, а именно: витамина А на 9 мг; Тиамина (В1) на 0,07 мг; витамина В2 на 0,11 мг; Ниацина (РР) на 0,08 мг. Пополнился минеральный состав: Na на 0,12 мг; Ca, на 19,32 мг; Fe на 0,25 мг; P на 40,61 мг; K на 28,42 мг.; Mg на 12,99 мг. Показатель зольности стал выше контрольного на 0,15 мг. Количество пищевых волокон в сравнении с контрольным образцом увеличилось более, чем в 10 раз.

4. Стоимость сырья увеличилась на 1,6 руб., что привело к росту себестоимости продукта. Цену на сырники с добавлением псиллиума увеличили на 5 руб. Это позволило повысить прибыль от продажи одной порции на 3,4 руб. Таким образом, рентабельность возросла на 2,5%.

5. С целью расширения ассортимента продукции с повышенной биологической ценностью и сниженной калорийностью, а также улучшения потребительских свойств, рекомендуем произвести замену 50% пшеничной муки в рецептуре сырников на псиллиум.

### **Список источников**

1. Альхамова Г.К. Перспективы развития рынка творожных продуктов с функциональными свойствами // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2014. №1. С. 11-12.

2. Асенова Б.К. и др. Современные тенденции развития технологии производства кисломолочных продуктов с использованием нутрицевтиков / Б.К. Асенова, С.К. Касымов, А.Н. Нургазезова, Г.М. Бисагымова // Молодой ученый. 2015. № 10. С. 9-12.

3. Бузоверов С.Ю., Панкрушина У.Р. Повышение качественных характеристик творога путем обогащения его пищевыми волокнами // Вестник АГАУ. 2015. №7 (129). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestvennyh-harakteristik-tvoroga-putem-obogascheniya-ego-pischevymi-voлокнами>.

4. Ключникова Д.В., Исмаилова А.И. Растительное сырьё в технологии творожных продуктов // Молодой ученый. 2018. № 10 (90). Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/90/18593>.

5. Локтев Д.Б., Зонова Л.Н. Продукты функционального назначения и их роль в питании человека // Вятский медицинский вестник. 2019. № 2. С. 48-53.

6. Новикова М.В., Галицкий В.В. Функциональные продукты питания // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. №1. С. 1-9.

7. Питюрина И.С. и др. Совершенствование технологии производства пшеничного хлеба функционального назначения / И.С. Питюрина, М.В. Евсенина, Е.И. Лупова, С.В. Никитов // Вестник КрасГАУ. № 5 (146). 2019. С. 182-189.

8. Ромашова Т.А., Евсенина М.В. Обзор рынка общественного питания России // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Рязань: РГАТУ, 2017. С. 333-337.

9. Соколова Ю.Э., Евсенина М.В. Основные принципы здорового и функционального питания // Теоретический и практический потенциал в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства: материалы национал. науч.-практич. конф. Рязань: РГАТУ, 2021. С. 120-124.

10. Vinogradov D.V. et al. The use of iodine-containing additive in bakery production technology / D.V. Vinogradov, E.I. Lupova, I.S. Pityurina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. «International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021», 2022. Pp. 012046.

### **References**

1. Alhamova G.K. Prospects for the development of the market of cottage cheese products with functional properties. Rational nutrition, food additives and biostimulants, 2014, no. 1, pp. 11-12.

2. Asenova B.K. et al. Modern trends in the development of technology for the production of dairy products using nutraceuticals. B.K. Asenova, S.K. Kasymov, A.N. Nurgazezova, G.M. Bisagymova. Young scientist, 2015, no. 10, pp. 9-12.

3. Buzoverov S.Y., Pankrushina U.R. Improving the quality characteristics of cottage cheese by enriching it with dietary fibers. ASAU Bulletin, 2015, no. 7 (129), access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestvennyh-harakteristik-tvoroga-putem-obogascheniya-ego-pischevymi-voloknami>.

4. Klyuchnikova D.V., Ismailova A.I. Vegetable raw materials in the technology of cottage cheese products. Young scientist, 2018, no. 10 (90), access mode: <https://moluch.ru/archive/90/18593>.

5. Loktev D.B., Zonova L.N. Functional products and their role in human nutrition. Vyatka Medical Bulletin, 2019, no. 2, pp. 48-53.

6. Novikova M.V., Galitsky V.V. Functional food products. Online journal «Science Studies», 2015, no. 1, pp. 1-9.

7. Pityurina I.S. et al. Improvement of the technology of production of wheat bread for functional purposes. I.S. Pityurina, M.V. Evsenina, E.I. Lupova, S.V. Nikitov. Bulletin of KrasSAU, 2019, no. 5 (146), pp. 182-189.

8. Romashova T.A. Overview of the Russian catering market. T.A. Romashova, M.V. Evsenina. Collection: Principles and technologies of greening production in agriculture, forestry and fisheries: Materials of the 68th International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Ecology in Russia. Ryazan: RSATU Publ., 2017, pp. 333-337.

9. Sokolova Yu.E., Evsenina M.V. Basic principles of healthy and functional nutrition. Collection: Theoretical and practical potential in agriculture, forestry and hospitality: materials of the National Scientific and Practical conference. Ryazan: RSATU Publ., 2021, pp. 120-124.

10. Vinogradov D.V. The use of iodine-containing additive sinbakery production technology. D.V. Vinogradov, E.I. Lupova, I.S. Pityurina. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. «International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021», 2022, pp. 012046.

#### **Информация об авторах**

**И.С. Питюрина** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы;

**М.В. Евсенина** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений;

**Е.И. Лупова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений.

#### **Information about the authors**

**I. S. Piturina** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Logistics of the Penal System;

**M. V. Evsenina** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of agronomy, Agrochemistry and Plant Protection;

**E.I. Lupova** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection.

## ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

### GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 633.63:631.51.022

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-68-74

#### ТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ

Гулидова Валентина Андреевна<sup>1✉</sup>, Захаров Вячеслав Леонидович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

<sup>1</sup>guli49@yandex.ru✉

<sup>2</sup>zaxarov7979@mail.ru

**Аннотация.** В процессе развития сельского хозяйства совершенствуются способы и приемы обработки почвы. Обработка почвы определяется многими факторами, которые могут быть природными и антропогенными. Механической обработкой изменяются физические, физико-химические и биологические процессы в почве. Сочетанием различных приемов и способов обработки в зерно-травянопропашном севообороте удастся изменить многие процессы как в сторону повышения, так и ухудшения эффективного плодородия почвы. Цель исследований – установить характер трансформации физико-химических свойств почвы под влиянием основной обработки почвы в зерно-травянопропашном севообороте с яровым рапсом. В стационарном опыте в 9-польном зерно-травянопропашном севообороте (1-клевер 1 года пользования на один укос, 2 – озимая пшеница, 3 – сахарная свекла, 4 - яровой ячмень, 5 – горох, 6 – озимая пшеница, 7 – яровой рапс, 8 – кукуруза на силос, 9 – ячмень + клевер) изучали следующие технологические операции обработки почвы: отвальная, плоскорезная, комбинированная. Культуры севооборота возделывали по интенсивным технологиям, рекомендованным для Центрально-Черноземного региона. Предпосевная обработка на всех вариантах заключалась в ранневесеннем бороновании с последующей культивацией на глубину заделки семян. По степени неблагоприятного воздействия способы обработки почвы располагаются в следующей последовательности: комбинированная, отвальная, плоскорезная под культуры севооборота. Для сохранения физико-химических свойств почвы и повышения производительной способности чернозема следует отдавать предпочтение комбинированной обработке, где вспашка в девятипольном севообороте занимает от 33 до 45%. На этом варианте за ротацию севооборота собрано продукции 4,94 т/га к.ед., по плоскорезной – 4,57 т/га к.ед. по отвальной 4,81– т/га к.ед.

**Ключевые слова:** обработка почвы, комбинированная, плоскорезная, отвальная, зерно-травянопропашной севооборот, обменная кислотность, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований.

**Для цитирования:** Гулидова В.А., Захаров В.Л. Трансформация физико-химических свойств чернозема при длительном применении основной обработки почвы в севообороте // Агрпромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.68-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-68-74>

Original article



## TRANSFORMATION OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM WITH PROLONGED USE OF BASIC TILLAGE IN CROP ROTATION

Valentina A. Gulidova<sup>1✉</sup>, Vyacheslav L. Zakharov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

<sup>1</sup>guli49@yandex.ru✉

<sup>2</sup>zaxarov7979@mail.ru

**Abstract.** *In the process of development of agriculture, methods and methods of tillage are being improved. Soil cultivation is determined by many factors, which can be natural and anthropogenic. Mechanical processing changes the physical, physico-chemical and biological processes in the soil. The purpose of the research is to establish the nature of the transformation of the physico-chemical properties of the soil under the influence of basic tillage in the grain-grass crop rotation with spring rape. In a stationary experiment in 9-full grain-grass crop rotation (1—clover of 1 year of use for one mowing, 2 – winter wheat, 3 - sugar beet, 4 – spring barley, 5 – peas, 6 – winter wheat, 7 – spring rapeseed, 8 – corn for silage, 9 - barley + clover) the following technological operations of tillage were studied: dump, flat-cut, combined. Crop rotation crops are cultivated according to intensive technologies recommended for the Central Chernozem region. Pre-sowing treatment on all variants consisted of early spring harrowing with subsequent cultivation to the depth of seed embedding. The combination of various techniques and methods of cultivation in the grain-grass row crop rotation makes it possible to change many processes both in the direction of increasing and worsening the effective soil fertility. According to the degree of adverse impact, the methods of tillage are arranged in the following increasing sequence: combined, dump, flat-cut for crop rotation crops. To preserve the physical and chemical properties of the soil and increase the productive capacity of chernozem, preference should be given to combined cultivation, where plowing in a nine-field crop rotation takes from 33 to 45%. In this variant, 4.94 t/ha of production units were collected for rotation of the crop rotation, 4.57 t/ha of production units were collected for flat-cutting, and 4.81 t/ha of production units were collected for dump.*

**Keywords:** *tillage, combined, flat-cutting, moldboard, grain-grass-rowed crop rotation, exchangeable acidity, hydrolytic acidity, sum of absorbed bases.*

**For citation:** *Gulidova V.A., Zakharov V.L. Transformation of physico-chemical properties of chernozem with prolonged use of basic tillage in crop rotation. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 4(30), pp. 68-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-68-74>.*

### Введение

В результате агрогенной трансформации чернозёмов ЦЧР по усреднённым данным выявлено, что сумма поглощённых оснований снизилась на 20 %, а гидролитическая кислотность повысилась на 15 % [5]. Под влиянием длительного внесения минеральных удобрений на чернозёмах наблюдалось уменьшение содержания лабильных гуминовых кислот [11]. В модельных опытах установлено, что при взаимодействии почвы с минеральными удобрениями на фоне кислотных осадков рН почвенного раствора может снизиться на 0,3-2,5 единицы [17]. В условиях центральной части лесостепи Среднего Поволжья антропогенное воздействие на чернозёмы привело к снижению общего, органического и азота лабильных соединений и азотминерализующей способности [12]. Современная система земледелия предусматривает разные способы обработки почвы, в том числе классическую отвальную, безотвальную, чизельную, плоскорезную, минимальную обработку и их сочетание [4, 16, 18]. Обработка почвы - самый трудоемкий элемент в технологии любой культуры, поэтому товаропроизводители сельскохозяйственной продукции изыскивают возможности её удешевления за счет снижения затрат на этот агроприем. Безотвальные приемы обработки почвы по затратам значительно меньше, чем по вспашке. Так, например, затраты на плоскорезную обработку почвы на 34-35% меньше затрат, чем на вспашку [2, 4]. Система обработки почвы, ее состав, последовательность и сроки проведения конкретных агроприемов, технология их выполнения значительно определяют физико-химические свойства почвы, ее микробиологиче-

скую активность и тем самым изменяют уровень плодородия. Это связано с тем, что способ и степень рыхления почвы определяют соотношение в ней влаги и воздуха, которые влияют не только на водо- и воздухопроницаемость всего почвенного слоя, но и изменяют условия для жизнедеятельности в нем почвенных микроорганизмов, определяющих доступность для растений питательных веществ. Нарастание антропогенной нагрузки на почву ведет к ухудшению их качественных показателей, особенно это касается черноземных почв, которые интенсивно используются в сельском хозяйстве. В них постоянно снижается органическое вещество (гумус) [3, 6, 9, 13, 16], уменьшается содержание подвижного фосфора и обменного калия, увеличивается обменная кислотность [15]. Цель исследований – установить характер трансформации физико-химических свойств почвы под влиянием основной обработки почвы в зернотравянопропашном севообороте с яровым рапсом.

### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводились в 2008-2018 гг. на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института рапса (г. Липецк). Почва - чернозём выщелоченный. В стационарном опыте в девятипольном зернотравянопропашном севообороте (1-клевер 1 года пользования на один укос, 2 – озимая пшеница, 3 – сахарная свекла, 4 - яровой ячмень, 5 – горох, 6 – озимая пшеница, 7 – яровой рапс, 8 – кукуруза на силос, 9 – ячмень + клевер) мы изучали следующие технологические операции обработки почвы: отвальную – контроль, отвальная вспашка под все культуры севооборота: под озимую пшеницу после клевера 1 года пользования на один укос - на 20-22 см; под сахарную свеклу – на 30-32 см; под яровой ячмень, горох, яровой рапс и ячмень с подсевом клевера – на 20-22 см; под озимую пшеницу после гороха – на 25-27 см; под кукурузу на силос – на 25-27 см; плоскорезную – под озимую пшеницу после клевера 1 года пользования на укос, яровой ячмень, горох, озимую пшеницу после гороха, яровой рапс и ячмень с подсевом клевера – 20-22 см; под сахарную свеклу – 30-32 см, под кукурузу на силос – 25-27 см; комбинированную (отвально-безотвальную) (45% вспашки в севообороте) – под озимую пшеницу после клевера 1 года пользования на укос, яровой ячмень безотвальное рыхление плугом со стойками СИБИМЭ на 25-27 см, под сахарную свеклу вспашка на 20-22 см с последующим чизелеванием на 40 см, под горох, яровой рапс и ячмень с подсевом клевера – вспашка на 25-27 см, под озимую пшеницу после гороха комбинированная обработка агрегатом АКП-2,5 – на 10-12 см, под кукурузу на силос чизельная обработка на 40-45 см. Культуры севооборота возделывали по интенсивным технологиям, рекомендованным для Центрального Чернозёмного Региона. Предпосевная обработка на всех вариантах заключалась в ранневесеннем бороновании с последующей культивацией на глубину заделки семян. Агрохимические анализы почвы выполнены по инструкции ЦИНАО [10]: содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [1]; подвижного фосфора и обменного калия – по методу Ф.В. Чирикова [14] на фотоэлектродиметре КФК-2 и пламенном фотометре ФПА-2; гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований – титриметрическим методом по Каппэну; рН солевой вытяжки – ионометрическим методом на иономере ЭВ-74 [1]. Математическую обработку проводили по методике Доспехова [7]. Оценку почв проводили согласно учебному пособию В.Д. Иванова и Е.В. Кузнецовой [8].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

После ротации девятипольного зернотравянопропашного севооборота произошло снижение обменной кислотности почвы в слое 0-20 см на 0,27-0,32 единиц, особенно сильно проявившееся на фоне комбинированной обработки. Так,  $pH_{\text{сол}}$  на вариантах с отвальной и плоскорезной обработками было 5,80, тогда как на комбинированной обработке этот показатель составил 5,85. В слое 20-40 см обменная кислотность снизилась только на двух вариантах – при отвальной обработке - на 0,55 единиц и при плоскорезной обработке – на 0,15 единиц. На вариантах с комбинированной обработкой изменений не произошло. Раскисление

почвы связано с тем, что перед закладкой опыта, перед основной обработкой мы провели известкование 8 полей севооборота (поле под клевером не известковали) в количестве 6 т/га извести. Выявили, что гидролитическая кислотность повышалась по всем обработкам почвы, но наиболее ярко выражен этот процесс был на вариантах с плоскорезной обработкой. Так, в слое 0-20 см превышение составило 1,53 мг-экв/100 г, в слое 20-40 см – 1,15 мг-экв/100 г (табл.1).

Таблица 1. Изменение физико-химических свойств почвы под влиянием основной обработки почвы в конце ротации 9-типольного зернотравянопропашном севообороте (в среднем за 11 лет)

Обработка почвы	Глубина	Обменная кислотность	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Емкость поглощения	Степень насыщенности почвы основаниями
	см	pH <sub>сол</sub>	мг-экв/100 г почвы			%
Отвальная	0-20	5,80	6,12	42,80	35,6	82,0
	20-40	6,15	5,52	43,30	38,8	82,0
	0-40	6,00	5,82	43,05	37,2	82,0
Плоскорезная	0-20	5,80	6,83	41,2	35,7	81,0
	20-40	5,75	5,69	42,0	37,8	78,0
	0-40	5,80	6,26	41,6	36,8	79,5
Комбинированная	0-20	5,85	5,87	44,1	37,4	85,0
	20-40	5,60	4,85	41,9	38,7	82,0
	0-40	6,00	5,36	43,0	38,0	83,5
Перед закладкой исследований	0-20	5,53	5,30	32,26	37,8	80,9
	20-40	5,60	4,54	33,66	36,5	88,1
	0-40	5,56	4,92	32,96	37,2	84,5

На вариантах, где мы сочетали безотвальную обработку с отвальной, подкисление почвы происходило медленнее, чем по другим обработкам. Отвальная обработка занимала промежуточное положение между плоскорезной и комбинированной обработками. В слое 0-20 см увеличение гидролитической кислотности было на 0,57-1,53 мг-экв/100 г, в более глубоких (20-40 см) слоях – на 0,31-1,15 мг-экв/100 г. Это указывает на то, что подкисление подпахотного горизонта происходило медленнее, чем пахотного. Следовательно, существенным фактором подкисления черноземных почв являются внесенные удобрения.

Величина суммы поглощенных оснований в слое 0-20 см увеличилась на 10,54 мг-экв/100 г (на 32,7%) по отвальной обработке, по плоскорезной – на 8,94 (27,7%) и по комбинированной – на 11,84 мг-экв/100 г (36,7%) в сравнении с исходными показателями. Аналогичная тенденция сохранилась и в более глубоких горизонтах (20-40 см) почвы: соответственно – на 28,6; 24,8 и 24,5%. В целом, по всему обрабатываемому слою 0-40 см увеличение суммы поглощенных оснований по вспашке было на 30,6%, по плоскорезной обработке – на 26,2%, комбинированной – на 30,5%. Увеличение суммы поглощенных оснований и возрастание гидролитической кислотности сдвинули показатели степени насыщенности почвы основаниями и емкости поглощения в сторону постепенного раскисления. Так, степень насыщенности почвы основаниями в пахотном горизонте (0-20 см,), по сравнению с показателями при закладке опыта, увеличилась на 1,1-4,1%, тогда как в подпахотном горизонте (20-40 см) произошло её существенное снижение, например, при плоскорезной обработке – на 10,1%. Комбинированная обработка почвы в севообороте сдерживала снижение суммы обменных катионов в сравнении с плоскорезной.

Применение разных способов основной обработки почвы в севообороте по-разному влияло на трансформацию агрохимических показателей пахотного слоя. Плоскорезная обработка в конце ротации девятипольного зернотравянопропашного севооборота больше дру-

гих обработок увеличивала содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см. Увеличение составило 3,77 мг/100 г почвы. Сочетание отвальных и безотвальных обработок также приводило к увеличению фосфора на 2,83 мг/100 г. По отвальной обработке в этом слое практически не изменилось содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В более глубоких горизонтах (20-40 см) почвы содержание подвижного фосфора было значительно ниже исходных данных по всем обработкам (табл.2).

Таблица 2. Изменение агрохимических свойств почвы под влиянием основной обработки почвы в конце ротации 9-типольного зернотравянопропашном севообороте (в среднем за 11 лет)

Обработка почвы	Глубина	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общий азот
	см	мг/100 г почвы		%
Отвальная	0-20	10,18	18,28	0,815
	20-40	7,27	13,95	0,780
	0-40	8,73	16,12	0,798
Плоскорезная	0-20	13,84	18,40	0,874
	20-40	7,52	14,08	0,808
	0-40	10,68	16,24	0,841
Комбинированная	0-20	12,9	18,73	0,955
	20-40	7,82	12,51	0,886
	0-40	10,36	15,62	0,921
Перед закладкой исследований	0-20	10,07	17,90	0,805
	20-40	10,54	16,83	0,781
	0-40	10,30	17,36	0,793

Было установлено, что положительный баланс по обемному калию был по всем обработкам, но только в слое 0-20 см. Превышение в сравнении с исходным уровнем составило от 0,38 до 0,83 мг/100 г почвы. В слое 20-40 см баланс по калию был отрицательным по всем обработкам: от 2,75 (плоскорезная) до 4,32 мг/100 г (комбинированная).

Содержание общего азота в конце ротации девятипольного севооборота повышалось по плоскорезной и комбинированной обработкам. По отвальной обработке этого не наблюдалось. Комбинированная обработка повышала содержание общего азота в слое 0-20 см в сравнении со вспашкой на 17,2% и по сравнению с плоскорезной – на 9,3%, в слое 20-40 см – на 13,6 и 9,6% соответственно. Следовательно, для сохранения физико-химических свойств почвы и повышения производительной способности чернозема следует отдавать предпочтение комбинированной обработке, где вспашка в девятипольном севообороте занимает от 33 до 45%. На этом варианте за ротацию севооборота собрано продукции 4,94 т/га к.ед., по плоскорезной – 4,57 т/га к.ед. по отвальной 4,81 т/га к.ед.

### Выводы

1. По степени неблагоприятного воздействия на почву системы обработки почвы полагаются в следующей возрастающей последовательности: комбинированная, отвальная, плоскорезная под культуры севооборота.

2. Для сохранения физико-химических свойств почвы и повышения производительной способности чернозема следует отдавать предпочтение комбинированной обработке, где вспашка в девятипольном севообороте занимает от 33 до 45%. На этом варианте за ротацию севооборота собрано продукции 4,94 т/га к.ед., по плоскорезной – 4,57 т/га к.ед., по отвальной 4,81 т/га к.ед.

### **Список источников**

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1976. 280 с.
2. Борин А.А., Коровина О.А., Лощинина А.Э. Обработка почвы в севообороте // Земледелие. 2013. № 2. С. 20-22.
3. Влияние приемов биологизации и различных способов обработки почвы на показатели плодородия и урожайность культур севооборотов / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов, В.И. Воронин // Вестник Воронежского ГАУ. 2016. № 3 (50). С. 47-56.
4. Гулидова В.А. Современные тенденции обработки почвы в Центральном Черноземье // Актуальные агросистемы. 2021. №3. С. 22-27.
5. Девятова Т.А. Антропогенная динамика и биодиагностика экологического состояния черноземов ЦЧР: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Воронеж, 2006. 42 с.
6. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота // Агрохимия. 2016. № 6. С. 3-8.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: изд. 6-е. Москва: Альянс, 2011. 351 с.
8. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учебное пособие. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.
9. Изменение потенциального плодородия чернозема при разных способах основной обработки почвы // В.И. Турусов, А.М. Новичихин, В.М. Гармашов, С.А. Гаврилова // Земледелие. 2013. № 7. С. 12-14.
10. Инструкция ЦИНАО по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. М.: Колос, 1973. 55 с.
11. Когут Б.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Москва, 1996. 45 с.
12. Надежкина Е.В. Эколого-агрохимические аспекты регулирования азотного режима черноземных почв лесостепи Среднего Поволжья: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Казань, 2004. 47 с.
13. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия / А.Ф. Витер, В.И. Турусов, В.М. Гармашов, С.А. Гаврилова. Воронеж: изд-во «Истоки», 2011. 208 с.
14. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. 6-е изд. М.: Колос, 1968. 496 с.
15. Почвы Липецкой области / Ю.И. Сискевич, В.А. Никоноренков, О.В. Долгих и др. Липецк: изд-во «Позитив Л», 2018. 209 с.
16. Сдобников С.С. Пахать или не пахать?: (Новое в обраб. и удобрении полей). - Москва: Б. и., 1994. - 288 с.
17. Стекольников К.Е. Карбонатно-кальциевый режим и гумусовое состояние черноземов лесостепи ЦЧЗ: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Воронеж, 2011. 47 с.
18. Черкасов Г.Н., Казанцев С.И. Ресурсосберегающие приемы в адаптивно-ландшафтном земледелии // Владимирский земледелец. 2013. № 3. С. 5-8.

### **References**

1. Aleksandrova L.N., Najdenova O.A. Laboratory and practical classes in soil science. 3rd ed., reprint. and add. Leningrad: Kolos Publ., 1976. 280 p.
2. Borin A.A., Korovina O.A., Loshchinina A.E. Tillage in crop rotation. Agriculture, 2013, no. 2, pp. 20-22.



3. The influence of biologization techniques and various methods of tillage on fertility indicators and crop yields of crop rotations. A.A. Dedov, M.A. Nesmeyanova, A.V. Dedov, V.I. Voronin. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University, 2016, no. 3 (50), pp. 47-56.
4. Gulidova V.A. Modern trends of tillage in the Central Chernozem region. Actual agricultural systems, 2021, no. 3, pp. 22-27.
5. Devyatova T.A. Anthropogenic dynamics and biodiagnostics of the ecological state of chernozems of the Central Black Earth Region: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences. Voronezh, 2006. 42 p.
6. Dedov A.A., Dedov A.V., Nesmeyanova M.A. Dynamics of decomposition of plant residues in typical chernozem and productivity of crop rotation crops. Agrochemistry, 2016, no. 6, pp. 3-8.
7. Dospekhov B.A. Methodology of field experience: ed. 6th. Moscow: Al'yans Publ., 2011. 351 p.
8. Ivanov V.D., Kuznecova E.V. Soil assessment: a textbook. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publ., 2004. 287 p.
9. Changes in the potential fertility of chernozem with different methods of basic tillage. V.I. Turusov, A.M. Novichihin, V.M. Garmashov, S.A. Gavrilova. Agriculture, 2013, no. 7. pp. 12-14.
10. Instruction manual of the Central Institute of petrochemical services of Agriculture for conducting mass soil analyses in zonal agrochemical laboratories. Moscow: Kolos Publ., 1973. 55 p.
11. Kogut B.M. Transformation of the humus state of chernozems in their agricultural use: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Moscow, 1996. 45 p.
12. Nadezhkina E.V. Ecological and agrochemical aspects of regulation of the nitrogen regime of chernozem soils of the forest-steppe of the Middle Volga region: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences. Kazan, 2004. 47 p.
13. Tillage as a factor of soil fertility regulation. A.F. Viter, V.I. Turusov, V.M. Garmashov, S.A. Gavrilova. Voronezh: Istoki Publ., 2011. 208 p.
14. Peterburgskij A.V. Workshop on agronomic chemistry. 6th ed. Moscow: Kolos Publ., 1968. 496 p.
15. Soils of the Lipetsk region. Yu.I. Siskevich, V.A. Nikonorenkov, O.V. Dolgih, A.B. Ah-tyrcev, V.D. Sushkov. Lipetsk: Limited liability company «Pozitiv L» Publ., 2018. 209 p.
16. Sdobnikov S.S. Plow or plow? (New in the processing and fertilization of fields). Moscow: Without a publisher, 1994. 288 p.
17. Stekol'nikov K.E. Carbonate-calcium regime and humus state of chernozems of the forest-steppe of the Central Park: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Voronezh, 2011. 47 p.
18. Cherkasov G.N., Kazancev S.I. Resource-saving techniques in adaptive landscape farming. Vladimir farmer, 2013, no. 3, pp. 5-8.

#### **Информация об авторах**

**В.А. Гулидова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

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

#### **Information about the authors**

**V.A. Gulidova** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products;

**V.L. Zakharov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 632.954: 631.466.1+631.461

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-75-82

## ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ СПССПК «ТИМИРЯЗЕВСКИЙ» ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Захаров Вячеслав Леонидович<sup>1✉</sup>, Ленкшевич Анна Владимировна<sup>2</sup>,  
Школьникова Марина Николаевна<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> zaxarov7979@mail.ru✉

<sup>2</sup> Witchanna@bk.ru

<sup>3</sup> shkolnikova.m.n@mail.ru

**Аннотация.** В научной литературе почти отсутствуют сведения о влиянии гербицидной нагрузки на численность микроорганизмов в разрезе подтипов почвы. Целью настоящей работы было установить, как влияют три разных дозировки гербицидного раствора на численность микроорганизмов в двух подтипах садопригодного чернозёма Липецкой области. Исследования проводились в 2022-2023 гг. в 3-летнем вишнёвом саду СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области. Объектом исследования служили два подтипа почвы: чернозём выщелоченный и оподзоленный. В саду после междурядной механической обработки поверхность почвы опрыскивали раствором гербицида Глифошанс Супер. Концентрация гербицида в водном растворе составляла 1,0, 1,5 и 2,0 %. Через 3 дня проводили определение численности микроорганизмов в слое 0-10 см. Внесение в чернозёмы садов гербицидов на основе глифосата с концентрацией рабочего раствора 2 % приводит к снижению численности микроорганизмов. Через 3 дня количество бактерий сокращается в 2-2,5 раза, плесневых грибов – в 6-115 раз, общее микробное число – в 2,8-12,3 раз. Из почвенных микроорганизмов от гербицидов особенно страдают плесневые грибы. По мере уменьшения концентрации гербицида на основе глифосата сокращение численности бактерий, плесневых грибов и общее микробное число чернозёма выщелоченного и оподзоленного снижается. Микрофлора чернозёма оподзоленного более устойчива к гербицидной нагрузке, чем микроорганизмы чернозёма выщелоченного.

**Ключевые слова:** подтип почвы, гербициды, сады, микроорганизмы, буферность почвы.

**Для цитирования:** Захаров В.Л., Ленкшевич А.В., Школьникова М.Н. Влияние гербицидной нагрузки на содержание микроорганизмов в почвах СПССПК «Тимирязевский» Липецкой области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 75-82. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-75-82>.

Original article

## THE EFFECT OF HERBICIDAL LOAD ON THE CONTENT OF MICROORGANISMS IN THE SOILS OF THE AGRICULTURAL PROCESSING SUPPLY AND MARKETING CONSUMER COOPERATIVE «TIMIRYAZEVSKEY» OF THE LIPETSK REGION

Vyacheslav L. Zaxarov<sup>1✉</sup>, Anna V. Lenkshevich<sup>2</sup>, Marina N. Shkolnikova

<sup>1,2</sup> Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

<sup>3</sup> Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> zaxarov7979@mail.ru✉

<sup>2</sup> Witchanna@bk.ru

<sup>3</sup> shkolnikova.m.n@mail.ru

**Abstract.** There is almost no information in the scientific literature about the effect of herbicide load on the number of microorganisms in the context of soil subtypes. The purpose of this work was to establish how three different dosages of herbicide solution affect the number of microorganisms in two subtypes of

*garden-suitable chernozem of the Lipetsk region. The research was carried out in 2022-2023 in the 3-year-old cherry orchard of the agricultural processing supply and marketing consumer cooperative "Timiryazevsky" of the Dolgorukovsky district of the Lipetsk region. The object of the study was two subtypes of soil: leached chernozem and podzolized. In the garden, after row-to-row mechanical treatment, the soil surface was sprayed with a solution of the herbicide Glyphoshans Super. The concentration of the herbicide in an aqueous solution was 1.0, 1.5 and 2.0%. After 3 days, the number of microorganisms in the 0-10 cm layer was determined. The introduction of herbicides based on glyphosate with a working solution concentration of 2% into the chernozems of gardens leads to a decrease in the number of microorganisms. After 3 days, the number of bacteria is reduced by 2-2.5 times, mold fungi – by 6-115 times, the total microbial number – by 2.8-12.3 times. Of the soil microorganisms, mold fungi especially suffer from herbicides. As the concentration of glyphosate-based herbicide decreases, the number of bacteria, mold fungi and the total microbial number of leached and podzolized chernozem decreases. The microflora of podzolized chernozem is more resistant to herbicidal load than microorganisms of leached chernozem.*

**Keywords:** soil subtype, herbicides, gardens, microorganisms, soil buffering.

**For citation:** Zakharov V.L., Lenkshevich A.V., Shkolnikova M.N. The effect of herbicidal load on the content of microorganisms in the soils of the agricultural processing supply and marketing consumer cooperative «Timiryazevsky» of the Lipetsk region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 75-82. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-75-82>.

### **Введение**

К числу микроорганизмов-деструкторов промышленных отходов, в первую очередь, относятся грибы и представители грамотрицательных и грамположительных бактерий, включая фототрофных прокариот – цианобактерий [14]. Зафиксировано расщепление хлор- и фосфорорганических инсектицидов и гербицидов с помощью грибов белой гнили *Phanerochaete chrysosporium* [20]. На питательной среде с добавлением гербицида (1 мг/л) установлено, что гербицид Фюзилад Форте на 50 % замедляет рост колоний бактерии *Erwinia* [7]. Бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Citrobacter* и виды грибов *Aspergillus* и *Penicillium*, выделенные из почвы, были способны разлагать пестицид монокротофос [19]. Установлено, что длительное пребывание пестицидов (30 дней) в почве вызывает изменение состава микробиоценоза почвы – нарастает численность бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, как главных деструкторов чужеродных веществ [11]. По другим источникам пестицидные обработки вегетирующих зерновых растений временно угнетают работу микроорганизмов, отвечающих за круговорот азота, а в целом не влияют на сукцессию микробиоценоза [10]. В насаждениях смородины и крыжовника в Тамбовской области гербициды Ураган Форте, Раундап, Гоал 2Е и баковые смеси Лонтрела-300 с Раундапом в первые 30 дней после внесения временно угнетали микрофлору луговато-чернозёмной почвы в слое 0-10 см [3], а гербициды Утал, Баста и Набу в первые 5-10 дней вызвали незначительное снижение активности микрофлоры этой почвы в указанном слое, однако спустя 1-2 месяца целлюлолитическая активность почвы была высокая [2]. Тёмно-серые лесные почвы Красноярского края обладают повышенной буферностью микробного сообщества к химическим загрязнителям: уже через месяц распадаются сернистые соли натрия, а через год – такие тяжёлые металлы, как медь, свинец и никель [5]. В литературе рассматриваются последствия применения в лесоразведении ряда гербицидов группы сульфонилмочевин (сульфометурон-метил, метсульфурон-метил, трибенурон-метил), имидазолинонов (имазапир) и фосфорорганических соединений (производные глифосата), которые в настоящее время разрешены к применению на территории Российской Федерации. Кислая среда лесных почв способствует более быстрому распаду этих веществ, чем в более нейтральных почвах [18]. К деградации пестицидов способны микроорганизмы разных систематических групп. Выделены бактерии, способные в течение 5 суток минерализовать до 90% атразина в почве [23]. Так, например, почвенная бактерия *Agrobacterium radiobacter* способна за 72 ч минерализовать 94% гербицида атразина на безазотистой среде. Внесение этого штамма в почву в 2–5 раз увеличивало способность этой почвы к минерализации гербицида [22]. Установлено, что бактерия *Anabaena variabilis* не только устойчива к возрастающим концентрациям гербицидов арезина, бутахло-

ра, алахлора и 2,4-Д на рисовых полях, но и способна сохранять свою азотфиксирующую способность [21]. Из 15 штаммов зелёных водорослей 8 были способны метаболизировать гербицид флуометурон путём N-деметилиции до дезметилфлуометурана. Наивысшая активность при этом наблюдалась у *Ankistrodesmus falcatus*, *A. nannoselene*, *Selenastrum capricornutum*, *S. gracile*, *S. minutum*, отдельные штаммы которых полностью доводили деметилирование до трифлуорометилфенил мочевины [24].

Агрохимические свойства почв Липецкой области достаточно подробно представлены в научном труде Ю.И. Сискевич [16], однако здесь мало внимания уделено садовым почвам и не освещены вопросы микробиологической их активности. Поиск и выделение в чистую культуру микроорганизмов среди бактерий, микромицетов и водорослей, способных к активной деградации тех или иных препаратов, является основой в разработке биоремедиационных мероприятий по очистке почвы от остаточных пестицидов [17]. В научной литературе почти отсутствуют сведения о влиянии гербицидной нагрузки на численность микроорганизмов в разрезе подтипов почвы. Поэтому целью настоящей работы было установить, как влияют три разных дозировки гербицидного раствора на численность микроорганизмов в двух подтипах садопригодного чернозёма Липецкой области.

### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводились в 2022-2023 гг. в 3-летнем вишнёвом саду СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области. Сорт Молодёжная. Подвой – ВЦ-13. Схема посадки 5 X 2,45 м. Объектами исследований являлись два подтипа почвы: чернозём оподзоленный и чернозём выщелоченный. Почвы по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые и залегают на покровном суглинке. Чернозём выщелоченный имеет следующее строение профиля: А (0-80 см); АВ<sub>1</sub> (80-100 см); В<sub>2</sub> (100-115 см); В<sub>3Ca</sub> (115-170 см); ВС<sub>Ca</sub> (170-210 см); С<sub>Ca</sub> (210-220). Чернозём оподзоленный имеет следующее строение профиля: А<sub>1</sub> (0-60 см); АВ (60-178 см); В (178-220 см); С (220-230 см). Опрыскивание поверхности почвы проводили в междурядьях, которые содержались под чёрным паром. Обработку проводили раствором гербицида глифосанс супер, ВР (540 г/л глифосата кислоты (калиевая соль)) ручным ранцевым опрыскивателем 18 мая, 29 июня и 9 сентября 2023 г. Это системный гербицид сплошного действия с широким спектром сорняков. Концентрация гербицида в водном растворе составляла 1,0, 1,5 и 2,0 %. Норма рабочего расхода 1200-1430 л/га. В течение последующих 7-10 дней сохранялся гербицидный эффект. Отбор почвы для микробиологических анализов проводили через 3 дня после опрыскивания согласно методическим указаниям В.В. Церлинга и Л.А. Егоровой [12]. Количество микроорганизмов в почве определяли посевом на питательные среды при разведении в 10000 и 100000 раз [13]. Для культивирования бактерий и КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) использовали питательный агар, для выращивания плесневых грибов использовали среду Чапека. Агрохимические анализы почвы выполнены по инструкции ЦИНАО [9]: содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [1]; подвижного фосфора и обменного калия – по методу Ф.В. Чирикова [15] на фотоэлектроколориметре КФК-2 и пламенном фотометре ФПА-2; гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований – титриметрическим методом по Каппэну; рН солевой вытяжки – ионометрическим методом на иономере ЭВ-74 [1], нитратный азот - ионометрическим методом на иономере «Эксперт-001» с нитратным электродом [4]. Оценку почв проводили согласно учебному пособию В.Д. Иванова и Е.В. Кузнецовой [8]. Математическая обработка данных проводилась дисперсионным анализом [6].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Согласно нашим агрохимическим данным, исследуемые почвы малогумусные, с низкой для плодовых обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием. Чернозём оподзоленный имеет высокую гидролитическую кислотность, среднекислую реакцию среды,

высокое содержание нитратного азота и среднюю сумму обменных оснований. Чернозём выщелоченный имел очень низкое содержание нитратного азота, слабокислую реакцию среды, низкую гидролитическую кислотность и среднюю сумму обменных оснований (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические свойства чернозёмов СПССПК «Тимирязевский» в 2022-2023 гг.

Глубина, см	Гумус, %	Нитратный азот, мг/100 г	рН <sub>KCl</sub>	Гидролитическая кислотность	Сумма обменных оснований	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				мг-экв/100 г			
Чернозём выщелоченный							
0-10	5,0	0,9	5,4	2,8	27,3	2,7	8,1
10-50	5,2	1,0	5,5	2,7	28,0	3,0	8,3
Чернозём оподзоленный							
0-10	4,9	2,7	4,7	5,8	12,5	2,8	7,0
10-50	5,0	2,7	4,6	6,0	12,0	2,9	7,2
НСР <sub>05</sub>	0,2	1,0	0,2	0,2	3,0	0,2	0,6
НСР %	7,0	13,0	3,4	11,0	12,0	1,0	7,1

Поскольку опытные участки в садах характеризовались по численности микроорганизмов высокой пестротой, то для более высокой точности опыта количество микроорганизмов мы определяли до и после обработки гербицидом на одних и тех же делянках. Судя по контрольным делянкам, чернозём выщелоченный отличается от оподзоленного более высоким содержанием бактерий и дрожжей, но уступает оподзоленному по количеству грибов.

Установлено, что при обработке гербицидом чернозёма оподзоленного при его концентрации в рабочем растворе 2 % через 3 дня численность микроорганизмов снизилась следующим образом: бактерий – в 2 раза, плесневых грибов – в 6 раз, общее количество микроорганизмов – в 2,8 раза (табл.2).

Таблица 2. Численность микроорганизмов в почвах вишнёвых садах СПССПК «Тимирязевский» в зависимости от концентрации гербицида глифошанс супер, тыс. КОЕ/г (среднее за 18 мая, 29 июня и 9 сентября 2023 года)

Концентрация гербицида, %	Срок отбора	Бактерии	КМАФАнМ	Плесневые грибы
Чернозём оподзоленный				
2,0	до обработки	8,0	2000,0	1240,0
	после обработки	4,0	715,0	205,0
1,5	до обработки	9,1	3500,5	955,0
	после обработки	4,7	1350,0	173,6
1,0	до обработки	9,0	10000,0	735,0
	после обработки	6,0	7692,0	340,0
Чернозём выщелоченный				
2,0	до обработки	10,0	7000,0	115,0
	после обработки	4,0	570,0	1,0
1,5	до обработки	16,0	8000,0	452,5
	после обработки	7,0	900,4	6,7
1,0	до обработки	16,0	10000,0	600,0
	после обработки	8,0	1250,0	480,0
НСР <sub>05</sub>		0,4	150,0	5,0
НСР %		5,0	7,2	6,3



При обработке гербицидом чернозёма выщелоченного при его концентрации в рабочем растворе 2 % через 3 дня численность микроорганизмов снизилась следующим образом: бактерий – в 2,5 раза, плесневых грибов – в 115 раз, общее количество микроорганизмов – в 12,3 раза.

После обработки чернозёма оподзоленного гербицидом в концентрации 1,5 % через 3 дня численность микроорганизмов сократилась следующим образом: бактерий – в 1,9 раза, плесневых грибов – в 5,5 раза, общее количество микроорганизмов – в 2,6 раза.

После опрыскивания чернозёма выщелоченного гербицидом в концентрации 1,5 % через 3 дня количество микроорганизмов сократилось следующим образом: бактерий – в 2,3 раза, плесневых грибов – в 67,5 раза, общее количество микроорганизмов – в 8,9 раза.

После обработки чернозёма оподзоленного гербицидом в концентрации 1,0 % через 3 дня численность микроорганизмов сократилась следующим образом: бактерий – в 1,5 раза, плесневых грибов – в 2,0 раза, общее количество микроорганизмов – в 1,3 раза.

После внесения гербицида в чернозём выщелоченный в концентрации 1,0 % через 3 дня количество микроорганизмов сократилось следующим образом: бактерий – в 2,0 раза, плесневых грибов – в 1,3 раза, общее количество микроорганизмов – в 8,0 раз.

Таким образом, с уменьшением концентрации гербицида численность всех трёх групп микроорганизмов в обоих подтипах почвы страдает уже в меньшей степени.

Сравнивая устойчивость этих двух подтипов почвы к воздействию гербицида по снижению численности микрофлоры, можно выделить чернозём оподзоленный как более буферный подтип почвы, а следовательно, более пригодный для промышленного выращивания яблони.

#### **Выводы**

1. Внесение в чернозёмы садов гербицидов на основе глифосата с концентрацией рабочего раствора 2 % приводит к снижению численности микроорганизмов. Через 3 дня количество бактерий сокращается в 2-2,5 раза, плесневых грибов – в 6-115 раз, общее микробное число – в 2,8-12,3 раз.

2. Из почвенных микроорганизмов от гербицидов особенно страдают плесневые грибы.

3. По мере уменьшения концентрации гербицида на основе глифосата сокращение численности бактерий, плесневых грибов и общее микробное число чернозёма выщелоченного и оподзоленного снижается.

4. Микрофлора чернозёма оподзоленного более устойчива к гербицидной нагрузке, чем микроорганизмы чернозёма выщелоченного.

#### **Список источников**

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1976. 280 с.

2. Алиев Т.Г.-Г. Агробиологическое обоснование применения гербицидов в плодовых и ягодных насаждениях: автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. Мичуринск, 2007. 47 с.

3. Архипов Ю.А. Разработка системы содержания почвы в насаждениях смородины и крыжовника в ЦЧР на основе применения гербицидов: автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2011. 23 с.

4. ГОСТ 26488-85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. Утверждён Постановлением Госкомитета СССР по стандартам от 26.03.1985 г. № 821. Москва: Изд-во стандартов, 1985. 5 с.

5. Гродницкая И.Д. Эколого-микробиологическая индикация и биоремедиация почв естественных и нарушенных лесных экосистем Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Красноярск, 2013. 35 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: изд. 6-е. Москва: Альянс, 2011. 351 с.

7. Дохтукаева А.М, Хунарикова М.В., Сулиева М.С. Бактерицидное действие гербицидов // Актуальные вопросы экологической физиологии: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Грозный, 04 апреля 2023 года. Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2023. С. 21-23.
8. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учебное пособие. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.
9. Инструкция ЦИНАО по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. Москва: Колос, 1973. 55 с.
10. Коробова Л.Н. Особенности сукцессии микробных сообществ в чернозёмах Западной Сибири: автореф. дис. д-ра биол. наук. Новосибирск, 2007. 43 с.
11. Ксенофонтова О.Ю. Взаимодействие пестицидов и микроорганизмов почвы: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 2004. 15 с.
12. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур // Сост. В.В. Церлинг, Л.А. Егорова. Москва: Колос, 1980. 47 с.
13. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации. Разработаны Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Госсанэпиднадзора Минздрава России. Утверждены и введены в действие 24.12.2004. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2004. 12 с.
14. Микробная деградация промышленных отходов (обзор) / Л.И. Домрачева, Т.Я. Ашихмина, Т.С. Елькина, А.Р. Гайфутдинова // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 2. С. 6-16.
15. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. 6-е изд. Москва: Колос, 1968. 496 с.
16. Почвы Липецкой области / Ю.И. Сискевич, В.А. Никоноренков, О.В. Долгих, А.Б. Ахтырцев, В.Д. Сушков. Липецк: ООО «Позитив Л», 2018. 209 с.
17. Реакция почвенной микробиоты на действие пестицидов (обзор) / Л.И. Домрачева, Т.Я. Ашихмина, Л.В. Кондакова, Г.И. Березин // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 4-18.
18. Экологическая оценка гербицидов, используемых при лесовыращивании / А.А. Бубнов, А.Б. Егоров, Л.Н. Павлюченкова, А.М. Постников // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2022. № 4. С. 58-75.
19. Balasubramanian R., Chandrasehar G., Ayyappan S. Utilisation of monocrotophos as a source of phosphorus by bacteria and fungi // J. Ecobiol. 2006. Vol. 18. No 3. Pp. 213-217.
20. Maloney S.E. Degradation of insecticides and herbicides by Fungi // J. Chem. Technol., and Biotechnol. 1998. Vol. 71. No 4. Pp. 360-362.
21. Singh S., Datta P. Screening and selection of most potent diazotrophic cyanobacterial isolate exhibiting natural tolerance to rice field herbicides for exploitation as biofertilizer // J. Basic Microbiol., 2006. Vol. 46. No 3. Pp. 219-225.
22. Struthers J.K., Jayachandran K., Moorman T.B. Biodegradation of atrazine of *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil // Appl. and Environ. Microbiol. 1998. Vol. 64. No 9. Pp. 3368-3375.
23. Wenk M., Bourgeois M., Allen J., Stucki G. Effects of atrazine-mineralizing microorganisms on weed growth in atrazine-treated soils // J. Agr. and Food Chem. 1997. Vol. 45. No 11. Pp. 4474-4480.
24. Zablutowicz R.M., Schrader K.K., Locke M.A. Algal transformation of fluometuron and atrazine by N-dealkylation // J. Environ. Sci. and Health, 1998. Vol. 33. No 5. Pp. 511-528.

### References

1. Aleksandrova L.N., Najdenova O.A. Laboratory and practical classes in soil science. 3rd ed., reprint. and add. Leningrad: Kolos Publ., 1976. 280 p.
2. Aliev T.G.-G. Agrobiological justification of the use of herbicides in fruit and berry plantations: abstract of the dissertation of the Doctor of agricultural Sciences. Michurinsk. 2007. 47 p.
3. Arhipov Yu.A. Development of a soil maintenance system in currant and gooseberry plantations in the Central Park based on the use of herbicides: abstract of the dissertation of the Candidate of agricultural Sciences. Michurinsk, 2011. 23 p.
4. State Standard 26488-85 Soil. Determination of nitrates by the method of the Central Institute of agrochemical services of Agriculture. Approved by the Resolution of the USSR State Committee for Standards No. 821 dated 03.26.1985. Moscow: Standard Publ., 1985. 5 p.
5. Grodnickaya I.D. Ecological and microbiological indication and bioremediation of soils of natural and disturbed forest ecosystems of Siberia: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences. Krasnoyarsk, 2013. 35 p.
6. Dospekhov B.A. Methodology of field experience: ed. 6th. Moscow: Al'yans Publ., 2011. 351 p.
7. Dohtukaeva A.M., Hunarikova M.V., Sulieva M.S. Bactericidal action of herbicides. Topical issues of ecological physiology: Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference, Grozny, April 04, 2023. Grozny: Akhmat Abdulhamidovich Kadyrov Chechen State University, 2023, pp. 21-23.
8. Ivanov V.D., Kuznecova E.V. Soil assessment: a textbook. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publ., 2004. 287 p.
9. Instruction manual of the Central Institute of petrochemical services of Agriculture for conducting mass soil analyses in zonal agrochemical laboratories. Moscow: Kolos Publ., 1973. 55 p.
10. Korobova L.N. Features of the succession of microbial communities in the chernozems of Western Siberia: abstract of the dissertation of Dr. Biol. sci. Novosibirsk, 2007. 43 p.
11. Ksenofontova O.Yu. Interaction of pesticides and soil microorganisms: abstract of the thesis of the Candidate of Biological Sciences. Saratov, 2004. 15 p.
12. Guidelines for the diagnosis of mineral nutrition of apple trees and other garden crops. Authors-compilers V.V. Cerling, L.A. Egorova. Moscow: Kolos Publ., 1980. 47 p.
13. Methods of microbiological control of soil. Methodological recommendations. Developed by the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. Approved and put into effect on 12.24.2004. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2004. 12 p.
14. Microbial degradation of industrial waste (review). L.I. Domracheva, T.YA. Ashihmina, T.S. El'kina, A.R. Gajfutdinova. Theoretical and applied ecology, 2014, no. 2, pp 6-16.
15. Peterburgskij A.V. Workshop on agronomic chemistry. 6th ed. Moscow: Kolos Publ., 1968. 496 p.
16. Soils of the Lipetsk region. Yu.I. Siskevich, V.A. Nikonorenkov, O.V. Dolgih, A.B. Ah-tyrcev, V.D. Sushkov. Lipetsk: Limited liability company «Pozitiv L» Publ., 2018. 209 p.
17. The reaction of the soil microbiota to the action of pesticides (review). L.I. Domracheva, T.Ya. Ashihmina, L.V. Kondakova, G.I. Berezin. Theoretical and applied ecology, 2012, no. 3, pp. 4-18.
18. Ecological assessment of herbicides used in forest cultivation. A.A. Bubnov, A.B. Ego-rov, L.N. Pavlyuchenkova, A.M. Postnikov. Scientific works of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry, 2022, no. 4, pp. 58-75.
19. Balasubramanian R., Chandrasehar G., Ayyappan S. Utilisation of monocrotophos as a source of phosphorus by bacteria and fungi. J. Ecobiol, 2006, vol. 18, no. 3, pp. 213-217.

20. Maloney S.E. Degradation of insecticides and herbicides by Fungi. J. Chem. Technol., and Biotechnol, 1998, vol. 71, no. 4, pp. 360-362.

21. Singh S., Datta P. Screening and selection of most potent diazotrophic cyanobacterial isolate exhibiting natural tolerance to rice field herbicides for exploitation as biofertilizer. J. Basic Microbiol., 2006, vol. 46, no. 3, pp. 219-225.

22. Struthers J.K., Jayachandran K., Moorman T.B. Biodegradation of atrazine of Agrobacterium radiobacter J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil. Appl. and Environ. Microbiol, 1998, vol. 64, no. 9, pp. 3368-3375.

23. Wenk M., Bourgeois M., Allen J., Stucki G. Effects of atrazine-mineralizing microorganisms on weed growth in atrazine-treated soils. J. Agr. and Food Chem, 1997, vol. 45, no. 11, pp. 4474-4480.

24. Zablotowicz R.M., Schrader K.K., Locke M.A. Algal transformation of fluometuron and atrazine by N-dealkylation. J. Environ. Sci. and Health, 1998, vol. 33, no. 5, pp. 511-528.

### **Информация об авторах**

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

**А.В. Ленкшевич** – аспирант кафедры химико-биологических дисциплин и фармакологии;

**М.Н. Школьникова** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий питания.

### **Information about the authors**

**V.L. Zakharov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products;

**A.V. Lenkshevich** – postgraduate student of the Department of Chemical and Biological Disciplines and Pharmacology;

**M.N. Shkolnikova** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food Technologies.

Научная статья

УДК 664.66.022.39

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-83-90

## **АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦФО РФ**

**Зеленцов Сергей Викторович<sup>1✉</sup>, Карпачев Владимир Владимирович<sup>2</sup>,  
Тевченков Александр Андреевич<sup>3</sup>, Мошненко Елена Валентиновна<sup>4</sup>**

<sup>1,4</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта, Краснодарский край, Краснодар, Россия

<sup>2,3</sup>Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур имени В.С. Пустовойта, Липецкая область, Липецк, Россия

<sup>1</sup>79066414882@yandex.ru✉

<sup>2</sup>karpachevv@gmail.com

<sup>3</sup>79066414882@yandex.ru

<sup>4</sup>vniimk-soy@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты экологических испытаний наиболее перспективных очень ранних линий сои краснодарской селекции в условиях Лесостепи ЦФО РФ, которые были вовлечены в гибридизацию. В полученных гибридных популяциях F<sub>4</sub> в условиях Краснодара были выделены очень ранние элитные растения с вегетационным периодом 90-100 суток, высотой растений не менее 70 см и повышенной продуктивностью. Их потомства в поколениях F<sub>6</sub> и F<sub>7</sub> проходили селекционную оценку в широтных и климатически условиях лесостепи Центрального Черноземья на базе Липецкого НИИ рапса – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк. В результате проведенных исследований было установлено, что в типичных для Центрального Черноземья погодных условиях 2021 г. и при принятых в Липецкой области сроках посева сои во 2-й декаде мая самые ранние генотипы созревали в конце августа – начале сентября. Продолжительность их вегетационных периодов составляла 96-103 дня. В аномально холодных и дождливых условиях 2022 г. вегетационный период этих генотипов увеличился до 110-123 дней. Урожайность самых ранних из изучаемых генотипов сои в условиях 2021 г. варьировала в пределах 2,04-2,46 т/га, в условиях 2022 г. – в пределах 2,07-2,91 т/га. Двухлетний анализ продуктивности изучаемых генотипов сои в различных погодных условиях позволил выделить 7 селекционных линий, формирующих урожайность более 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных погодных условиях с избыточным выпадением осадков.

**Ключевые слова:** соя, вегетационный период, адаптивность, урожайность, климат.

**Для цитирования:** Агробιολογическая оценка масличных культур в условиях лесостепи ЦФО РФ / С.В. Зеленцов, В.В. Карпачев, А.А. Тевченков, Е.В. Мошненко // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.83-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-83-90>.

Original article

## **AGROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF OILSEEDS IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Sergey V. Zelentsov<sup>1✉</sup>, Vladimir V. Karpachev<sup>2</sup>, Alexander A. Tevchenkov<sup>3</sup>,  
Elena V. Moshnenko<sup>4</sup>**

<sup>1,4</sup>V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops, Krasnodar region, Krasnodar, Russia

<sup>2,3</sup>Lipetsk State regional agricultural experimental station – branch V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops, Lipetsk region, Lipetsk, Russia

<sup>1</sup>79066414882@yandex.ru✉



<sup>2</sup>karpachevv@gmail.com

<sup>3</sup>79066414882@yandex.ru

<sup>4</sup>vniimk-soy@yandex.ru

**Abstract.** This article presents the results of environmental tests of the most promising very early soybean lines of Krasnodar breeding in the conditions of the Forest-steppe of the Central Federal District of the Russian Federation, which were involved in hybridization. In the obtained hybrid populations of F4 in the conditions of Krasnodar, very early elite plants with a growing period of 90-100 days, plant height of at least 70 cm, and increased productivity were isolated. Their offspring in generations F6 and F7 underwent selection evaluation in the latitudinal and climatic conditions of the forest-steppe of the Central Black Soil region on the basis of the Lipetsk Rapeseed Research Institute - a branch of the Federal State Budgetary Research Center V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops, Lipetsk. As a result of the conducted studies, it was found that in the typical weather conditions of the Central Black Soil region in 2021 and with the dates of soybean sowing in the Lipetsk region in the 2nd decade of May, the earliest genotypes ripened in late August – early September. The duration of their growing seasons was 96-103 days. In the abnormally cold and rainy conditions of 2022, the growing season of these genotypes increased to 110-123 days. The yield of the earliest of the studied soybean genotypes in the conditions of 2021 varied in the range of 2.04-2.46 t/ha, in the conditions of 2022 – in the range of 2.07-2.91 t/ha. A two-year analysis of the productivity of the studied soybean genotypes in various weather conditions allowed us to identify 7 breeding lines that form a yield of more than 2.0 t/ha, both in close to optimal and in abnormally cold weather conditions with excessive precipitation.

**Keywords:** soybeans, growing season, adaptability, yield, climate.

**For citation:** Agrobiological assessment of oilseeds in the conditions of the forest-steppe of the central federal district of the Russian Federation. S.V. Zelentsov, V.V. Karpachev, A.A. Tevchenkov, E.V. Moshnenko *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 83-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-83-90>.

## Введение

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации В.В. Путиным 21 января 2020 года № 20, посевные площади под соей в РФ, включая ЦЧР и Липецкую область, должны быть заняты сортами сои отечественной селекции не менее чем на 75 %. При этом, по состоянию на 2022 г., доля посевных площадей отечественных сортов сои в Липецкой области составляла всего 22,7 % или 29 тыс. га. Отчасти это связано с отсутствием собственной селекции сои в целом в Центрально-Чернозёмном регионе отечественной селекции сои [1].

Одним из наиболее эффективных способов решения проблемы дисбаланса количества и посевных площадей иностранных и отечественных сортов сои в регионе, а также увеличения доходов отечественных оригинаторов сортов от реализации семян, является активизация отечественной селекции высокоурожайных, высокоадаптивных и конкурентоспособных сортов сои непосредственно в ЦЧР [4-6].

В связи с этим целью настоящих исследований было создание исходного материала и выделение перспективных линий для селекции сортов сои, адаптивных к климатическим условиям лесостепи Центрального Черноземья, на основе теоретических и практических разработок ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК [2, 3, 7].

## Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015-2022 гг. на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, на широте 45°04', и на базе Липецкого НИИ рапса – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк, на широте 52°39'.

Подбор родительских форм сои для последующего получения гибридных потомств с потенциальной адаптивностью к климатическим условиям Центрального Черноземья осуществляли по нескольким критериям. Главным селекционным признаком принимали очень раннее созревание. По этому признаку на широте Краснодара были отобраны 9 селекцион-

ных линий из питомников предварительного и конкурсного сортоиспытания, при оптимальных (III декада апреля) сроках посева, созревших за 90-100 суток, а также 4 очень ранних сорта Свапа, Бара, Aldana и Кордоба отечественной и зарубежной селекции с таким же вегетационным периодом.

В качестве источников признаков повышенной холодоустойчивости, пониженной фотопериодической чувствительности служил сорт Славия. Источниками признака повышенной отзывчивости на улучшение влагообеспечения служили сорта Чара и ЕС Ментор.

В 2015 г. все отобранные источники, потенциально адаптивные к условиям ЦЧР признаков, были вовлечены в гибридизацию. Семена  $F_1$  были получены по 18 гибридным комбинациям скрещивания. В следующем 2016 г. из этих семян были выращены растения  $F_1$ , и с них получены семена  $F_2$ . В 2017-2018 гг. в размноженных гибридных популяциях  $F_2$ - $F_3$  проводили позитивный массовый отбор растений по признаку очень раннего созревания с вегетационным периодом 90-100 суток, а также по признакам высоты (не менее 70 см) и визуально – по признаку увеличенного количества бобов на главном побеге. В 2019 г. в гибридных популяциях  $F_4$  проводили индивидуальный отбор элитных растений по признакам очень раннего созревания, высоты главных побегов не менее 70 см и по визуально увеличенной продуктивности растений. Всего в  $F_4$  было выделено 236 элитных растений. В 2020 г. потомства  $F_5$  этих элитных растений индивидуально высевали в селекционном питомнике на однорядных делянках длиной 2,5 м. Дополнительными признаками отбора в этом поколении, помимо очень раннего созревания и высоты растений, были фенотипическая выравненность делянок, устойчивость к полеганию и к преждевременному вскрытию бобов (растрескиванию).

В 2021 г. семена 112 фенотипически лучших и самых ранних потомств  $F_6$  были направлены в Липецкий филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК с целью их селекционной оценки на адаптивность в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья.

В период 2021-2022 гг. на базе Липецкого филиала формирование питомников для оценки этих потомств проводили по типу контрольного питомника без повторностей (2021 г.) и по типу питомника предварительного сортоиспытания с 3-мя повторностями (2022 г.). В обоих случаях применяли рядовой посев с междурядьями 15 см. Норма высева из расчёта 500 тыс. семян/га. Учётная площадь делянок 15 м<sup>2</sup>. Сорт-стандарт, допущенный к выращиванию в Центральном Черноземье, – ранний сорт сои Баргузин.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Основным критерием оценки адаптивности изучаемых селекционных линий сои к широтным и климатическим условиям Липецка служила продолжительность вегетационного периода при оптимальных сроках посева (III декада мая). Этот показатель, помимо прямой трактовки, как времени между появлением всходов и созреванием растений, косвенно, но информативно отражает реакцию исследуемых генотипов на более продолжительные в Липецке летние фотопериоды, а также отражает степень зависимости скорости прохождения этапов органогенеза на фоне более низких, по сравнению с краснодарскими, температур, являющихся катализаторами активности метаболических процессов в растениях.

Посев в Липецке в 2021 г. был проведён 17 мая. Массовые всходы зафиксированы 25 мая. Температурные условия произрастания сои в течение всего периода вегетации, равно как распределение осадков и запасы влаги в почве опытного участка, в 2021 г. были близкими к климатической норме с небольшим дефицитом осадков в конце лета.

По состоянию на 20 августа отдельные генотипы сои уже начали созревать. По состоянию на 31 августа практически созрели 24 селекционные линии. К концу 1-й декады октября созрели практически все изучаемые линии сои, даже оказавшиеся излишне поздними вследствие повышенной реакции на удлинённые фотопериоды (рис. 1). Генотипы сои, созревшие позже 15 сентября, были исключены из дальнейшего изучения.

В целом, фенотипы всех селекционных линий сои F<sub>6</sub>, независимо от их вегетационного периода, оказались довольно выровнены по времени созревания и высоте растений. Наличие отдельных нетипичных растений в пределах делянок, преимущественно, обусловлено остаточным расщеплением в этом поколении. Поэтому можно заключить, что выращивание этих селекционных линий в отличающихся от Западного Предкавказья широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья не повлекло за собой заметное дополнительное фенотипическое разложение популяций по высоте и созреванию в пределах изучаемых генотипов.



Рисунок 1. Фенотипы перспективных ранних линий сои в Липецком филиале ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк, по состоянию на 2 сентября 2021 г. (на переднем плане селекционная линия сои Д-933/20).

Общий диапазон варьирования признака высоты растений у созревших до 15 сентября генотипов сои в погодных условиях 2021 г. составил 70-120 см. Урожайность этих генотипов варьировала в пределах 1,19-2,46 т/га. Характеристика наиболее перспективных ранних и среднеранних генотипов сои представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика лучших линий сои поколения F<sub>6</sub>, выделившихся по признаку раннего и среднераннего вегетационного периода на фоне типичных региональных погодных условий

Селекционный номер	Происхождение	Вегет. период, сутки	Средняя высота растений, см	Урожайность, т/га	Откл. от стандарта, ± т/га
–	Баргузин (стандарт)	98	90	2,17	–
Д-958/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,46	+0,29
Д-956/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,41	+0,24
Д-1584/6	Чара × Д-842/12	96	90	2,37	+0,20
Д-957/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,37	+0,20
Д-1590/2	Славия × ЕС Ментор	103	80	2,32	+0,15



Д-1590/9	Славия × ЕС Ментор	103	80	2,32	+0,15
Д-1584/5	Чара × Д-842/12	97	90	2,29	+0,12
Д-933/20	Д-12/14 × Л-247	100	90	2,24	+0,07
Д-946/20	Славия × ЕС Ментор	100	80	2,21	+0,04
Д-948/20	Славия × ЕС Ментор	100	70	2,21	+0,04
Д-944/20	Славия × ЕС Ментор	100	70	2,19	+0,02
Д-2524/6	Л-13-842 × Л-16/15	101	80	2,13	-0,04
Д-1584/7	Чара × Д-842/12	96	70	2,13	-0,04
Д-2522/2	Л-13-842 × Л-16/15	101	90	2,04	-0,13

Как следует из данных, представленных в таблице 1, вегетационные периоды наиболее рано созревших в условиях Липецкой области генотипов сои составляли 96-103 дня, при вегетационном периоде 98 суток у сорта-стандарта Баргузин. Это позволяет их отнести к категории ранних и среднеранних. Высота растений у этих генотипов варьировала в пределах 70-90 см, как и на широте Краснодара. Варьирование урожайности находилось в пределах 2,04-2,46 т/га, при урожайности сорта-стандарта Баргузин 2,17 т/га.

Самый ранний в опыте генотип Д-1584/6 (Чара × Д-842/12) созрел 29 августа, его вегетационный период при высоте растений 90 см составил 96 суток. При этом его урожайность достигла 2,37 т/га, что на 0,2 т/га было выше, чем у сорта-стандарта (2,17 т/га). Близкие показатели были у его сестринской линии Д-1584/5 – вегетационный период 97 суток, высота 90 см, урожайность 2,29 т/га. Максимальная урожайность при вегетационном периоде 98 суток и высоте растений 70 см выявлена у сестринских линий Д-958/20 и Д-956/20 (Д-12/14 × Л-247) – 2,46 и 2,41 т/га соответственно.

В целом, в широтных и климатических условиях Липецка и при сложившихся погодных условиях 2021 г. лучшими гибридными комбинациями, родительские геномы которых обеспечили выделение гибридных линий с признаками раннего созревания и повышенной урожайности, оказались комбинации: Д-12/14 × Л-247; Чара × Д-842/12 и Славия × ЕС Ментор. Семенные потомства F<sub>7</sub> всех линий сои, выделенных в 2021 году по признакам раннего созревания и повышенной урожайности, были высеяны в условиях Липецка в 2022 году. Достаточные объёмы семян позволили заложить делянки той же площади (15 м<sup>2</sup>) в 3-кратной повторности по типу предварительного сортоиспытания. Посев в 2022 г. был проведён 18 мая. Массовые всходы зафиксированы 30 мая.

Погодные условия 2022 года в Липецке заметно отличались как от предыдущего 2021 года, так и от среднемноголетних значений. Так, средняя температура за период май-сентябрь в 2022 г. составила 15,3 °С, что оказалось на 1,1 °С ниже, чем в 2021 г, и на 1,5 °С ниже среднемноголетней нормы. Среднемесячная температура мая в 2022 году была на уровне 11,9 °С, что было ниже значений в 2021 г. и климатической нормы на 1,8 и 2,5 °С, соответственно. Среднемесячная температура в сентябре 2022 года составила 11,2 °С, что также было ниже предыдущего года (12,4 °С) и среднемноголетних значений (12,9 °С). При этом сумма осадков в Липецке за период май-сентябрь увеличилась до 386 мм, что было выше, чем в предыдущем 2021 году на 113 мм, и выше на 99 мм, по сравнению со среднемноголетней нормой осадков.

Такие аномально холодные и избыточно влажные условия в период май-сентябрь не только непосредственно в Липецке, но и по всей территории Центрального Черноземья повлекли за собой замедление роста и развития сои, что отразилось в значительном увеличении продолжительности вегетационного периода этой культуры. Например, по оперативным данным областных управлений АПК в пределах ЦЧР, из-за очень позднего созревания сои и обильных осенних осадков, на начало ноября 2022 г. было убрано не более половины всей площади под этой культурой.

Аномальные погодные условия 2022 г. также оказали замедляющий эффект на рост и развитие изучаемых в Липецком филиале ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК ранних линий сои. В результате, продолжительность их вегетационных периодов увеличилась до 110-123 суток, что соответствовало уже группам спелости от среднеранней (101-110 суток) – линия Д-1590/9, до среднепоздней (>121 дня) – линия Д-957/20 и сорт-стандарт Баргузин (табл. 2). Хотя в предыдущем году вегетационные периоды этих генотипов составляли всего 103, 98 и 98 суток, соответственно.

Таблица 2. Характеристика выделившихся в 2021 году линий сои поколения F<sub>7</sub> на фоне аномальных погодных условий 2022 года

Селекционный номер	Происхождение	Вегет. период, сутки	Средняя высота растений, см	Урожайность, т/га	Откл. от стандарта, ± т/га
–	Баргузин (стандарт)	123	79,2	2,43	–
Д-2522/2	Л-13-842 × Л-16/15	117	78,8	2,91	+0,48
Д-2524/6	Л-13-842 × Л-16/15	117	95,8	2,71	+0,28
Д-933/20	Д-12/14 × Л-247	113	77,2	2,29	-0,14
Д-1590/9	Славия × ЕС Ментор	110	91,7	2,27	-0,16
Д-1584/5	Чара × Д-842/12	113	86,1	2,16	-0,27
Д-958/20	Д-12/14 × Л-247	115	84,3	2,12	-0,31
Д-1584/7	Чара × Д-842/12	113	87,5	2,07	-0,36
Д-944/20	Славия × ЕС Ментор	113	79,5	1,99	-0,44
Д-1590/2	Славия × ЕС Ментор	113	64,3	1,94	-0,49
Д-1584/6	Чара × Д-842/12	113	75,7	1,93	-0,50
Д-946/20	Славия × ЕС Ментор	113	84,3	1,80	-0,63
Д-957/20	Д-12/14 × Л-247	123	67,7	1,63	-0,80
Д-956/20	Д-12/14 × Л-247	120	77,6	1,46	-0,97
Д-948/20	Славия × ЕС Ментор	112	65,5	1,25	-1,18
–	НСР <sub>05</sub>	–	–	0,53	–

Тем не менее все изучаемые линии сои успешно созрели и к концу сентября были убраны.

При этом сложившиеся в 2022 г. погодные условия практически не повлияли на высоту растений изучаемых линий сои. Диапазон варьирования этого признака составил 64,3-95,8 см. Урожайность в разной степени снизилась только у некоторых генотипов сои. Так, при вегетационном периоде 123 дня у сорта-стандарта Баргузин его урожайность составила 2,43 т/га, что оказалось выше, чем в 2021 г. У линий сои Д-2522/4 и Д-2524/6 в таких условиях урожайность сформировалась ещё выше и достигла 2,91 и 2,71 т/га соответственно.

Таким образом, неблагоприятные погодные условия 2022 года в Липецке послужили хорошим селекционным фоном отбора генотипов сои на адаптивность к пониженным температурам и избытку осадков. И в целом, двухлетний анализ продуктивности изучаемых линий сои на базе Липецкого филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК позволил выделить 7 генотипов, формирующих урожайность выше 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных условиях с избыточным выпадением осадков. Среди них такие линии, как: Д-2522/4; Д-2524/6; Д-933/20; Д-1590/9; Д-1584/5; Д-958/20 и Д-1584/7. Изучение этих линий будет продолжено в питомнике конкурсного сортоиспытания с целью выведения на их основе высокоадаптивных сортов сои для широтных и климатических условий лесостепи Центрального Черноземья.



### **Выводы**

1. В результате целенаправленного подбора родительских форм сои с признаками очень короткого вегетационного периода и вовлечения их в гибридизацию, из полученных гибридных популяций F<sub>4</sub> в условиях Краснодара были выделены очень ранние элитные растения с вегетационным периодом 90-100 суток и высотой растений 70-80 см. Их потомства в поколениях F<sub>6</sub> и F<sub>7</sub> проходили комплексную селекционную оценку в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья на базе Липецкого НИИ рапса – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г Липецк.

2. Установлено, что в типичных для Липецкого региона погодных условиях 2021 г. при посеве 15 мая и всходах 25 мая вегетационный период самых ранних генотипов составлял 96-103 дня. В аномально холодных и дождливых условиях 2022 г. вегетационный период этих генотипов увеличился до 110-123 дней. Урожайность самых ранних из изучаемых генотипов сои в условиях 2021 г. варьировала в пределах 2,04-2,46 т/га, в условиях 2022 г. – в пределах 2,07-2,91 т/га.

3. В целом, двухлетний анализ продуктивности изучаемых линий сои в различающихся погодных условиях на базе Липецкого филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК позволил выделить 7 высокоадаптивных генотипов, формирующих урожайность выше 2,0 т/га как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных условиях с избыточным выпадением осадков.

4. Выделенные генотипы сои наиболее пригодны для выведения на их основе высокоадаптивных сортов сои для широтных и климатических условий лесостепи Центрального Черноземья.

### **Список источников**

1. Адаптивная селекция масличных культур / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, Н.И. Бочкарев, Е.В. Мошненко // Теория и практика адаптивной селекции растений. (Жученковские чтения VI): Сб. научн. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар: КубГАУ, 2021. С. 22-25.

2. Галиченко А.П., Фокина Е.М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7 (222). С. 16-25.

3. Давыденко О.Г., Голоенко Д.В., Розенцвейг В.Е. Соя для умеренного климата. Минск: Тэхналогія, 2004. С. 73-75.

4. Дорохов А.С., Бельшкіна М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: Основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3(47). С. 25-33.

5. Каталог сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои / Н.Д. Фоменко, В.Т. Синеговская, Н.С. Слободяник, О.О. Клеткина, Г.Н. Беляева, Е.Н. Мельникова, А.Я. Ала // Коллективная научная монография. Благовещенск: ИПК «Одеон», 2015. 96 с.

6. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Развитие методов селекции сои и льна на современном этапе / В сб.: Научное обеспечение реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации // Под ред. акад. В.Г. Бондура и чл.-кор. А.А. Макоско. Москва: Российская академия наук, 2019. Т. 2. С. 237-245.

7. Синеговская В.Т. Фоменко Н.Д. Устойчивость сои к неблагоприятным факторам среды в условиях Приамурья / Генетические ресурсы растениеводства Дальнего Востока: сб. тр. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 76-77.

### References

1. Adaptive selection of oilseeds. V.M. Lukomets, S.V. Zelentsov, N.I. Bochkarev, E.V. Moshnenko. Theory and practice of adaptive plant breeding. (Zhuchenkov Readings VI): Sat. scientific tr. according to the materials of the International. scientific-practical conf. Krasnodar: KubSAU Publ., 2021, pp. 22-25.
2. Galichenko A.P., Fokina E.M. The influence of meteorological conditions on the formation of yield of soybean varieties of the Soybean Research Institute. Agrarian Bulletin of the Urals, 2022, no. 7 (222), pp. 16-25.
3. Davydenko O.G., Goloenko D.V., Rosenzweig V.E. Soy for a temperate climate. Minsk: Technology Publ., 2004, pp. 73-75.
4. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E., Bolshova K.K. Soybean production in the Russian Federation: Main trends and development prospects. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2019, no. 3(47), pp. 25-33.
5. Catalog of soybean varieties of the All-Russian Soybean Research Institute. N.D. Fomenko, V.T. Sinegovskaya, N.S. Slobodyanik, O.O. Kletkina, G.N. Belyaeva, E.N. Melnikova, A.Ya. Ala. Collective scientific monograph. Blagoveshchensk: IPK «Odeon» Publ., 2015. 96 p.
6. Lukomets V.M., Zelentsov S.V. Development of soybean and flax breeding methods at the present stage. In the collection: Scientific support for the implementation of the priorities of scientific and technological development of the Russian Federation. Ed. Academician V.G. Bondura and cor. A.A. Makosko. Moscow: Russian Academy of Sciences Publ., 2019, vol. 2, pp. 237-245.
7. Sinegovskaya V.T. Fomenko N.D. Soybean resistance to adverse environmental factors in the Amur region. In the collection: «Genetic resources of crop production in the Far East». Vladivostok: Dalnauka Publ., 2004, pp. 76-77.

### Информация об авторах

**С.В. Зеленцов** – доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, заведующий отделом сои;

**В.В. Карпачев** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий отделом селекции и семеноводства рапса;

**А.А. Тевченков** – младший научный сотрудник отдела технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур;

**Е.В. Мошненко** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и иммунитета сои.

### Information about the authors

**S.V. Zelentsov** – Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Soybean Department;

**V.V. Karpachev** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Breeding and Seed Production of rapeseed;

**A.A. Tevchenkov** – Junior Researcher at the Department of Technologies for the cultivation of rapeseed and other crops;

**E.V. Moshnenko** – Candidate of Biological Sciences, leading researcher at the Laboratory of Genetics and Immunity of soy.

Научная статья

УДК 631.81

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-91-96

## ДЕЙСТВИЕ АГРОХИМИКАТОВ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ГОРОХА И НУТА

Киселёва Татьяна Сергеевна<sup>1✉</sup>, Рзаева Валентина Васильевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюменская область, Тюмень, Россия

<sup>1</sup>KiselevaT2501@yandex.ru✉

<sup>2</sup>rzaevavv@gausz.ru

**Аннотация.** В статье представлены данные по засоренности и урожайности гороха и нута в 2022-2023 гг. в северной лесостепи Тюменской области. Климат Тюменской области континентальный, с холодной продолжительной зимой и недолгим теплым летом. Годовое количество осадков составляет 374 мм, из них 232 мм выпадает в период вегетации сельскохозяйственных культур. Сумма температур выше 5 °С варьирует в пределах 1900-2050 °С, выше 10 °С – 1860-1940 °С. Средняя многолетняя величина ГТК – 1.1-1.3, что характеризует территорию как умеренно увлажненную. Почва опытного поля – чернозём выщелоченный тяжелосуглинистого гранулометрического состава, гумусовый горизонт до 38 см, пахотный слой до 27 см. Норма высева гороха 1,3 млн/га, нута 0,5 млн/га всхожих семян; внесение минеральных удобрений (аммиачная селитра) при посеве на запланированную урожайность гороха и нута (1,18 и 1,35 т/га) – 70 кг/га действующего вещества; по всходам нута проводили культивацию КРН-4,2, т.к. не применяли гербициды; опрыскивание посевов гороха гербицидами ОНШ-600 в фазу 3-5 настоящих листьев (при высоте растений гороха 10-15 см). Высевали сорт гороха Ямальский, сорт нута Вектор. Общая площадь опыта с защитными полосами 0,05 га. Размещение последовательное, повторность трехкратная. При возделывании гороха наибольшая урожайность отмечена по варианту с применением баковой смеси гербицидов Базагран (3,0 л/га) + Корум с ПАВ ДАШ (2,0 л/га) + Имквант (2,0 л/га), при возделывании нута – при применении биологического препарата Азафок (3,0 л/га).

**Ключевые слова:** горох, нут, засорённость, урожайность, гербициды, биопрепараты.

**Для цитирования:** Киселёва Т.С., Рзаева В.В. Действие агрохимикатов на засоренность и урожайность гороха и нута // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.91-96. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-91-96>.

Original article

## THE EFFECT OF AGROCHEMICALS ON THE CLOGGING AND YIELD OF PEAS AND CHICKPEAS

Tatiana S. Kiseleva<sup>1✉</sup>, Valentina V. Rzaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Northern Trans-Urals State Agrarian University, Tyumen Region, Tyumen, Russia

<sup>1</sup>KiselevaT2501@yandex.ru✉

<sup>2</sup>rzaevavv@gausz.ru

**Abstract.** The article presents data on the contamination and development of the territory and chickpeas in 2022-2023 in the northern forest-steppe of the Tyumen region. The climate of the Tyumen region is continental, with a cold long-lasting environment and a short warm summer. The annual rainfall is 374 mm, of which 232 mm comes out during the growing season of farmed crops. The sum of temperatures above 5 °C varies between 1900-2050 °C, above 10 °C-1860-1940 °C. The average long-term magnificent GTC is 1.1-1.3, which characterizes the territory as moderately moist. The postal derivative of the field is the overlying chernozem pulling granulometric composition, humus horizon up to 38 cm, straw layer up to 27 cm. The rate of dried 1.3 million /ha, chickpeas 0.5 million/ha of all seeds; the introduction of mineral deposits (ammonium nitrate) with a ban on the planned territory and chickpeas (1.18 and 1.35 t/ha) – 70 kg/ha, effective

in this article; according to the search, the cultivation of KRN-4.2, because there is no application herbicides; spraying of herbicides ONSH-600 on peas in the 3-5 leaf infusion phase (at plant heights of 10-15 cm). The Yamal pea variety and the Vector chickpea variety were sown. The general plan is described with protected fields of 0.05 ha. Scalable sequential, returnable threefold. When cultivating peas on bolshay uro-jainost, Basagran (3.0 l/ha) + Corum with surfactant DASH (2.0 l/ha) + Quantum (2.0 l/ha) was rejected according to the option with the applied Tank shift of herbicides, when cultivating chickpeas with the use of a biological preparation from La (3.0 ha).

**Key words:** peas, chickpeas, littering, urodzhinost, herbicides, biologics.

**For citation:** Kiseleva T.S., Rzaeva V.V. The effect of agrochemicals on the clogging and yield of peas and chickpeas. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 91-96. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-91-96>.

## Введение

Хорошей альтернативой применению азотных удобрений может служить использование биологических препаратов с зернобобовыми штаммами клубеньковых бактерий, которые стимулируют азотфиксирующую деятельность этих культур [4].

Сорные растения являются наиболее дорогостоящей категорией сельскохозяйственных вредителей [11]. Во всем мире сорняки вызывают большую потерю урожая и увеличивают производственные затраты фермеров, чем насекомые вредители, патогены сельскохозяйственных культур, нематоды, питающиеся корнями, или теплокровные вредители. Многие ученые рассматривали появление сорняков [9] как показатель неблагоприятного состояния почвы, поскольку принципы и стандарты органического земледелия [14] исключают использование большинства гербицидов, многие органические фермеры считают сорняки [15] своим самым серьезным препятствием на пути к успешному органическому производству, а эффективная органическая борьба с сорняками является главным приоритетом исследований. В частности, сорняки являются постоянным фактом жизни сельскохозяйственных культур [8].

Большое значение зернобобовые культуры имеют в кормопроизводстве из-за высокого содержания протеина. Проблема белка является одной из наиболее актуальных в животноводстве и кормопроизводстве. Из-за его дефицита затраты кормов на единицу животноводческой продукции в стране в 1,5-2 раза превышают физиологически обоснованные нормы. Поэтому особенно важно минимизировать потери зерна [13].

Для получения стабильно высоких урожаев [16], максимально приближенных к потенциально возможным, на современном этапе развития сельскохозяйственного производства практически нельзя обойтись без применения средств химизации. Защита растений – одно из звеньев технологии возделывания растений [17], имеющих особое место в повышении продуктивности и производстве экологически безопасной продукции [6, 7]. Не увеличивая плодородия почвы, невозможно достигнуть стабильной урожайности сельскохозяйственных культур с высокими качествами [1, 2, 3].

Цель исследований – изучить действие гербицидов на засоренность и урожайность гороха и влияние биопрепаратов на урожайность нута.

## Материалы и методы исследования

Исследования проводили по утвержденным методикам и согласно вариантам опыта в 2022-2023 гг. на базе ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. Сорт гороха Ямальский, сорт нута Вектор. Засоренность посевов [10, 12] определяли количественным методом у гороха (перед применением гербицидов, через месяц после применения гербицидов и перед уборкой); у нута (фаза ветвления и перед уборкой), количественно-весовым методом перед уборкой культур рамкой 1,0 м<sup>2</sup> в десятикратной повторности ГОСТ 20915-75. Урожайность учитывается по вариантам опыта комбайном TERRION– 2010 в трехкратной повторности. Уборку урожая проводили при 16% влажности зерна. Бункерная урожайность с каждой делянки взвешивается и пересчитывается на 16% влажности и 100% чистоты [5].

### Результаты исследований и их обсуждение

За исследуемые годы (2022-2023) засоренность посевов гороха до применения гербицидов варьировала в пределах 36,4-36,9 шт./м<sup>2</sup> (табл. 1).

Таблица 1. Засоренность посевов гороха, шт./м<sup>2</sup>, 2022-2023 гг.

Варианты	До применения гербицидов	Через месяц после применения гербицидов	Перед уборкой
Контроль (без гербицидов, вода)	36,4	45,2	49,1
Баковая смесь: Базагран (3,0 л/га) + Корум с ПАВ ДАШ (2,0 л/га) +Имквант (2,0 л/га)	36,9	7,1	8,3
НСР <sub>05</sub>	0,5	0,4	0,3

Через месяц после применения гербицидов засоренность посевов гороха снизилась на 80,8 % по варианту с применением баковой смеси гербицидов Базагран (3,0 л/га) + Корум с ПАВ ДАШ (2,0 л/га) +Имквант (2,0 л/га), по контрольному варианту засоренность увеличилась на 24,1 %.

Перед уборкой гороха засоренность посевов увеличилась по всем вариантам на 3,9 и 1,2 шт./м<sup>2</sup>.

Биологические препараты влияния на засоренность не оказывают, но для учета урожайности сделали учет по вариантам. В фазу бутонизации нута засоренность варьировала в пределах 36,4-36,9 шт./м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2. Засоренность посевов нута, шт./м<sup>2</sup>, 2022-2023 гг.

Варианты	Фаза бутонизации	Перед уборкой
Контроль (без биопрепаратов, вода)	36,4	47,7
Азафок (3,0 л/га)	36,7	47,3
Гумат калия (1,3 л/га)	36,9	47,9
НСР <sub>05</sub>	0,2	0,3

Перед уборкой нута засоренность выросла на 10,6-11,3 шт./м<sup>2</sup>.

В 2022-2023 гг. урожайность гороха по контрольному варианту составила 1,7 т/га (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность посевов гороха, 2022-2023 гг.

Варианты	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля, +/-
Контроль (без гербицидов, вода)	1,7	-
Баковая смесь: Базагран (3,0 л/га) + Корум с ПАВ ДАШ (2,0 л/га) +Имквант (2,0 л/га)	2,2	+0,5
НСР <sub>05</sub>	0,4	

Применение баковой смеси гербицидов повлияло на количество засоренности, а вследствие и на урожайность. В сравнении с контролем урожайность по варианту с применением гербицидов выше на 29,4 %.

Урожайность посевов нута в 2022-2023 гг. по вариантам с применением биологических препаратов находилась в пределах 1,8-2,2 т/га (табл. 4).



Таблица 4. Урожайность посевов нута, 2022-2023 гг.

Варианты	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля, +/-
Контроль (без биопрепаратов, вода)	1,8	-
Азафок(3,0 л/га)	2,2	+0,4
Гумат калия (1,3 л/га)	2,0	+0,2
НСР <sub>05</sub>	0,2	

Использование Гумата калия привело к увеличению урожайности нута на 11,1 %, а применение Азафока на 22,2 %.

#### Выводы

1. Применение баковой смеси гербицидов Базагран (3,0 л/га) + Корум с ПАВ ДАШ (2,0 л/га) +Имквант (2,0 л/га) способствовало уменьшению засоренности гороха на 80,8 %.
2. Наибольшая урожайность гороха отмечена по варианту с применением гербицидов Базагран (3,0 л/га) + Корум с ПАВ ДАШ (2,0 л/га) +Имквант (2,0 л/га), а нута– по варианту с Азафоком(3,0 л/га).

#### Список источников

1. Антропов В.А., Миллер С.С. Оценка влияния суммы активных температур, способов обработки почвы и органических удобрений на урожайность кукурузы // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 4(71). С. 76-80.
2. Влияние норм высева на урожайность яровой пшеницы в условиях южной лесостепи Тюменской области / С. С. Миллер, А. А. Казак, Е. А. Демин [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 2(73). С. 56-61.
3. Влияние органических удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота в условиях лесостепной зоны Зауралья / С. С. Миллер, Е. А. Демин, Е. И. Миллер, А. В. Фоминцев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 4(71). С. 93-97.
4. Джагаева М.А., Киселева Т.С. Инновационные технологии при возделывании зернобобовых культур // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: Сборник трудов LVII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Тюмень, 27 февраля 2023 года. Часть 6. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. С. 15-18.
5. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Киселева Т.С., Рзаева В.В. Засорённость и урожайность свёклы в Тюменской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 3(74). С. 63-67.
7. Киселева Т.С., Рзаева В.В. Запасы доступной влаги при возделывании нута в северной лесостепи Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 9(188). С. 2-7.
8. Ларин С.М., Киселева Т.С. Вредоносность сорных растений при возделывании сельскохозяйственных культур // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: Сборник трудов LVII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Тюмень, 27 февраля 2023 г. Том Часть 6. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. С. 46-50.
9. Рзаева В.В. Засоренность почвы семенами сорных растений // Агропродовольственная политика России. 2012. № 10. С. 30-32.
10. Рзаева В.В., Киселева Т.С. Засоренность посевов гороха и нута в зависимости от способов основной обработки почвы в условиях северной лесостепи Тюменской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1(72). С. 38-42.

11. Рзаева В.В., Лысенко В.В. Урожайность зелёной массы однолетних трав в зависимости от основной обработки почвы // Агропродовольственная политика России. 2019. № 2(86). С. 41-43.
12. Сорные растения Западной Сибири / В. В. Рзаева, Н. В. Фисунов, С. С. Миллер, Т. С. Киселева. Тюмень: ИД «Титул», 2023. 100 с.
13. Третьякова Ю.А., Киселева Т.С., Краснова Е.А. Продуктивность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: Сборник трудов LVII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Тюмень, 27 февраля 2023 г. Том Часть 6. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. С. 110-114.
14. Фисунов Н.В., Чекмарева М.Н. Влияние основной обработки на агрофитоценоз и урожайность озимых зерновых в северной лесостепи Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4(193). С. 106-113.
15. Черкасов Е.А., Рзаева В.В. Влияние элементов технологии возделывания на засоренность посевов ярового рапса в условиях Северного Казахстана // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3(180). С. 38-43.
16. Чекмарева М.Н., Фисунов Н.В., Скипин Л.Н. Агрофизические свойства почвы при возделывании озимой ржи по основным обработкам и предшественникам в северной лесостепи Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 2(73). С. 102-107.
17. Черкасова Е.А., Рзаева В.В. Влияние элементов технологии возделывания на сохранность растений ярового рапса в Северо-Казахстанской области // Агропродовольственная политика России. 2020. № 3. С. 32-35.

#### **Referense**

1. Antropov V.A., Miller S.S. Assessment of the effect of the sum of active temperatures, methods of soil tillage and organic fertilizers on corn yield. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University, 2022, no. 4(71), pp. 76-80.
2. The influence of seeding rates on the yield of spring wheat in the conditions of the southern forest-steppe of the Tyumen region. S. S. Miller, A. A. Kazak, E. A. Demin [et al.]. Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University, 2023, no. 2(73), pp. 56-61.
3. The influence of organic fertilizers on the productivity of grain crop rotation in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. S.S. Miller, E.A. Demin, E.I. Miller, A.V. Fomintsev. Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University, 2022, no. 4(71), pp. 93-97.
4. Dzhagaeva M.A., Kiseleva T.S. Innovative technologies in the cultivation of leguminous crops. Achievements of youth science for the agro-industrial complex: Proceedings of the LVII Scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, February 27. 2023. Part 6. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals Publ., 2023, pp. 15-18.
5. Dospekhov B.A. Methodology of experimental business. Moscow: Agroprom Publ., 1985. 351 p.
6. Kiseleva T.S., Rzaeva V.V. Littering and beet yield in the Tyumen region. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University, 2023, no. 3(74), pp. 63-67.
7. Kiseleva T.S., Rzaeva V.V. Reserves of available moisture during chickpea cultivation in the northern forest-steppe of the Tyumen region. Agrarian Bulletin of the Urals, 2019, no. 9(188), pp. 2-7.
8. Larin S.M., Kiseleva T.S. The harmfulness of weeds in the cultivation of agricultural crops. Achievements of youth science for the agro-industrial complex: Proceedings of the LVII Scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, February 27. 2023. Part 6. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals Publ., 2023, pp. 46-50.

9. Rzaeva V.V. Soil contamination with weed seeds. Agro-food policy of Russia, 2012, no. 10, pp. 30-32.
10. Rzaeva V.V., Kiseleva T.S. Contamination of pea and chickpea crops depending on the methods of basic tillage in the conditions of the northern forest-steppe of the Tyumen region. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University, 2023, no. 1(72), pp. 38-42.
11. Rzaeva V.V., Lysenko V.V. The yield of the green mass of annual grasses depending on the main tillage. Agro-food policy of Russia, 2019, no. 2(86), pp. 41-43.
12. Weeds of Western Siberia. V.V. Rzaeva, N.V. Fisunov, S.S. Miller, T.S. Kiseleva. Tyumen: Titul Publ., 2023. 100 p.
13. Tretyakova Yu.A., Kiseleva T.S., Krasnova E.A. Productivity of leguminous crops in the northern forest-steppe of the Tyumen region. Achievements of youth science for the agro-industrial complex: Proceedings of the LVII Scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, February 27. 2023. Part 6. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals Publ., 2023, pp. 110-114.
14. Fisunov N.V., Chekmareva M.N. The influence of basic processing on agrophytocenosis and yield of winter cereals in the northern forest-steppe of the Tyumen region. Bulletin of KrasSAU, 2023, no. 4(193), pp. 106-113.
15. Cherkasova E.A., Rzaeva V.V. The influence of elements of cultivation technology on the contamination of spring rape crops in Northern Kazakhstan. Bulletin of KrasSAU, 2022, no. 3(180), pp. 38-43.
16. Chekmareva M.N., Fisunov N.V., Skipin L.N. Agrophysical properties of soil in the cultivation of winter rye by main treatments and precursors in the northern forest-steppe of the Trans-Urals. Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University, 2023, no. 2(73), pp. 102-107.
17. Cherkasova E.A. Rzaeva V.V. The influence of elements of cultivation technology on the preservation of spring rape plants in the North Kazakhstan region. Agro-food policy of Russia, 2020, no. 3, pp. 32-35.

#### **Информация об авторах**

**Т.С. Киселёва** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия;

**В.В. Рзаева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой земледелия.

#### **Information about the authors**

**T.S. Kiseleva** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agriculture;

**V.V. Rzaeva** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agriculture.

Научная статья

УДК 633.15:632.1/7

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-97-103

## СЕЛЕКЦИЯ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ СРЕДНЕРАННИХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Сотченко Елена Фёдоровна<sup>1</sup>, Конарева Елена Анатольевна<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы, Ставропольский край, Пятигорск, Россия

<sup>1</sup>elena.minencova@list.ru

<sup>2</sup>e-m252@mail.ru✉

**Аннотация.** Увеличения производства продуктов питания подталкивает уделять все большее внимание выращиванию таких высокопродуктивных овощных культур, как сахарная кукуруза. В условиях мелкотоварного производства сахарная кукуруза одна из наиболее доходных культур. На летнем рынке свежей продукции спрос на нее всегда высокий. За последнее десятилетие значительно возрос спрос у Российских сельхозпроизводителей на гибриды сахарной кукурузы. В государственном реестре на сегодняшний день находится около 99 гибридов и популяций сахарной кукурузы, в том числе 5 гибридов селекции ВНИИК - Карамелька (ФАО 120), Мармеладка и Серенада (ФАО 160), Лакомка, Улада (ФАО 250). В данной статье представлены результаты работы селекционеров ФГБНУ ВНИИ кукурузы по созданию новых среднеранних гибридов сахарной кукурузы в условиях Предгорного района Ставропольского края. Проведена оценка продуктивности новых гибридов сахарной кукурузы за 2022-2023 гг. За два года исследований в условиях богары урожай початков без оберток в технической спелости составил 16,0-22,8 т/га. По итогам работы выделен гибрид сахарной кукурузы, отвечающий стандартным требованиям (урожай початков в технической спелости, высота растения и высота прикрепления початка, величина початка, размер зерна, окраска зерна, цвет стержня, а также устойчивость к поражению пузырчатой головней на естественном фоне), предъявляемым к сахарным гибридам первого поколения для дальнейшего их использования в пищевой промышленности (консервирование, заморозка). Также в результате работы по созданию новых гибридов сахарной кукурузы выявлены новые линии с высокой комбинационной способностью.

**Ключевые слова:** гибриды, продуктивность початков, сахарная кукуруза, техническая спелость, комбинационная способность, вегетационный период.

**Для цитирования:** Сотченко Е.Ф., Конарева Е.А. Селекция по созданию новых среднеранних гибридов сахарной кукурузы в условиях Предгорной зоны Ставропольского края // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.97-103. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-97-103>.

Original article

## BREEDING FOR THE CREATION OF NEW MID-EARLY HYBRIDS OF SWEET CORN IN THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE OF THE STAVROPOL REGION

Elena F. Sotchenko<sup>1</sup>, Elena A. Konareva<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>All-Russian research institute of corn, Stavropol region, Pyatigorsk, Russia

<sup>1</sup>elena.minencova@list.ru

<sup>2</sup>e-m252@mail.ru✉

**Abstract.** The most important task of increasing food production prompts us to pay increasing attention to the cultivation of such highly productive vegetable crops as sweet corn. In conditions of small-scale production, sweet corn is one of the most profitable crops. At the summer market for fresh produce, demand is always high. Over the past decade, the demand among Russian agricultural producers for sweet corn hy-

brids has increased significantly. The State register currently contains about 99 hybrids and populations of sweet corn, including 5 hybrids of ARRSIC breeding – Karamelka (FAO 120), Marmeladka and Serenada (FAO 160), Lakomka, Uslada (FAO 250). This article presents the results of the breeder's work of the FSBSI ARRSI of corn on new mid-early hybrids of sweet corn creation in the conditions of the Predgorniy district of the Stavropol region. The productivity of new sweet corn hybrids for 2022-2023 had appraised. Over two years of research in boghara conditions, the ears yield without wrappers at technical ripeness amounted to 16.0-22.8 t/ha. A sweet corn hybrid was identified on the work results base, which meets the standard requirements (ear yield at technical ripeness, plant and of ear attachment height, ear size, grain size, grain color, cob color, as well as resistance to smut damage against a natural background), required for sweet corn of first generation hybrids for their further use in the food industry (canning, freezing). As a result of work on creating new sweet corn hybrids, new lines with high combining ability have been identified.

**Keywords:** hybrids, productivity of cobs, sugar corn, technical ripeness, combinative ability, growing season.

**For citation:** Sotchenko E.F., Konareva E.A. Breeding for the creation of new mid-early hybrids of sweet corn in the conditions of the foothill zone of the Stavropol region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 97-103. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-97-103>.

### Введение

Важнейшая задача увеличения производства продуктов питания побуждает уделять все большее внимание выращиванию таких высокопродуктивных овощных культур, как сахарная кукуруза [8]. Основными решениями в удовлетворении этих потребностей является отбор высокоурожайных сортов и гибридов, а также разработка агротехнологии, позволяющая получать высокий и качественный урожай в различных почвенно-климатических условиях [5]. С каждым годом увеличиваются площади посевов сахарной кукурузы у Российских фермеров, которые поставляют эту продукцию в свежем виде на рынок, а также интенсивно развивается направление переработки (консервирование и заморозка в зерне и початках). Постоянно растущий спрос на сладкую кукурузу в значительной мере обусловлен высокими вкусовыми качествами. Перерабатывающая промышленность также не стоит на месте, и тоже увеличивают объёмы кукурузной продукции благодаря ее хорошей рентабельности. Крупные заводы-переработчики являются одновременно производителями, выращивающими сахарную кукурузу на больших площадях для своего производства. Однако расширение посевов и, как следствие, увеличение объемов потребления данного подвида кукурузы сдерживается крайне ограниченным количеством районированных гибридов отечественной селекции, отвечающих требованиям рынка [9]. В связи с этим перед Российскими селекционерами стоит задача обеспечить потребности наших фермеров и крупных предприятий отечественными семенами высокопродуктивных гибридов сахарной кукурузы различных групп спелости. Потребность в новых высокопродуктивных гибридах кукурузы растет с каждым годом [4].

Сахарная кукуруза произошла в результате мутирования зубовидных и кремнистых форм. В настоящее время генетика сахарной кукурузы хорошо изучена, всего было обнаружено 13 генов, существенно влияющих на содержание сахара. Однако в производстве используется три гена: обычный сахарный - «шугари» (Su), улучшитель сахаристости (Se), работающий вместе с основным геном (Su), и последний ген - «шранкен» (шуплое зерно) (SH 2), который формирует суперсладкую кукурузу. Наиболее широко используется ген «Su», дающий простую сахарную кукурузу. Эта кукуруза наиболее приспособлена к механизированному возделыванию и к стрессовым условиям среды.

Содержание сахара в стандартной сахарной кукурузе составляет 5-10%. Улучшенная сахарная кукуруза (Se) имеет содержание сахара 7-15%. Ее зерна имеют тонкую плодую оболочку, поэтому легко повреждаются при механизированной уборке. Суперсладкая кукуруза имеет содержание сахара 20-30% и остается долго в технической спелости. Однако выращивать ее труднее всего, семена имеют пониженную всхожесть и энергию прорастания, а также подвержены различным болезням [6]. Овощная или сахарная кукуруза по питательно-



сти занимает одно из ведущих мест, а высокое содержание легкоусвояемых форм углеводов и белков делает ее диетическим продуктом.

Нами в предыдущие годы была успешно начата работа по выделению и внедрению в производство высокоурожайных сортов и гибридов овощных культур, которая и продолжается в настоящее время [3].

Цель исследований – создание новых высокоурожайных гибридов сахарной кукурузы среднеранней группы спелости.

### Материалы и методы исследования

Исследования были проведены в 2022-2023 гг. в ФГБНУ ВНИИ кукурузы, расположенном в Предгорном районе Ставропольского края. Территория землепользования, где и проводились исследования, расположена в четвертой зоне достаточного увлажнения Ставропольского края. Почвенный покров хозяйства представлен черноземами обыкновенными. Земли характеризуются от тяжелосуглинистого до гранулометрического состава. Физические свойства черноземов хорошие. Погодные условия за период вегетации сахарной кукурузы май-июль по годам исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Погодные условия за период 2022-2023 гг.

Месяц	Декада	2022 год		2023 год		Среднее многолетнее	
		Т, °С	Количество выпавших осадков, мм	Т, °С	Количество выпавших осадков, мм	Т, °С	Количество выпавших осадков, мм
Май	I	9,8	67,5	12,4	32,3	14,7	29,1
	II	14,8	0,8	13,6	23,0	16,4	29,1
	III	17,9	12,0	18,8	40,0	17,3	38,7
	ср	14,2	80,3	14,9	95,3	16,1	96,9
Июнь	I	20,7	15,5	18,8	78,6	18,8	31,7
	II	21,6	12,0	20,7	55,0	20,4	40,9
	III	21,0	65,0	20,5	0,0	22,0	23,3
	ср	21,1	92,5	20,0	133,6	20,4	95,9
Июль	I	23,2	0	22,8	28,5	22,5	39,8
	II	22,4	4,7	22,0	0,0	22,4	15,4
	III	22,0	2,7	23,6	10,0	22,7	18,1
	ср	22,5	7,4	22,8	38,5	22,5	73,3
Среднее за май-июль		19,3	180,2	19,2	267,4	19,7	266,1

Годы исследований (2022-2023 гг.) по среднесуточной температуре несильно разнятся между собой и приближены к среднемноголетним значениям. Среднесуточная температура за период вегетации (май-июль) сахарных гибридов в 2022 г. составила 19,3 °С, а в 2023 г. за этот же период – 19,2 °С, при среднемноголетней за последнее десятилетие – 19,7 °С. Основным лимитирующим фактором являлось недостаточное выпадение осадков в течение всего вегетационного периода [10]. По количеству выпавших осадков имеется существенная разница, в 2022 г. за период май-июль выпало всего 180,2 мм осадков, а в 2023 г. за этот же период – 267,4 мм осадков. Недостаток влаги в 2022 г. привел к снижению урожая сахарных гибридов кукурузы и при более комфортных условиях 2023 г. эти же гибриды показали максимальную прибавку урожая.

Для создания исходного материала, пригодного для использования в нашей зоне выращивания, селекционеры пользовались различными методами селекции, привлекая в создание линий сахарной кукурузы семена других форм путем однократного беккросса, с последующим отбором на сахарный эндосперм. Это достаточно долгосрочный и трудоемкий процесс. Постоянно ведется поиск и создание новых генетических источников [7].

В результате созданы линии, отвечающие основным требованиям сахарной кукурузы с хорошей комбинационной способностью, которая является важным критерием для целесообразности использования этих линий в селекционных целях. В дальнейшем при участии этих линий путем скрещивания и были созданы гибриды сахарной кукурузы среднеранней группы спелости.

Для оценки продуктивности новых гибридов сахарной кукурузы в качестве стандартов использовали гибриды Мармеладка и Серенада (ФАО160). Статистическую обработку проводили по методике Б.А. Доспехова [2].

В процессе оценки учитывались следующие замеры и учеты: количество дней от всходов до технической спелости початка на 50% растений, высота растений, см, высота прикрепления початка, см, количество листьев на растении, шт., урожай початков в обертках и без обверток, т/га, поражение пузырчатой головней, %, поражение початков кукурузным мотыльком и хлопковой совкой, %, а также характеристика початка: вес початка (г), длина початка (см), диаметр в средней части (см), количество рядов зерен (шт.).

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследования проходили в два этапа: в первый год были высеяны все полученные в 2021 году гибридные комбинации данной группы спелости, всего 40 образцов. В результате оценки выделено 20 гибридов, которые проявили наиболее высокий урожай по сравнению со стандартами этой группы спелости (Мармеладка и Серенада). В последующем для дальнейшего изучения эти гибриды были высеяны в 2023 году.

По результатам оценки за 2022-2023 гг. среднеранних гибридов сахарной кукурузы выделено 4 гибрида с наиболее высокими показателями по сравнению со стандартами по нескольким характеристикам. В среднем за два года исследований высота растений варьировала от 175 до 200см, а высота прикрепления початка от 35 до 70см, количество листьев на растении 12-14. Урожай початков без обверток в среднем за два года изучения составлял от 16,0 до 22,8 т/га, превышение над стандартами в 2022г. от 0,6 до 1,9 т/га, в 2023г. – от 1,8 до 3,3 т/га. Самый высокий урожай за два года исследований был у гибрида сахарной кукурузы 465х431, превышение над стандартом Мармеладка в 2022г. 2,4 т/га, над стандартом Серенада– 1,9т/га (табл.2.).

Таблица 2. Результаты испытания среднеранних гибридов сахарной кукурузы 2022-2023 гг.

Название	Число дней от всходов до технической спелости початка	Урожай початков без обертки, т/га	Превышение урожая над стандартами, т/га	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см	Количество дней от всходов до технической спелости	Урожай початков без обертки, т/га	Превышение урожая над стандартами т/га	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см
431х452	79	18,9	-0,6	175	35	79	16,6	0,6	185	35
465х431	80	22,8	3,3	200	50	80	18,4	2,4	180	40
482х423	81	20,8	1,3	180	45	81	17,0	1,0	180	55
482х442	83	20,4	0,9	200	70	85	18,0	2,0	190	60
Мармеладка <sup>1</sup>	78	19,5		185	45	78	16,0		175	45
Серенада	83	17,1		180	40	81	16,5		185	40

<sup>1</sup>В графе превышения урожая початков над стандартом, показаны превышения над стандартом Мармеладка

Превышение этого гибрида над теми же стандартами в 2023 году соответственно 3,3-5,7 т/га. Отмеченные гибриды отличались устойчивостью к стеблевым гнилям и пузырчатой головне. По весу среднего початка за два года исследований лучшими были: гибрид 465х431, превышение над стандартами Мармеладка и Серенада составило 30 и 59 г и гибрид 482х423, превышение над этими же стандартами – 19 и 48 г соответственно. Длина початков по годам исследований варьировала от 19,0 до 21,0 см, а диаметр в средней трети части початка 4,2-5,0 см, количество рядов зерен от 16 до 18. Самым многорядным за два года исследований был сахарный гибрид 482х442, количество рядов зерен равно 18, у остальных гибридов количество зерен в ряду 16. Данные по структуре початка приведены в таблице 3.

Таблица 3. Структура початков сахарных гибридов кукурузы за 2022-2023 гг.

Гибрид	Год	Характеристика среднего початка				
		Вес початка, г	Длина, см	Диаметр, см	Количество рядов зёрен, шт.	Поражение початков хлопковой совкой и кукурузным мотыльком, %
431х452	2022	203	20,0	4,6	16	25,6
	2023	220	21,0	4,5	16	15,0
	среднее	212	20,5	4,5	16	20,3
465х431	2022	250	19,0	4,2	16	30,0
	2023	289	19,0	4,4	16	10,0
	среднее	270	19,0	4,3	16	20,0
482х423	2022	230	21,0	4,7	16	21,4
	2023	288	20,5	5,0	16	13,3
	среднее	259	20,8	4,9	16	17,4
482х442	2022	239	18,0	5,0	18	24,4
	2023	235	18,2	5,0	18	4,7
	среднее	237	18,1	5,0	18	14,6
Мармеладка	2022	240	19,0	5,0	16	10,2
	2023	239	19,5	5,0	16	4,6
	среднее	240	19,3	5,0	16	7,4
Серенада	2022	215	19,0	4,0	14	23,5
	2023	207	20,5	4,3	14	15,0
	среднее	211	19,8	4,2	14	19,3

Сахарная, как и другие виды кукурузы, на естественном фоне (без применения химикатов) поражается основными ее вредителями. Наиболее распространенными в нашей зоне выращивания, которые причиняют существенный вред початкам, являются кукурузный мотылек и хлопковая совка. В 2022 году, по сравнению с 2023 годом, погодные условия были наиболее благоприятными для поражения початков сахарной кукурузы основными вредителями: кукурузным мотыльком и хлопковой совкой. Самый большой процент поражения початков основными вредителями наблюдался в 2022г. у гибрида 465х431. За годы исследований не наблюдалось поражение початков пузырчатой головней.

### Выводы

1. С участием новых линий сахарной кукурузы созданы среднеранние высокоурожайные новые гибриды сахарной кукурузы, превышение над стандартами у которых в 2022 г. составило 06-1,9 т/га, 2023 г. 1,8-3,3 т/га. Гибрид 465х431 показал самую наибольшую прибавку урожая по сравнению со стандартом Мармеладка в 2022 г. на 3,3 т/га, в 2023 г. прибавка составила 2,4 т/га.

2. Проведена оценка новых линий сахарной кукурузы, выявлены 6 линий с хорошей комбинационной способностью и устойчивостью к поражению основными болезнями и вредителями.

3. Гибрид 465x431 можно рекомендовать для передачи в Государственное сортоиспытание для дальнейшего изучения и использования.

#### **Список источников**

1. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Т.1. Сорты растений. Москва: Росинформагротех. 2023. 646 с.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

3. Косицына О.А., Кирсанова В.Ф. Сахарная кукуруза в условиях среднего Приамурья / Овощи России. 2015. №2(27). С. 48-51.

4. Перевязка Д.С., Перевязка Н.И. Создание раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы с участием новых автодиплоидных линий в условиях Центральной зоны Краснодарского края // Рисоводство. 2021. №1(50). С. 35-42.

5. Санаев С.Т., Сапарниязов И.А., Бектурсынов А.Б. Выращивание овощной (сладкой) кукурузы на различных материалах мульчирования // Овощи России. 2023. №1. С. 54-55.

6. Селекция гибридов сахарной кукурузы в НЦЗ им П.П. Лукьяненко / А.И. Супрунов, Н.М. Мунир, Д.С. Перевязев, Н.И. Луковкина // Научный журнал КубГАУ. 2020. № 162(08). С. 391-397.

7. Сотченко В.С. Роль кукурузы в повышении продовольственной независимости страны // Вестник Российской академии наук, Москва. 2015. №1(85). С. 12-14.

8. Сотченко В.С., Сотченко Е.Ф., Конарева Е.А. Изучение исходного материала для селекции сахарной кукурузы в Предгорной зоне Ставропольского края // Кукуруза и сорго. 2018. №1. С. 15-20.

9. Супрунов А.И., Терещенко А.А., Макшанов В.В. Селекция сахарных гибридов кукурузы в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко // XI Всероссийская конф. молодых ученых, посвящ. 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края: сб. ст. Краснодар, 2017. С. 1303-1304.

10. Характеристика новых раннеспелых гибридов кукурузы / А.В. Гульняшкин, Е.В. Шкарбутко, И.А. Лемешев, А.А. Земцов, И.В. Люлюк // Научное обеспечение устойчивого развития Агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. материалов международной научно-практической конференции посвященной 35-летию ФГБНУ РОСНИИСК «Россорго». Саратов, 2021. С. 97-99.

#### **References**

1. State register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties, Moscow: Rosinformagrotech Publ. 2023. 646 p.

2. Dosepov B.A. Methodology of field experience. Moscow: Agroprom Publ., 1985. 351 p.

3. Kositsyna O.A., Kirsanova V.F. Sweet corn in the conditions of the middle Amur region. Vegetables of Russia, 2015, no. 2 (27), pp. 48-51.

4. Perevyazka D.S., Perevyazka N.I. Creation of early-ripening and mid-early corn hybrids with the participation of new autodiploid lines in the conditions of the Central zone of the Krasnodar region. Rice growing, 2021, no. 1 (50), pp. 35-42.

5. Sanaev S.T., Saparniyazov I.A., Bektursynov A.B. Growing of vegetable (sweet) corn on various mulching materials. Vegetables of Russia, 2023, no. 1, pp. 54-55.

6. Breeding of sweet corn hybrids at the Scientific Center named after P.P. Lukyanenko. A.I. Suprunov, N.M. Munir, D.S. Perevyazev, N.I. Lukovkina. Scientific journal of KubSAU, 2020, no. 162(08), pp. 391-397.

7. Sotchenko V.S. The role of corn in increasing the country's food independence. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2015, no. 1 (85), pp. 12-14.

8. Sotchenko V.S., Sotchenko E.F., Konareva E.A. Study of source material for the breeding of sweet corn in the Foothill zone of the Stavropol region. *Journal of Corn and Sorghum*, 2018, no. 1, pp 15-20.

9. Suprunov A.I., Tereshchenko A.A., Makshanov V.V. Sweet corn hybrids breeding at the NCG P.P. Lukyanenko. Collection of the articles based on the materials of the XI All-Russian Conference of Young Scientists, dedicated to the 95-th anniversary of the Kuban SAU and the 80-th anniversary of the formation of the Krasnodar region. Krasnodar, 2017, pp. 1303-1304.

10. Characteristics of new early maturing corn hybrids. Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex in conditions of climate aridization. A.V. Gulnyashkin, E.V. Shkarbutko, I.A. Lemeshev, A.A. Zemtsov, I.V. Lyuluk. Materials collection of the international scientific and practical conference dedicated to the 35-th anniversary of the FSBSI ROSNIISK «Rossorgo». Saratov, 2021, pp. 97-99.

#### **Информация об авторах**

**Е.Ф. Сотченко** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции на иммунитет;

**Е.А. Конарева** – старший научный сотрудник отдела селекции на иммунитет.

#### **Information about the authors**

**E.F. Sotchenko** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Breeding for Immunity;

**E.A. Konareva** – Senior Researcher at the Department of Breeding for Immunity.



## АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

### AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 664.66.022.39

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-104-114

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ДЕМПФЕРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

**Радин Сергей Юрьевич<sup>1</sup>**, **Шубкин Сергей Юрьевич<sup>2</sup>**, **Бунеев Сергей Сергеевич<sup>3</sup>**,  
**Елецких Сергей Витальевич<sup>4</sup>**, **Добрин Сергей Александрович<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область,  
Елец, Россия

<sup>1</sup>radin81@mail.ru

<sup>2</sup>shubkin.92@mail.ru

<sup>3</sup>limes88@mail.ru

<sup>4</sup>esv8@yandex.ru

<sup>5</sup>dsa250499@gmail.com

**Аннотация.** В статье представлены материалы, касающиеся разработки перспективной конструкции гидравлического демпфера, установленного в подвеске транспортных средств, используемых в агропромышленном комплексе. Особенностью конструкции гидравлического демпфера является переход от вертикальных каналов к горизонтальным каналам в поршне и штоке гасителя колебаний. При этом вертикальные участки каналов штока сопрягаются с горизонтальными участками каналов поршня. Наличие таких калиброванных отверстий в поршне и штоке, а также за счет отсутствия перепускных клапанов, позволяет значительно снизить резкие изменения давления в гасителе колебаний при высокоскоростных перемещениях, как штока, так и поршня. Это значительно повышает плавность хода, а, следовательно, комфортность и безопасность движения транспортного средства и, таким образом, улучшает условия работы персонала, эксплуатирующего его. Проведены аналитические исследования, а также выполнены гидродинамические и прочностные расчеты таких определяющих параметров, как давление рабочей жидкости, ее расход. Даны рекомендации по выбору материала штока и поршня перспективной конструкции гидравлического демпфера транспортных средств. Предложена методика проведения инженерных расчетов для определения параметров дросселирующей системы, позволяющая установить критерии работоспособности разработанного технического решения с целью его возможного применения в промышленных условиях.

**Ключевые слова:** гидромеханический демпфер, амортизатор, гаситель колебаний, транспортное средство, плавность хода, упругий шток, гидравлическая жидкость.

**Для цитирования:** Исследование основных параметров гидромеханического демпфера транспортных средств, используемых в агропромышленном комплексе / С.Ю. Радин, С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев, С.В. Елецких, С.А. Добрин // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С.104-114. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-104-114>.

Original article

## INVESTIGATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE HYDROMECHANICAL DAMPER OF VEHICLES USED IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Sergey Yu. Radin<sup>1✉</sup>, Sergey Yu. Shubkin<sup>2</sup>, Sergey S. Buneev<sup>3</sup>, Sergey V. Yeletskikh<sup>4</sup>,  
Sergey A. Dobrin<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

<sup>1</sup>radin81@mail.ru ✉

<sup>2</sup>shubkin.92@mail.ru

<sup>3</sup>limes88@mail.ru

<sup>4</sup>esv8@yandex.ru

<sup>5</sup>dsa250499@gmail.com

**Abstract.** The article presents materials related to the development of a promising design of a hydraulic damper installed in the suspension of vehicles used in the agro-industrial complex. A special feature of the hydraulic damper design is the transition from vertical channels to horizontal channels in the piston and stem of the vibration damper. In this case, the vertical sections of the rod channels are mated with the horizontal sections of the piston channels. The presence of such calibrated holes in the piston and rod, as well as due to the absence of bypass valves, can significantly reduce sudden pressure changes in the vibration damper during high-speed movements of both the rod and the piston. This significantly increases the smoothness of the ride, and, consequently, the comfort and safety of the vehicle and, thus, improves the working conditions of the personnel operating it. Analytical studies have been carried out, as well as hydrodynamic and strength calculations of such determining parameters as the pressure of the working fluid and its flow rate. Recommendations are given on the choice of rod and piston material for a promising design of a hydraulic damper for vehicles. A method of engineering calculations for determining the parameters of the throttling system is proposed, which allows to establish the criteria for the operability of the developed technical solution with a view to its possible application in industrial conditions.

**Keywords:** hydromechanical damper, shock absorber, vibration dampener, vehicle, smooth running, elastic rod, hydraulic fluid.

**For citation:** Investigation of the main parameters of the hydromechanical damper of vehicles used in the agro-industrial complex. S.Yu. Radin, S.Yu. Shubkin, S.S. Buneev, S.V. Yeletskikh, S.A. Dobrin. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 104-114. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-104-114>.

### Введение

Известно, что в настоящее время в агропромышленном комплексе широко используется автомобильный и железнодорожный транспорт, предназначенный, например, для перевозки пассажиров и различных грузов [8, 9, 10]. Во время движения различных транспортных средств по проезжей части в силу природного ландшафта происходят колебания, что влечет за собой неудобства, которые проявляются в виде сильных колебаний («тряски»), а также неприятного шума. Для грузовых транспортных средств колебания несут угрозу хрупким и ценным товарам. Однако самое негативное явление для любого транспортного средства это тот факт, что данные колебания передаются всей его системе и несущей конструкции, что ведет к повышенному износу деталей и их разрушению.

Существует множество различных систем гашения таких колебаний. Одними из наиболее успешных систем являются гидравлические гасители колебаний. Однако ни одна из систем не исключает полного их гашения.

Гидравлические гасители являются самыми эффективными и компактными среди всех типов гасителей, используемых в подвесках автомобилей и рельсовых экипажей [2, 6]. Они входят в состав сложной колебательной системы вместе с другими элементами и узлами, соединенными упругими устройствами [7]. Гидравлические гасители, также известные как амортизаторы, способны обеспечивать стабильные демпфирующие характеристики в широком диапазоне частот колебаний до 20 Гц [6]. Амортизаторы играют важную роль в конструкциях автомобилей и других транспортных средств, особенно при движении по пересе-

ченной местности или неровностям пути [5]. Применение гидравлических демпферов в подвесках экипажей обеспечивает более плавное движение автомобиля, предотвращает накопление и усиление колебаний, а также позволяет транспортному средству развивать более высокие скорости, примерно в 1,5 раза превышающие скорости движения без использования амортизаторов или в случае выхода из строя последних [4]. Для гидравлических амортизаторов применяются специальные гидравлические жидкости, такие как технические масла, которые содержат присадки, обеспечивающие требуемые физико-технические характеристики и устойчивость, отличающиеся от минеральных смазочных масел [3]. Важно отметить, что гидравлические гасители являются самыми эффективными и компактными среди всех типов гасителей, используемых в подвесках. Это позволяет улучшить маневренность и управляемость транспортных средств, особенно в сложных условиях дорожного покрытия. Гидравлические амортизаторы также способствуют уменьшению износа других элементов подвески, что повышает их срок службы и снижает затраты на обслуживание. Они обеспечивают стабильность, комфорт и безопасность движения, а также позволяют достичь более высоких скоростей [3].

Целью исследования является разработка перспективной конструкции гидравлического демпфера, установленного в подвеске транспортных средств, используемых в агропромышленном комплексе.

### **Материалы и методы исследований**

Учитывая вышеизложенное, следует отметить, что существуют различные виды гидравлических амортизаторов (однотрубные, двухтрубные и т.д.), которые успешно применяются в практике и широко используются в конструкциях ходовых частей автомобильного и железнодорожного транспорта. Кроме того, новые конструкции гидравлических демпферов, описанные во многих открытых источниках, представляют собой упрощенные варианты, способные эффективно снижать колебания. Для полного решения таких вопросов, как автоматическое регулирование силы сопротивления демпферов при сжатии и отбое и повышение энергетических характеристик за счет использования других элементов гасителей для диссипации энергии колебаний, которые работают как при сжатии, так и при растяжении, требуется проведение дальнейших исследований в данном направлении. Современные методы расчета гасителей колебаний позволяют определить оптимальные параметры, однако многие вопросы еще не получили окончательного решения.

Исследования были проведены в 2021-2023 гг. в научно-исследовательских лабораториях кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии агропромышленного института Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина.

В ходе исследования был использован системный подход, который позволил установить связь между параметрами разработанного гидромеханического гасителя колебаний транспортного средства и критериями его функционирования.

Методологическую основу составили методы прикладной механики теоретического и экспериментального характера, а также классические методы механики и гидравлики. Полученные результаты были обработаны с использованием методов математического анализа.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

В результате проведенных исследований была спроектирована и предложена инновационная и эффективная конструкция гидромеханического гасителя колебаний транспортного средства, которая отличается от известных технических решений более простым устройством (см. рис. 1а и 1б).

Гидромеханический амортизатор (см. рис. 2а), использующий гидравлическую систему, содержит поршень 3, соединенный со штоком 2, с каналами, размещенными в рабочем корпусе цилиндра 1. В поршне 3 имеются вертикальные отверстия 8, которые плавно переходят в горизонтальные каналы 9. Имеется уплотнительное кольцо 13 для избегания протек-

чек. Конструкция штока имеет максимальный наружный диаметр, равный посадочному диаметру поршня 3. На штоке 2 выполнены вертикальные отверстия 4, которые также плавно переходят в горизонтальные каналы 5. Вертикальные отверстия 8 поршня 3 должны быть соосны вертикальным отверстиям 4 на штоке 2. Для предотвращения угловых перемещений поршня 3 относительно штока 2 установлена скользящая шпонка (на рис. 2 шпонка условно не показана). На штоке 2 с двух сторон расположены упорные гайки 7. На цилиндрической поверхности штока 2 в месте примыкания его горизонтальных участков к аналогичным участкам поршня 3 имеются углубления каплевидной формы 10 (см. рис. 2б).

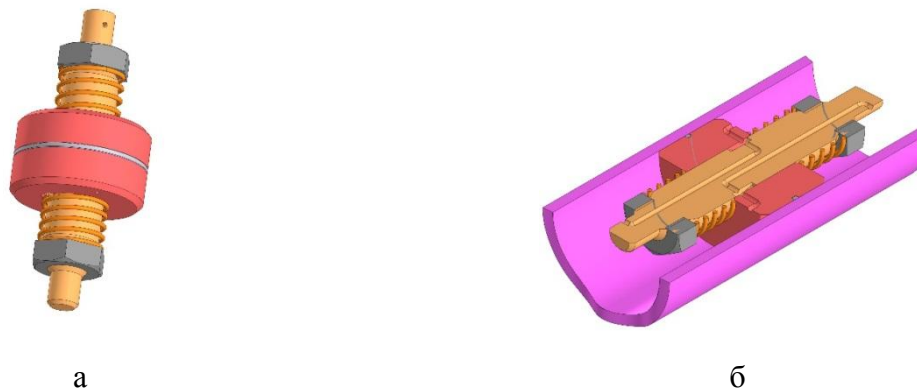


Рисунок 1. Гидромеханический гаситель колебаний транспортного средства:  
а) общий вид устройства без корпуса; б) вид устройства в разрезе

Одним из наиболее ответственных конструктивных элементов данной конструкции, являются пружины сжатия 11 (см. рис. 2а). Они должны быть правильно рассчитаны под определенную нагрузку и необходимы для того, чтобы поршень 3 находился на заданном расстоянии от упорных гаек 7. Это необходимо еще и для того, чтобы отверстия 8 на поршне 3 и отверстия 4 на штоке 2 оставались соосны, во время нахождения конструкции в состоянии равновесия. Таким образом, поршень 3 подпружинен на штоке 2 с помощью пружин сжатия 11, установленных в поджатом состоянии между упорными гайками 7 и самим поршнем 3. Рабочая жидкость 12 заполняет объем рабочего цилиндра 1.

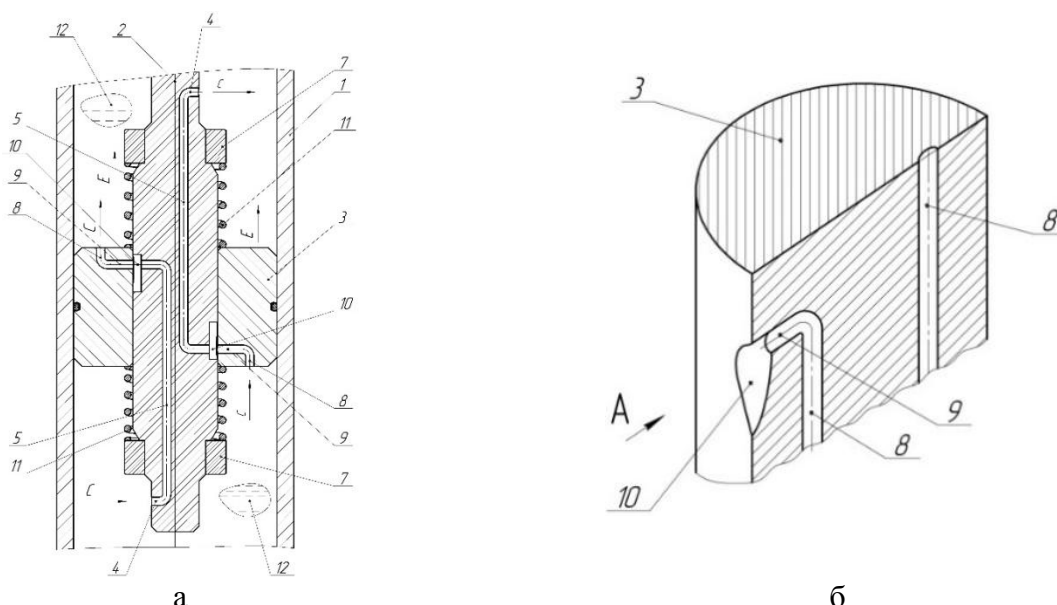


Рисунок 2. Схема гидромеханического гасителя колебаний транспортного средства:  
а) общая схема устройства; б) вид канала и углубления каплевидной формы на штоке



Принцип работы гидромеханического демпфера заключается в следующем: при относительно малой скорости перемещения штока 2, поршень 3, с помощью рассчитанной жесткости пружин сжатия 11, находится в среднем положении относительно упорных гаек 7. Следовательно, из-за разности давлений рабочая жидкость 12 начнет поступать в соосные вертикальные каналы поршня 8, 9 и штока 4, 5, двигаясь по стрелке *C* в надпоршневую полость проектируемого амортизатора. При этом из-за значительно малого диаметра каналов жидкость, протекающая через них, создает некоторое сопротивление перемещению поршня 3, как и в обычном гидравлическом амортизаторе. Если же шток 2 будет перемещаться в корпусе с достаточно большой скоростью (см. рис. 3а и 3б), то это послужит толчком к деформации верхней пружины 11 и к продольному перемещению поршня 3 относительно штока 2. В результате такого движения данных элементов конструкции относительно друг друга уменьшится объем потока проходящей рабочей жидкости 12 из подпоршневой полости демпфера в надпоршневую полость. Значительное поступательное перемещение поршня относительно штока приведет к перекрытию вертикального отверстия 8, и блокированию горизонтального канала 9, расположенного справа от продольной оси штока, и рабочая жидкость не сможет пройти через вертикальный канал 8, однако, наша сжатая пружина, будет стремиться вернуть поршень 3 в исходное положение, чтобы разблокировать горизонтальный канал 5. Кроме того, объем проходящей рабочей жидкости в горизонтальном канале 9 слева будет существенно уменьшен из-за изменяющейся ширины углубления 10 в штоке. Такое поступательное движение поршня 3 относительно штока 2 обеспечивает эффективное гашение динамических нагрузок на подвеску транспортного средства при его движении по неровностям дорожного полотна. При обратном ходе поршня 3 со штоком 2 относительно рабочего цилиндра 1, сопротивление потоку рабочей жидкости 12, создаваемое каналами гидравлической системы амортизатора, будет аналогичным вышеописанному, с той лишь разницей, что теперь левый горизонтальный канал 9 будет полностью перекрыт штоком 2, а правый горизонтальный канал 9 - частично.

Проектирование начинается с обзора и анализа, имеющихся отечественных и зарубежных конструкций, схожих по параметрам и характеристикам с проектируемым гидравлическим гасителем колебаний [1]. Важными параметрами являются его конструктивные геометрические параметры, такие как диаметр цилиндра  $d_c$  и ход поршня  $H_p$  в мм. Например, для тепловозов моделей ТЭП-75 или 2ТЭ116 устанавливаются обычно следующие геометрические характеристики: диаметр рабочего цилиндра  $d_c = 80-100$  мм и ход поршня  $H_p = 165-200$  мм. Используя такие рекомендации, в качестве примера, а также учитывая, что нагрузки на локомотивы и тепловозы в разы значительно больше, чем в автомобилях и сельскохозяйственной технике установим, следующие геометрические характеристики демпфера: диаметр поршня  $d_c = 85$  мм; диаметр штока амортизатора  $d_s = 0,45d_c = 0,45 \cdot 85 = 38$  мм; принимаем стандартный размер диаметра штока, исходя из стандартизации, наличия производства и простоты расчета равным  $d_s = 40$  мм. Высота поршня  $L_0 = 1,1 d_c = 1,1 \cdot 85 = 94$  мм; высота узла крепления рабочего цилиндра к раме транспортного средства  $L_m = 1,4 d_c = 1,4 \cdot 85 = 119$  мм; длина участка узла уплотнения резервуара амортизатора  $L_s = 1,2 d_c = 1,2 \cdot 85 = 102$  мм. Полученные размеры поршня и штока, связаны и с диаметром самого цилиндра, который, помимо нашей конструкции вмещает в себя и определенный объем рабочей жидкости и воздуха, причем для правильной и стабильной работы гидромеханического гасителя колебаний объем воздуха в системе должен быть не менее чем в 3 раза больше объема штока. Это необходимое условие служит для того, чтобы при работе гасителя (при сжатии, когда происходит вытеснение определенного объема рабочей жидкости) не создавалось излишнее высокое давление и повышение температуры.

Исходя из этого, диаметр корпуса демпфера определим по зависимости:  $D_1 = 1,5 d_c = 1,5 \cdot 85 = 130$  мм; длина горизонтального участка канала в штоке  $l_v = 84,0$  мм; длина горизонтального канала в поршне  $l_h = 34,0$  мм; число каналов в поршне и штоке  $n = 4$ ; диаметр канала  $d_{ch} = 2,5$  мм; длина углублений в штоке  $l_r = 30$  мм с плавным переходом их



ширины по высоте от 2,5 мм до 0,2 мм. Сопротивление, создаваемое нашим гасителем колебаний, зависит от скорости перемещения поршня, которое согласно отечественным и зарубежным источникам равно 0,52 м/с (100 кол/мин при ходе штока в 100 мм). Данный параметр является основным режимом контрольных стендовых и эксплуатационных испытаний. Поэтому сила сопротивления предлагаемого амортизатора с учетом вышеуказанных его геометрических параметров при давлении рабочей жидкости в 5,0 Мпа, при сжатии может достигать значений в  $P_c = 350$  кгс, а при отбое и все  $P_r = 1500$  кгс. Рабочим телом амортизаторов обычно служит гидравлическая жидкость АМГ плотностью  $\gamma = 86,0$  (кгс · с<sup>2</sup> / м<sup>4</sup>) с кинематической вязкостью  $\nu = 14$  ССТ =  $14 \cdot 10^{-6}$  м / с<sup>2</sup>.

Исходя из действующих усилий  $P_c$  и  $P_r$  можно рассчитать геометрические характеристики пружин сжатия 11, расположенных на штоке поршня и взаимодействующих с торцом последнего.

Проектируя конструкцию, мы предполагаем, что пружины сжатия 11 (рис. 3а и 3б) будут находиться изначально в поджатом состоянии  $l_1$  при нагрузке  $F_1 = 98$  кгс. Наружный диаметр пружины, исходя из диаметра штока и поршня и учитывая зазор между пружиной и штоком, выбираем в диапазоне от 55 мм до 75 мм. Выбираем по таблицам согласно ГОСТ 13766-86 диаметр проволоки  $d = 9$  мм, а также жесткость пружины  $c = 10$  кгс/мм.

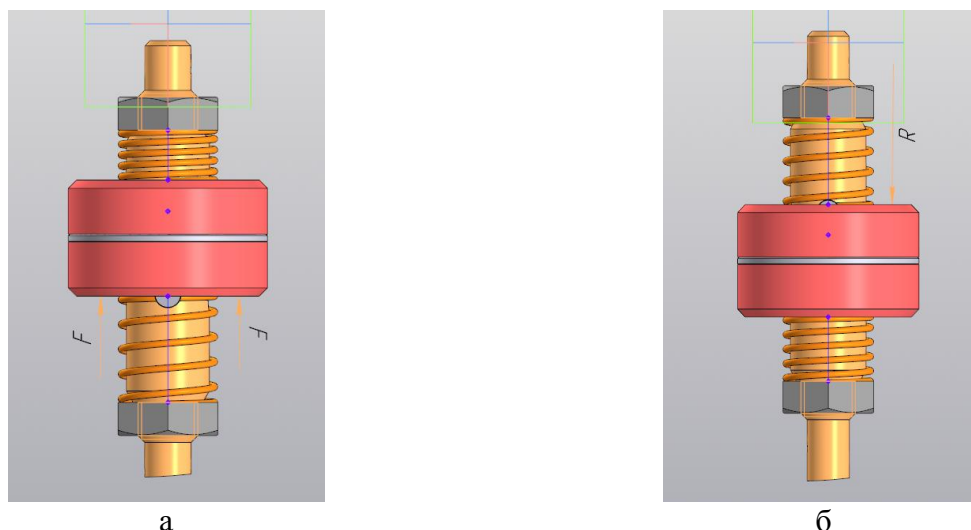


Рисунок 3. Схема поведения поршня и пружин при нагрузке.

а) нагрузка, действующая на поршень. б) сила реакции пружины, стремящаяся вернуть поршень в состояние равновесия

Важным параметром расчета пружин сжатия является относительный инерционный зазор ( $\delta = 0,05$  до 0,25). Принимаем согласно ГОСТ 13766-86  $\delta = 0,165$ . По следующей зависимости определяем усилие  $F_3$ :

$$F_3 = \frac{F_2}{1 - \delta} = \frac{350}{1 - 0,165} = 420 \text{ кгс}. \quad (1)$$

Определим касательные напряжения пружины, если наружный диаметр пружины  $D = 60$  мм.

$$\tau_3 = k \frac{8F_3 D}{\pi d^3} = 4,33 \frac{8 \cdot 420 \cdot 60}{3,14 \cdot 9^3} = 93 \text{ кгс} / \text{мм}^2. \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий кривизну пружины 4,33 [5];  
 $d$  – диаметр проволоки пружины  $d = 9$  мм.

Для правильности и подтверждения выбранных нами параметров определим максимальную деформацию количество витков проектируемой пружины, а также проверим жесткость пружины, выбранную нами согласно ГОСТ по следующим зависимостям:

$$n_{\text{раб}} = \frac{c_1}{c} = \frac{50}{10} = 5. \quad (3)$$

$$c = \frac{Gd^4}{8D^3n} = \frac{7,85 \cdot 10^4 \cdot 9^4}{8 \cdot 60^3 \cdot 5} = 9,9 \text{ Н / мм}. \quad (4)$$

где  $G$  – модуль сдвига  $G = 7,85 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2$ .

Получившееся значение жесткости округляем до ближайшего стандартного значения. Для получения всех геометрических параметров пружины сжатия, способную обеспечить надежную работу нашего гидромеханического демпфера, произведем расчет максимальной, и рабочей деформации пружины, а также рассчитаем ее шаг по следующим зависимостям:

$$S_3 = F_3 / c = 420 / 10 = 42 \text{ мм}, \quad (5)$$

$$S_2 = F_2 / c = 350 / 10 = 35 \text{ мм}, \quad (6)$$

$$t = S'_3 + d = 5,153 + 9 = 14,153 \text{ мм}, \quad (7)$$

где  $S'_3$  – наибольший прогиб одного витка [1];

Из расчета видно, что пружина с данными параметрами жесткости, наружного диаметра и диаметра проволоки способны выдержать ту нагрузку, которая будет приходиться на демпфер. Таким образом, мы видим, что полученные результаты расчета полностью подходят для данного механизма. Наружный диаметр пружины  $D_{\text{out}} = 60 \text{ мм}$ ; диаметр прутка витка  $d_0 = 9 \text{ мм}$ , число рабочих витков  $n_l = 5$ ; жесткость пружины  $c = 10 \text{ кгс/мм}$ ; рабочая нагрузка  $P_w = 420 \text{ кгс}$ ; материал, прутки Сталь 60С2 по ГОСТ 14959-79.

Важнейшим показателем оценки эффективности гидравлического гасителя колебаний является расход рабочей жидкости, протекающий через клапанную или дроссельную систему при перепаде давления  $\Delta p = \text{const}$  и соответственно для нашего гасителя можно определить данный параметр по следующей зависимости:

$$W_1 = \mu \cdot f_k \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot \sqrt{\Delta p} = 0,63 \cdot 1,96 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8}{86,0}} \cdot \sqrt{10,9 \cdot 10^5} = 193 \text{ см}^3/\text{с}, \quad (8)$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения рабочей жидкости принят 0,63;

$f_k$  – площадь проходного сечения отверстий каналов,  $f_k = 1,96 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

$\Delta p$  – действительный перепад давлений в каналах,  $10,9 \text{ кг/см}^2$ .

Предположим, что вследствие увеличения динамической нагрузки приложенной к штоку амортизатора, при прохождении неровности пути, площадь проходного сечения отверстий каналов  $f_{ch}$  снизилась с  $1,96 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  до  $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  за счёт перекрытия углублений 10 внутренней поверхностью поршня 2 (см. рис.1), тогда при том же перепаде давлений  $\Delta p = 10,9 \text{ кг/см}^2$ , считая, что  $\Delta p = \text{const}$ , расход жидкости снизится и составит:

$$W_1 = \mu \cdot f_k \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot \sqrt{\Delta p} = 0,63 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8}{86,0}} \cdot \sqrt{10,9 \cdot 10^5} = 118 \text{ см}^3/\text{с}, \quad (9)$$

Видно, что расход рабочей жидкости снизился в  $193/118 = 1,64$  раза, следовательно, возрастет сила сопротивления демпфера нагрузкам, оказанных на него, а это в свою очередь означает, что эффективность гашения колебаний возрастет. Следует отметить, что в предлагаемой конструкции демпфера, благодаря наличию калибровочных отверстий на поршне и штоке, отсутствуют сложная клапанная система, что в свою очередь, позволяет снизить вероятность резкого скачка давления в демпфере при высокоскоростных перемещениях поршня и штока, тем самым повысив плавность хода транспортного средства, а, также повысить комфорт и безопасность движения.

Так как конструкции гидравлических демпферов предполагают возникновение сил сопротивления при вытеснении рабочей жидкости поршнем и протекании ее через дросселирующую систему, то при проектировании последней пользуются уравнением неразрывности, описывающим постоянство расхода несжимаемой жидкости вдоль линии тока (принцип Эйлера):

$$W = V_{cp1} \cdot f_{n1} = V_{cp2} \cdot f_{n2} = \dots = V_{cpn} \cdot f_{nn} = \text{const}, \quad (10)$$

где  $f_n$  – площадь поперечного сечения потока;  
и уравнением Бернулли в дифференциальной форме:

$$H_n = \frac{\partial}{\partial l} \left( Z + \frac{\beta}{\gamma_{liq}} + \frac{\alpha_i V^2}{2g} \right) dl + \frac{1}{g} \beta_i \frac{\partial V}{\partial t} dl, \quad H_U = \frac{1}{g} \beta_i \frac{\partial V}{\partial t} dl, \quad (11)$$

где  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  – коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения скоростей в соответствующих сечениях потока.

При практических расчетах используют основную формулу расхода жидкости при  $\Delta\rho = const$  вида:

$$W = \mu \cdot f_0 \sqrt{\frac{2g}{\gamma_{liq}}} \sqrt{\Delta\rho_n}, \quad (12)$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения рабочей жидкости;

$f_0$  – площадь проходного сечения дросселя;

$\Delta\rho_n$  – действительный перепад давления в дросселе.

Если построить гидравлические характеристики гасителей в координатах  $H/Mm^2$ ,  $Cm^3/c$  и  $V Cm/c$ , то можно проектировать геометрические параметры клапанов.

В проектировании современных гидромеханических демпферов важнейшим параметром является установление закономерности их рабочего процесса при неустановившемся режиме, где учитывается инерционность сопротивления и нагрев рабочей жидкости. Данный параметр позволяет произвести расчет нашего гидромеханического демпфера на прочность. Многие элементы амортизаторов рассчитываются на прочность при помощи стандартных методов из сопротивления материалов, однако, некоторые конструктивные элементы требуют привлечения более сложных методов расчетов из теории упругости и пластичности, а так как детали гасителей подвергаются циклическому нагружению, то основным критерием на прочность являются нормальные напряжения  $\sigma_{min}$ ,  $\sigma_{max}$ ,  $\sigma_m = 0.5(\sigma_{min} + \sigma_{max})$  и  $\sigma_a = 0.5(\sigma_{min} - \sigma_{max})$ , а также коэффициент асимметрии цикла  $2 = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ . При одновременном возникновении нормальных и касательных напряжений необходимую прочность деталей гидравлического гасителя колебаний оценивают суммарным запасом прочности по зависимости:

$$n_\Sigma = \frac{n_\sigma \cdot n_t}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_t^2}}, \quad (13)$$

В качестве материалов для деталей гидравлических амортизаторов используют в основном стали – Сталь 20, Сталь 30ХГСА, Сталь 38ХС Сталь 50Г, Сталь 40Х, Сталь 40ХН и др., у которых базовое число циклов составляет  $N=8-10$  млн. циклов. Штоки амортизаторов рассчитывают на продольный изгиб, используя универсальный метод определения  $\sigma_{кр}$  с учетом коэффициента продольного изгиба  $\phi$  или по формуле Ф.Е. Ясинского.

Широкомасштабные испытания гидравлических амортизаторов при изготовлении или ремонте проходят в несколько этапов. Сначала проводятся визуальные проверки и измерения амортизаторов, чтобы проверить их соответствие требуемым геометрическим характеристикам. Затем амортизаторы устанавливаются в специальные испытательные стенды или стенды, имитирующие работу подвески транспортного средства. На стендах проводятся различные испытания амортизаторов, используется имитация реальных эксплуатационных условий. Демпфер подвергается нагрузкам под разными углами и скоростями движения, чтобы проверить его работоспособность в широком диапазоне условий. В процессе испытаний снимается множество параметров амортизатора, включая его характеристики сжатия, отбоя, демпфирования и т.д. Эти данные затем анализируются и строятся специальные диаграммы, называе-

мые рабочими диаграммами. Рабочие диаграммы позволяют оценить эффективность и надежность работы амортизаторов в различных условиях эксплуатации. Они позволяют установить соответствуют ли амортизаторы требованиям производителя, а также определить их срок службы и возможные проблемы в дальнейшей эксплуатации. В целом, испытания гидравлических амортизаторов на заводах или автохозяйствах являются важным этапом производства и ремонта автомобилей. Они позволяют убедиться в качестве и надежности амортизаторов перед их установкой на автомобиль и обеспечивают безопасность и комфорт при эксплуатации.

### **Выводы**

1. Разработано техническое решение, более надежное и способное менять свои демпфирующие характеристики.

2. Для настоящей перспективной конструкции гидравлического демпфера, устанавливаемого на различные транспортные средства, были проведены аналитические исследования на предмет расхода рабочей жидкости, протекающей через дроссельную или клапанную его систему и при перепаде давлений  $\Delta p = \text{const}$ . Также были произведены расчеты для определения рациональных геометрических, кинематических и прочностных характеристик.

3. Предложена методика по вычислению параметров дросселирующей системы как для проведения предварительных инженерных расчётов, так и для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, что в итоге позволяет установить критерии работоспособности разработанного технического решения с целью его возможного внедрения в практику.

4. Исходя из проведенных исследований и расчетов, предлагается перспективная конструкция гидромеханического амортизатора и ее основные геометрические параметры, такие как диаметры штока, поршня, каналов и параметры пружины сжатия. Для успешного выполнения своей функции необходим диаметр поршня  $d_c = 85$  мм, диаметр штока  $d_s = 40$  мм. Габаритный размер цилиндра предлагается взять диаметром равным  $D = 130$  мм. Количество каналов от 2 до 4-х, диаметры горизонтальных каналов в штоке и поршне должны быть  $d_{ch} = 2,5$  мм, а их длина не более 85 мм, для удобства изготовления штока. Ширина углублений не менее 30 мм. Пружины сжатия имеют следующие геометрические характеристики: диаметр проволоки  $d = 9$  мм, наружный диаметр  $D = 60$  мм, 5 рабочих витков и шаг  $t = 14$  мм. Соблюдая все указанные геометрические параметры конструкции, расход рабочей жидкости снизится в 1,64 раза, что способствует возрастанию силы сопротивления демпфера нагрузкам, оказываемых на него, что в свою очередь означает, повышение эффективности гашения колебаний.

### **Список источников**

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т.3. 9-е изд., перераб. и доп. // под ред. И. Н. Жестковой. Москва: Машиностроение. 2006. С. 180-195.

2. Ковалев А. М., Рябов И. М., Чернышев К. В. Оценка эффективности подвески автомобиля с динамическим гасителем колебаний колес при переезде единичной неровности. // Материалы международно-научной практической конференции. Под ред. И. А. Каляева, Ф. Л. Черноушко, В. М. Приходько. 2018. С. 243-244.

3. Скрипниченко Д. А., Чернявский В. В. Перспективный гидравлический амортизатор многоцелевой гусеничной машины // Наука и военная безопасность. 2017. №4 (11). С. 28-30.

4. Сливинский Е. В., Радин С. Ю., Климов Д. Н. Основы синтеза адаптивного гидромеханического демпфера перспективной торсионной подвески рельсового экипажа // Изобретатели и рационализаторы Липецкой области. Сборник научных разработок и изобретений. Липецк. 2018. С. 15-28.

5. Сливинский Е.В., Митина Т.Е. Исследование колебаний и силового нагружения модернизированного автомобильного прицепа МАЗ-8926 // Автомобильная промышленность. 2020. № 2. с. 20-24.
6. Современные конструкции амортизаторов подвесок транспортных средств с рекуперацией электрической энергии / В.О. Никонов, В.И. Посметьев, Ф.Д. Федорин, Р.Н. Пузаков, И.О. Дрожжин // Инновации в автомобильной отрасли. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Воронеж. 2023. С. 5-14.
7. Состояние и перспективы совершенствования конструкций гидропневматических подвесок колесных машин / В.О. Никонов, В.И. Посметьев, Д.Л. Свиридов, В.О. Бородин // Воронежский научно-технический вестник. 2019. Т. 2. № 2 (28). С. 19-37.
8. Kumar S., Medhavi A., & Kumar R. Active and passive suspension system performance under random road profile excitations. International Journal of Acoustics and Vibrations. 2021. No. 25(4). Pp. 532-541.
9. Lee C.H., Han M.J., & Park T.W. Dynamic characteristic analysis of 3-piece freight vehicle with wedge friction damper using ADAMS. Journal of the Korean Society for Railway. 2017. Vol. 20. No. 3. Pp. 299-310.
10. Schickhofer L., Wimmer J. Fluid-structure interaction and dynamic stability of shock absorber check valves. Journal of Fluids and Structures. 2022. Vol. 110. Pp. 103536.

### References

1. Anuryev V.I. Manual constructor-machine builder in 3-D. Vol. 3. 9th Ed. revised and expanded. In order. and. N. Gesture. Moscow: Mechanical Engineering, 2006, pp. 180-195.
2. Kovalev A.M., Ryabov I. M., Chernyshov K. V. Evaluation of the effectiveness of a car suspension with a dynamic wheel vibration damper when moving a single unevenness. Materials of the international scientific and practical conference. Edited by I. A. Kalyaev, F. L. Chernousko, V. M. Prikhodko. 2018, pp. 243-244.
3. Skripnichenko D. A., Chernyavsky V. V. A promising hydraulic shock absorber for a multi-purpose tracked vehicle. Science and military security, 2017, no.4 (11), pp. 28-30.
4. Slivinsky E. V., Radin S. Yu., Klimov D. N. Fundamentals of the synthesis of an adaptive hydromechanical damper of a promising torsion suspension of a rail carriage. Inventors and innovators of the Lipetsk region. Collection of scientific developments and inventions. Lipetsk, 2018, pp. 15-28.
5. Slivinsky E.V., Mitina T.E. Investigation of vibrations and force loading of the upgraded automobile trailer MAZ-8926. The automotive industry, 2020, no. 2, pp. 20-24.
6. Modern designs of shock absorbers for suspensions of vehicles with electric energy recovery. V.O. Nikonov, V.I. Posmetyev, F.D. Fedorin, R.N. Puzakov, I.O. Drozhzhin. Innovations in the automotive industry. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference. Voronezh, 2023, pp. 5-14.
7. The state and prospects of improving the designs of hydropneumatic suspensions of wheeled vehicles. V.O. Nikonov, V.I. Posmetyev, D.L. Sviridov, V.O. Borodkin. Voronezh Scientific and Technical Bulletin, 2019, vol. 2, no. 2 (28), pp. 19-37.
8. Kumar S., Medhavi A., & Kumar R. Active and passive suspension system performance under random road profile excitations. International Journal of Acoustics and Vibrations, 2021, no. 25(4), pp. 532-541.
9. Lee C.H., Han M.J., & Park T.W. Dynamic characteristic analysis of 3-piece freight vehicle with wedge friction damper using ADAMS. Journal of the Korean Society for Railway, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 299-310.
10. Schickhofer L., Wimmer J. Fluid-structure interaction and dynamic stability of shock absorber check valves. Journal of Fluids and Structures, 2022, vol. 110, pp. 103536.



### **Информация об авторах**

**С.Ю. Радин** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологических процессов в машиностроении и агроинженерии;

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

**С.С. Бунеев** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии;

**С.В. Елецких** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии;

**С.А. Добрин** – аспирант кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии.

### **Information about the authors**

**S.Yu. Radin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering;

**S.Yu. Shubkin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering;

**S.S. Buneev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering;

**S.V. Yeletskikh** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering;

**S.A. Dobrin** – Postgraduate Student of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering.

Научная статья  
УДК 664.8.034  
DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-115-126

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО НАСЫЩЕНИЯ ПАРАМИ ПРЯНО-КОПТИЛЬНЫХ АРОМАТИЗАТОРОВ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Шубкин Сергей Юрьевич<sup>1✉</sup>, Шахов Сергей Васильевич<sup>2</sup>, Бунеев Сергей Сергеевич<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

<sup>1</sup>shubkin.92@mail.ru✉

<sup>2</sup>s\_shahov@mail.ru

<sup>3</sup>limes88@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлено описание конструкции и принципа действия автоматизированной технологической установки для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения. Предложен способ управления исследуемым процессом. Способ имеет следующие преимущества: способствует повышению производительности оборудования благодаря обеспечению согласованной работы парогенератора и копильной камеры; обеспечивает снижение удельных энергетических затрат за счет поддержания наиболее рациональных условий протекания процесса. Разработана математическая модель процесса, которая может применяться при создании копильных установок, а также способа управления технологическими режимами процесса насыщения пряно-копильными ароматизаторами экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения. Получено уравнение, позволяющее определить значение удельных энергозатрат на 1 кг готовой продукции внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов. Результаты решенной задачи оптимизации позволили выделить рациональный диапазон изменения входных факторов по трем исследуемым критериям функционирования копильной установки. В качестве субоптимальных интервалов изменения параметров следует принять: давление, создаваемое вакуум-насосом в трубопроводе, 31-35 кПа; скорость подачи паров пряно-копильных ароматизаторов в копильную камеру, 0,65-0,8 м/с; температура в копильной камере, 38-42 °С.

**Ключевые слова:** управление, регулирование, автоматизация, оптимизация, пряно-копильные ароматизаторы, функциональные продукты.

**Финансирование:** работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант № МК-2213.2022.4).

**Для цитирования:** Шубкин С.Ю., Шахов С.В., Бунеев С.С. Автоматизированная технологическая установка для проведения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 115-126. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-115-126>.

Original article

## AUTOMATED TECHNOLOGICAL INSTALLATION FOR CARRYING OUT THE PROCESS OF VACUUM SATURATION WITH VAPORS OF SPICY AND SMOKY FLAVORS OF EXTRUDED MEAT AND VEGETABLE PRODUCTS

Sergey Yu. Shubkin<sup>1✉</sup>, Sergey V. Shakhov<sup>2</sup>, Sergey S. Buneev<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

<sup>2</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>shubkin.92@mail.ru✉

<sup>2</sup>s\_shahov@mail.ru

<sup>3</sup>[limes88@mail.ru](mailto:limes88@mail.ru)

**Abstract.** The article describes the design and principle of operation of an automated technological installation for carrying out the process of vacuum saturation with vapors of spicy and smoky flavors of ex-

*truded meat and vegetable products for functional purposes. A method for controlling the process under study is proposed. The method has the following advantages: helps to increase the productivity of the equipment by ensuring the coordinated operation of the steam generator and the smoking chamber; It provides a reduction in specific energy costs by maintaining the most rational conditions for the process. A mathematical model of the process has been developed that can be used to create smoking installations, as well as a method for controlling the technological modes of the process of saturation with spicy-smoky flavors of extruded meat and vegetable products for functional purposes. An equation is obtained that allows us to determine the value of specific energy consumption per 1 kg of finished products within the selected intervals of variation of input factors. The results of the solved optimization problem made it possible to identify a rational range of changes in input factors according to the three investigated criteria for the functioning of the smoker. As suboptimal intervals for changing parameters, the following should be taken: the pressure created by the vacuum pump in the pipeline, 31-35 kPa; the rate of vapor supply of spicy and smoky flavors to the smoking chamber, 0.65-0.8 m/s; the temperature in the smoking chamber, 38-42 °C.*

**Keywords:** *management, regulation, automation, optimization, spicy and smoky flavors, functional products.*

**Funding:** *the work was carried out with the financial support of the Grants Council of the President of the Russian Federation (grant no. МК-2213.2022.4).*

**For citation:** *Shubkin S.Yu., Shakhov S.V., Buneev S.S. Automated technological installation for carrying out the process of vacuum saturation with vapors of spicy and smoky flavors of extruded meat and vegetable products, 2023, no. 4(30), pp. 115-126. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-115-126>.*

## **Введение**

Современное производство продуктов питания является сложным технологическим процессом, который требует эффективного управления [3]. В настоящее время существует множество подходов к созданию систем автоматического управления процессами, проходящими в машинах и аппаратах пищевых производств [1, 5]. Особое внимание уделяют оптимизации данных систем по различным критериям [2].

Анализ существующих методов и технологического оборудования для проведения процессов насыщения пищевых сред копильными компонентами, в частности бездымными средами, показывает, что традиционные способы и методы не обеспечивают в полной мере необходимый уровень эффективности процессов [4]. Это можно объяснить отсутствием программного обеспечения и систем автоматического регулирования для оперативной настройки технологического оборудования.

Несмотря на растущую популярность и широкое применение бездымного способа копчения различных пищевых продуктов, в продовольственном машиностроении практически отсутствует серийное производство автоматизированного технологического оборудования для проведения бездымного копчения [8]. Очевидно, что существует необходимость в разработке рациональных режимов установок, функционирование которых предполагает использование в качестве рабочей среды бездымные копильные агенты. Создание принципиально новых схем организации бездымного копчения подразумевает не только устранение недостатков, которые характерны для существующего оборудования, но и расширение перспектив использования копильного оборудования.

В последние годы особую популярность приобретают функциональные продукты питания, полученные экструзией из сырья растительного и животного происхождения, которые сбалансированы по аминокислотному составу, биологической и пищевой ценности. Перспективным вариантом расширения ассортимента и привлекательности данных продуктов является насыщение их бездымными копильными компонентами – пряно-копильными ароматизаторами, которые, в отличие от традиционных дымовых агентов, полностью очищены от канцерогенных веществ, что позволит убедить потребителя в экологичности и безопасности готовой продукции.

В результате ранее проведенных исследований были предложены конструкторские решения, позволяющие эффективно осуществлять процесс насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов. В частности, была решена проблема с проникновением копильных агентов в продукт устраниением лимити-

тирующих факторов на их пути. Был предложен и реализован способ, при котором путем удаления вакуумированием из пор экструдированных продуктов воздуха происходит замещение его парами пряно-копильных ароматизаторов [9, 11].

На основании вышеизложенных сведений целью исследования является разработка автоматизированной системы управления эксплуатационными режимами установки для организации и оптимизации процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения.

### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводились в 2022-2023 гг. в рамках реализации гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук (тема исследования «Разработка и научное обеспечение высокотехнологичного производства функциональных продуктов питания на основе сырья животного и растительного происхождения с добавлением бездымных пряно-копильных ароматизаторов», внутренний номер МК-2213.2022.4) на базе агропромышленного института ЕГУ им. И.А. Бунина в научно-исследовательских лабораториях по изучению процессов и аппаратов пищевых производств. С целью снижения объемов экспериментальных исследований и оптимизации режимов процесса насыщения пряно-копильными ароматизаторами функциональных продуктов использовались экспериментально-статистические методы, математическую основу которых составляет теория планирования эксперимента.

Насыщению парами пряно-копильных ароматизаторов подвергали экструдированные мясорастительные продукты под вакуумом. 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 рецептур экструдированных продуктов приведено в работах [10, 11].

В качестве копильного агента использовались пары препарата «Жидкий дым-062». Экструдированный продукт подвергался насыщению парами пряно-копильного ароматизатора в течение 10 минут при следующих параметрах в копильной камере – температуре в диапазоне 35-45 °С; давлении, создаваемого вакуум-насосом в трубопроводе 10-50 кПа; скорости подачи паров пряно-копильных ароматизаторов 0,4-0,8 м/с. По окончании процесса продукт отправляли на подсушку с целью снизить влажность до заданных пределов.

Готовый продукт, фасованный в пленочные пакеты без вакуума, хранили при температуре от 0 до 2 °С в сухом, чистом, хорошо вентилируемом помещении при относительной влажности воздуха 70-80%. Срок хранения – не более 9 суток с даты изготовления.

Экспериментально-статистические методы проводили в два этапа. Первый этап заключался в построении регрессионной математической модели, адекватно описывающей зависимость выбранных выходных параметров от изучаемых факторов [6, 10]. На втором этапе была построена в графическом виде модель процесса, позволяющая достаточно точно рассчитать содержание фенольных компонентов на продукте внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Высокая эффективность процесса вакуумного насыщения бездымными пряно-копильными ароматизаторами крупнодисперсных мясорастительных продуктов функционального назначения предъявляет особые требования к системе управления процессом, в частности к быстродействию контуров контроля и регулирования. Следовательно, для обеспечения более продуктивного выполнения процесса вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов необходима разработка автоматизированной технологической установки.

На рис. 1 представлена принципиальная схема технологической установки, реализующая предлагаемый способ автоматического управления процессом.

Схема, реализующая предлагаемый способ автоматического управления, включает: установку для получения экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения с добавлением бездымных пряно-копильных ароматизаторов, содержащую коптильную камеру 1; систему подготовки и подачи паров пряно-копильных ароматизаторов, которая состоит из следующих основных элементов: камеры смешивания 4, парогенератора 2, ротационного насоса 3. В установке также имеется конденсатор 13, рециркулирующий вакуум-насос 12, а также трубопроводы 5, 6, 14, 15.

Установка содержит коптильную камеру 1, для подачи продукта в которую служит вертикальный экструдер 8, в центральном канале которого установлен нагнетающий шнек 7 с возможностью вращения от привода (на рис. 1 не показан). Исходное сырье для производства экструдированных продуктов в экструдер 8 поступает через загрузочное устройство 9.

В парогенераторе 2 находится нагреваемый термоэлементом 16 лоток 17, в который по трубопроводу 18 через камеру смешивания 4 подаются пряно-копильные ароматизаторы. К парогенератору 2 подведен трубопровод 5, соединенный с насосом 3, к которому примыкает трубопровод 6, соединяющий его с коллектором 5 (см. рис. 2), который в свою очередь связан с коптильной камерой 1.

На выходе из экструдера 8 соосно нагнетающему шнеку 7 размещены специальная вставка с проходящим через нее патрубком подачи паров пряно-копильных ароматизаторов.

В коптильной камере 1 установлена насадка 10 в форме сопла Лавалья, которая позволяет создавать паровой затвор, разделяющий зоны подачи продукта в вакуум и его насыщение парами пряно-копильных ароматизаторов. После насадки 10 в нижней части коптильной камеры 1 установлено делительно-упаковочное устройство 11, имеющее шлюзовой затвор для выгрузки готового продукта.

Схема (см. рис. 1), реализующая предлагаемый способ автоматического управления, также включает линию 19 для подачи пряно-копильных ароматизаторов в парогенератор 2, линию 21 для подачи исходного сырья для получения мясорастительных функциональных продуктов в загрузочное устройство 9, линию 20 для подачи хладагента в конденсатор 13, линию 22 выгрузки готового продукта из делительно-упаковочного устройства 11.

Имеются датчики температуры 23, 24 и 25 соответственно расположенные в парогенераторе 2, в коптильной камере 1 и конденсаторе 6; датчик влажности 35, расположенный в коптильной камере 1; датчики расхода 27, 28, 29, 30, 31 соответственно расположенные на линии 19 для подачи пряно-копильных ароматизаторов в парогенератор 2, в трубопроводе 6, на линии 20 для подачи хладагента в конденсатор 13, на линии 21 для подачи исходного продукта в загрузочное устройство 9, на линии 22 выгрузки готового продукта из делительно-упаковочного устройства 11; датчик уровня 26, расположенный в парогенераторе 2; датчик давления 32 в трубопроводе 14; датчики концентрации коптильной смеси 33 и 34, соответственно расположенные в трубопроводе 6 и рециркулирующем трубопроводе 14; датчики частоты вращения 36, 37, 38, соответственно расположенные на приводе экструдера 8, на приводе делительного и упаковочного устройства 11, локальные регуляторы 39, 40, 42, 44, 45, 49, 50, 51, 54, вторичные приборы 41, 43, 46, 47, 48, 52, 53; исполнительные механизмы 55-64, программируемый технологический контролер (ПМК) 65.



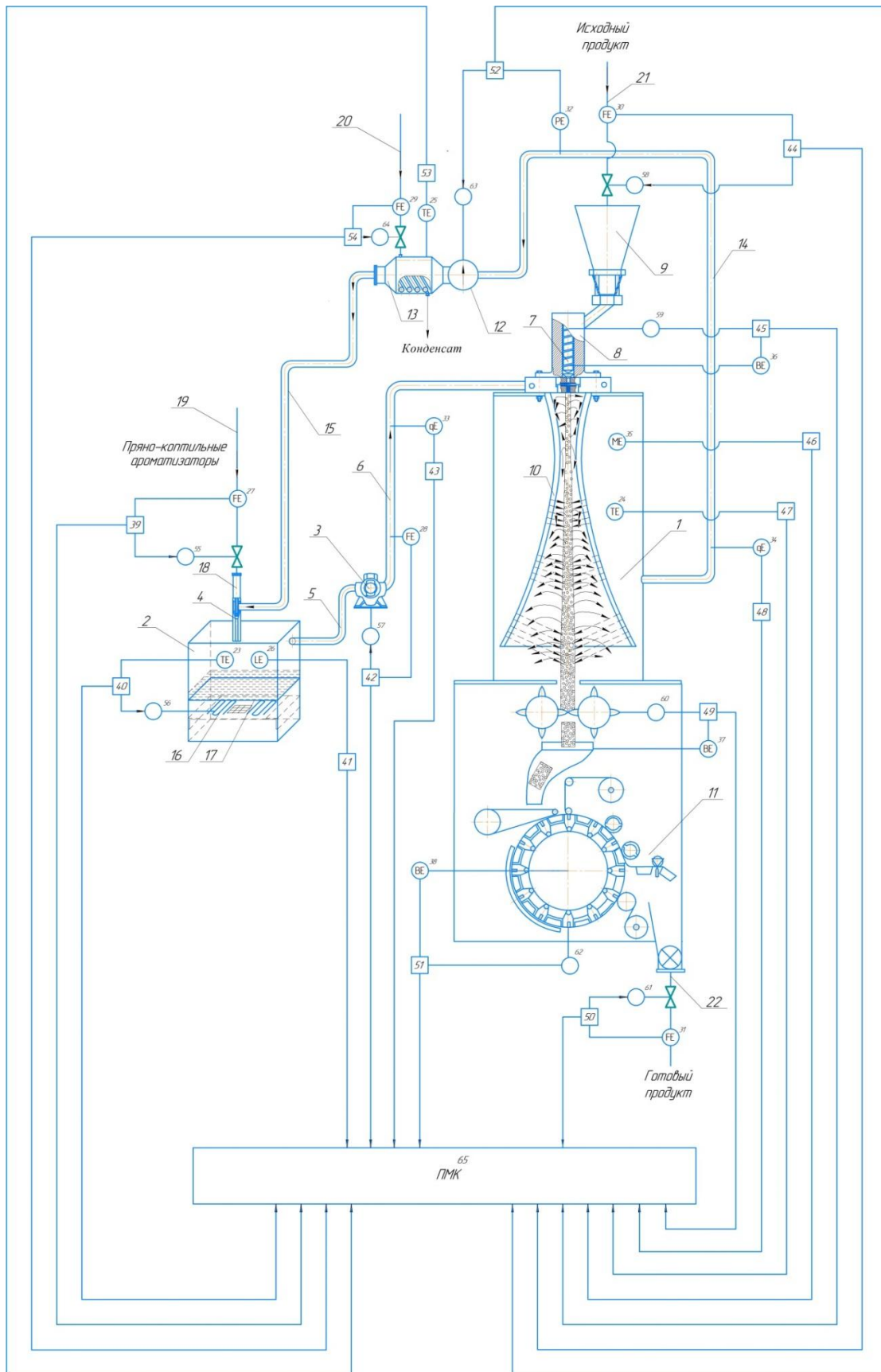


Рисунок 1. Схема, реализующая способ автоматического управления процессом вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения

Способ автоматического управления процессом вакуумного насыщения парами пряно-копильных ароматизаторов экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения осуществляется следующим образом.

Управление ведётся в супервизорном режиме. При этом стабилизация значений технологических параметров производится локальными регуляторами, задание которым устанавливает программируемый микроконтроллер. Это позволяет существенно повысить надёжность работы системы управления, так как в случае возникновения сбоя в программе или аппаратного отказа самого контроллера локальные регуляторы будут продолжать работать с последними установленными настройками. Применение микроконтроллера позволяет производить анализ поведения объектов управления и выбирать оптимальные настроечные параметры регуляторов исходя из определённых критериев, таких как минимизация затрат энергоресурсов, скорость регулирования (время переходных процессов в системе) и др.

По линии 19 в парогенератор 2 подаются пряно-копильные ароматизаторы, расход которых стабилизируется с помощью датчика расхода 27 и локального регулятора 39 путем воздействия на исполнительный механизм 55.

Пряно-копильные ароматизаторы направляются в лоток 17 и заполняют его до необходимого уровня, который контролируется при помощи датчика 26, подавая сигнал на вторичный прибор 41. После чего включают нагревательный элемент 16 и доводят температуру до установленных значений при помощи датчика 23, который измеряет и контролирует температуру внутри парогенератора 2 на заданном уровне.

Локальный регулятор 40 стабилизирует температуру нагрева в парогенераторе 2, воздействуя на исполнительный механизм 56, изменяющий силу тока, подаваемую на нагревательный элемент 16.

Из парогенератора 2 копильная смесь отсасывается насосом 3, после которого по трубопроводу 6 поступает в каналы копильной установки 1. Через трубопровод 6 копильная смесь, расход которой достигает необходимого значения при помощи датчика 28, подаёт сигнал на локальный регулятор 42 путем воздействия на исполнительный механизм 57.

Исходное сырьё для получения экструдированных мясорастительных продуктов подаётся по линии 21 в загрузочное устройство 9, расход которого стабилизируется с помощью датчика расхода 30 и локального регулятора 44 путем воздействия на исполнительный механизм 58. После прохождения загрузочного устройства 9 продукты поступают в экструдер 8, а затем в копильную камеру 1.

Датчик 35 позволяет производить измерение и контроль влажности внутри копильной камеры 1, подавая сигнал на вторичный прибор 46. С помощью датчика 36 измеряется и контролируется частота вращения шнека 7 экструдера 8. Локальный регулятор 45 стабилизирует измельчение и перемешивание продукта и, соответственно, его перемещение к делительно-упаковочному устройству 11, воздействуя на исполнительный механизм 59, позволяет изменять частоту вращения шнека 7 экструдера 8.

Температурный режим (35...45 °С) внутри копильной камеры 1 контролируется при помощи датчика 24, подавая сигнал на вторичный прибор 47.

Необходимый уровень остаточного давления (10-50 кПа) в трубопроводе 14 достигает необходимого значения при помощи датчика 32, подавая сигнал на локальный регулятор 52 путем воздействия на исполнительный механизм 63.

В конденсатор 13 по линии 20 подается хладагент, расход которого стабилизируется при помощи датчика расхода 29 и локального регулятора 54 путем воздействия на исполнительный механизм 64. Отработанные пары пряно-копильных ароматизаторов переходят в жидкое состояние, после чего направляются в камеру смешивания 4 для повторного использования в процессе копчения.

С помощью датчика 37 измеряется и контролируется частота вращения шнека 7 делительного устройства. Локальный регулятор 49 стабилизирует процесс получения порций продукта, воздействуя на исполнительный механизм 60, что позволяет изменять частоту

вращения валиков делительного устройства. С помощью датчика 38 измеряется и контролируется частота вращения упаковочного устройства. Локальный регулятор 51 стабилизирует процесс упаковки продукта, воздействуя на исполнительный механизм 61, что позволяет изменять частоту вращения упаковочного механизма устройства 11.

Концентрация копильной смеси на входе и выходе из копильной камеры измеряется и контролируется при помощи датчиков 33 и 34 соответственно, подавая сигнал на вторичные приборы 43 и 48.

На линии 22 осуществляется выгрузка готового продукта, расход которого стабилизируется с помощью датчика расхода 31 и локального регулятора 50 путем воздействия на исполнительный механизм 61.

Отработанные пары пряно-копильных ароматизаторов посредством вакуум-насоса 12 перемещаются через рециркулирующий трубопровод 14 в конденсатор 13, температура в котором контролируется при помощи датчика 25, подавая сигнал на вторичный прибор 53.

В качестве основных факторов (см. табл. 1), влияющих и характеризующих процесс насыщения пряно-копильными ароматизаторами крупнодисперсных функциональных продуктов в пересыпающемся слое, выбраны параметры среды внутри копильной камеры:

- 1)  $x_1$  - температура в копильной камере, °С;
- 2)  $x_2$  - давление, создаваемое вакуум-насосом в системе, кПа;
- 3)  $x_3$  - скорость подачи паров пряно-копильных ароматизаторов в копильную камеру, м/с.

В качестве выходных данных используется функция отклика:

$y$  – удельные энергозатраты на 1 кг готовой продукции, которые определяют энергоёмкость процесса и являются одним из важнейших показателей его энергетической эффективности, кДж/кг.

Математическая модель регрессии представляется в виде отрезка ряда Тейлора, в который можно разложить неизвестную функцию в виде:

$$y(x_1, \dots, x_k) = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

где  $b_0$  - свободный член;

$b_i$  - линейные эффекты;

$b_{ij}$  - эффекты парного взаимодействия;

$b_{ii}$  - квадратичные эффекты.

Таблица 1. Факторы и интервалы их варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
Температура, $t, C^{\circ}$	$x_1$	35	40	45	5
Давление, $p, \text{кПа}$	$x_2$	10	30	50	20
Скорость подачи смеси в копильную камеру $v, \text{м/с}$	$x_3$	0,4	0,6	0,8	0,2

В таблице 2 представлены характеристики планирования и выходные параметры опытов. Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями про-

цесса и техническими характеристиками коптильной установки. Программа исследований была заложена в матрицу планирования эксперимента (табл. 2).

Таблица 2. План эксперимента и выходные параметры опытов

Номер опыта ( $u$ )	Матрица планирования			Натуральные значения переменных			Выходной параметр $y(u, I)$ , кДж/кг
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$t, C^0$	$p$ , кПа	$v$ , м/с	
1	-1	-1	-1	35	10	0,4	0,53
2	+1	-1	-1	45	10	0,4	0,8
3	-1	+1	-1	35	50	0,4	1,1
4	-1	-1	+1	35	10	0,8	1,46
5	-1	0,19	0,19	35	33,8	0,638	1
6	0,19	-1	0,19	40,95	10	0,638	1,56
7	0,19	0,19	-1	40,95	33,8	0,4	1,69
8	-0,29	+1	+1	38,55	50	0,8	1,96
9	+1	-0,29	+1	45	24,2	0,8	0,93
10	+1	+1	-0,29	45	50	0,542	1,48

В таблице 3 представлены значения коэффициентов уравнения математической модели процесса.

Таблица 3. Коэффициенты уравнения математической модели

$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{11}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{22}$	$b_{23}$	$b_{33}$
1,524	0,026	0,207	0,097	-0,633	0,086	-0,204	0,18	-0,172	0,113

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватно описывающее рассматриваемый процесс насыщения пряно-коптильными ароматизаторами функциональных продуктов под влиянием исследуемых факторов:

$$y = 1,524 + 0,026x_1 + 0,207x_2 + 0,097x_3 - 0,633x_1^2 + 0,18x_2^2 + 0,113x_3^2 + 0,086x_1x_2 - 0,204x_1x_3 - 0,172x_2x_3 \quad (2)$$

Дисперсия воспроизводимости в параллельных опытах: 0,003.  
 Число степеней свободы: 10.  
 Табличное значение критерия Стьюдента: 2,23.

Таблица 4. Критерии Стьюдента и значимость коэффициентов модели (1/0 - значимый/незначимый)

Критерии Стьюдента	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{11}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{22}$	$b_{23}$	$b_{33}$
$t$ -критерий	27,9	1,113	8,864	4,154	14,02	3,089	7,327	3,988	6,178	2,503
Значимость	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Дисперсия адекватности математической модели: 0,011.  
 Число степеней свободы при значимых коэффициентах: 1.  
 Табличное значение критерия Фишера: 4,96.  
 Расчетное значение критерия Фишера: 3,67.

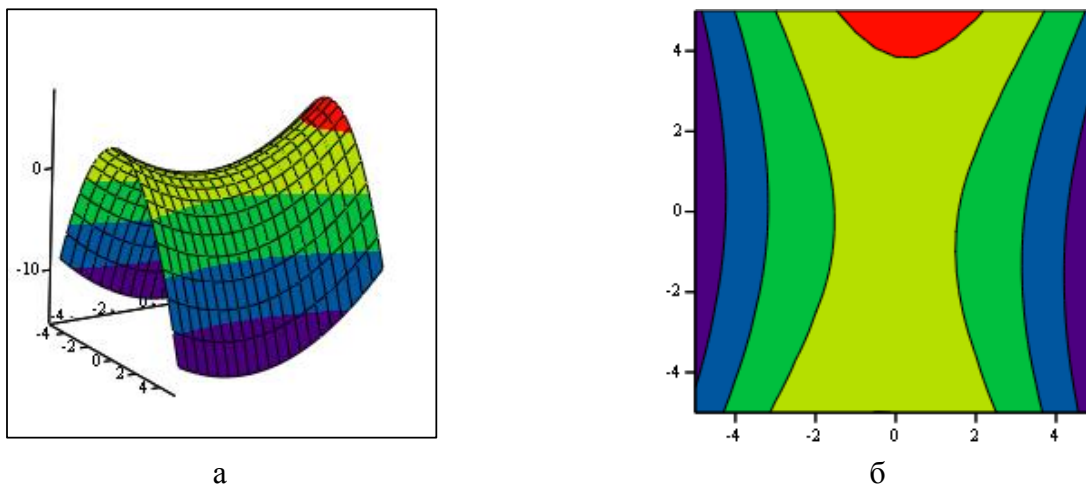


Рисунок 2. Графики зависимости удельных энергозатрат на 1 кг готовой продукции  $y$  от изучаемых факторов (при  $x_3 = 0$ ):  
а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

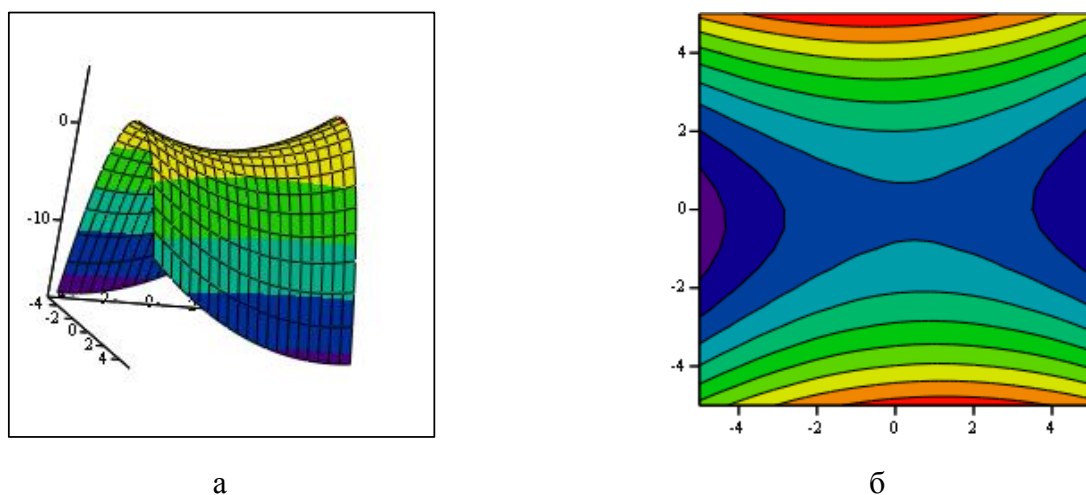


Рисунок 3. Графики зависимости удельных энергозатрат на 1 кг готовой продукции  $y$  от изучаемых факторов (при  $x_2 = 0$ ):  
а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

Анализируя полученное в результате моделирования уравнение (2), можно выделить факторы, которые оказывают наиболее выраженное влияние на рассматриваемый процесс. Таким образом, на удельные энергозатраты наибольшее влияние оказывает давление, создаваемое вакуум-насосом в трубопроводе. В меньшей степени влияет скорость подачи паров пряно-копильных ароматизаторов в копильную камеру и температура в копильной камере. Графическая интерпретация зависимости удельных энергозатрат на 1 кг готовой продукции от изучаемых факторов приведена на рис. 2-4.

Вывод по адекватности математической модели, по критерию Фишера, уравнение математической модели является адекватным. Модель применима для решения производственных задач.

Описанная выше задача решалась с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа с использованием пакета символьной математики Mathcad.



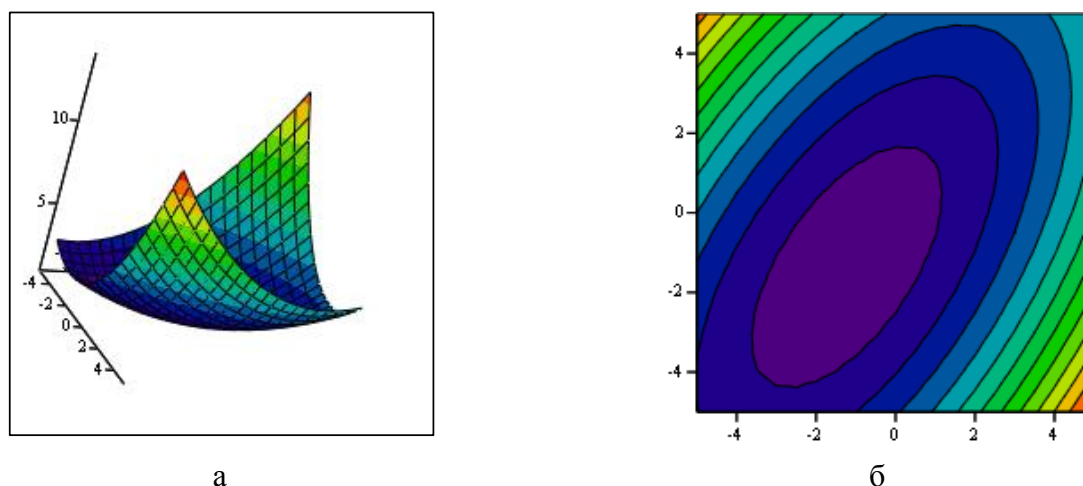


Рисунок 4. Графики зависимости удельных энергозатрат на 1 кг готовой продукции  $y$  от изучаемых факторов (при  $x_1 = 0$ ):  
а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

Для проверки достоверности полученных результатов проводили соответствующее количество параллельных опытов. Полученные данные находились внутри рассчитанных доверительных интервалов по всем выбранным критериям. При этом среднеквадратичная погрешность не превышала 5%.

#### Выводы

1. Предлагаемый способ автоматического управления процессом вакуумного насыщения бездымными пряно-копильными ароматизаторами экструдированных мясорастительных продуктов функционального назначения имеет следующие преимущества:

- способствует повышению производительности оборудования благодаря обеспечению согласованной работы технологического оборудования;
- обеспечивает снижение удельных энергозатрат за счет поддержания наиболее рациональных условий протекания процесса.

2. Результаты решенной задачи оптимизации позволили выделить рациональный диапазон изменения входных факторов по трем исследуемым критериям функционирования копильной установки. Полученная математическая модель может применяться при создании копильных установок, а также способе управления технологическими режимами процесса насыщения пряно-копильными ароматизаторами экструдированных продуктов функционального назначения.

3. В качестве субоптимальных интервалов изменения параметров следует принять: давление, создаваемое вакуум-насосом в трубопроводе, 31-35 кПа; скорость подачи паров пряно-копильных ароматизаторов в копильную камеру, 0,65-0,8 м/с; температура в копильной камере, 38-42 °С.

4. В результате математического моделирования процесса насыщения пряно-копильными ароматизаторами крупнодисперсных функциональных продуктов в пересыпающемся слое получено нелинейное уравнение, адекватно описывающее рассматриваемый процесс и приведена его графическая интерпретация.

5. При планировании эксперимента и статистической обработке результатов получена информация о влиянии различных факторов на исследуемый процесс.

6. Построена математическая модель процесса, которая позволяет определить значение удельных энергозатрат на 1 кг готовой продукции внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

7. Анализируя полученные данные, можно сказать, что процесс вакуумного насыщения пряно-копильными ароматизаторами экструдированных функциональных продуктов про-

ходит по сложному механизму, при этом значительное влияние имеет давление, создаваемое вакуум-насосом в системе, выступающее в роли движущей силы процесса, от которого зависят удельные энергозатраты для получения 1 кг готовой продукции.

#### **Список источников**

1. Вотинов М.В., Маслов А.А. Автоматизация технологического процесса термической обработки сырья в пищевой промышленности на примере малогабаритной сушильной установки // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2012. Т. 10. № 3. С. 15-25.
2. Ершов А.М., Похольченко В.А., Ершов М.А. Числа подобия в процессах сушки, копчения и обжаривания рыбы // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 4. С. 3-12.
3. Информационные системы в управлении пищевым производством / Д. И. Глушenkova, В. В. Заев, А. В. Кравцова, Е. С. Шелест // Ученые заметки ТОГУ. 2019. Т. 10. № 3. С. 68-73.
4. Кадирбек Е.А., Мусабеков А.А. Проектирование автоматизированной системы управления производства упаковок для пищевых продуктов // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. 2018. № 2(46). С. 61-65.
5. Карякин, А. Т. Основы автоматизации технологических процессов в пищевой промышленности // Успехи современной науки. 2016. Т. 4. № 9. С. 112-115.
6. Нейдорф Р.А., Мохсен М.Н. Автоматическая система взаимно инвариантного векторного управления переменными технологического состояния аппарата приготовления раствора // Вестник Донского государственного технического университета. 2016. Т. 16. № 1(84). С. 143-153.
7. Особенности управления многофакторными объектами пищевых производств / В. А. Балюбаш, С. Е. Алешичев, Е. А. Травина, В. Л. Иванов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 1-2. С. 840-848.
8. Селунский В.В., Чурин В.Ю. Оптимизация процесса электростатического копчения бездымным способом // Вестник КрасГАУ. 2013. № 1(76). С. 153-159.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

#### **References**

1. Votinov M.V., Maslov A.A. Automation of the technological process of heat treatment of raw materials in the food industry on the example of a small-sized drying plant. Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology, 2012, vol. 10, no. 3, pp. 15-25.
2. Ershov A.M., Pohlchenko V.A., Ershov M.A. Similarity numbers in the processes of drying, smoking and roasting fish. Scientific Journal of the National Research University of ITMO. Series: Processes and devices of food production, 2015, no. 4, pp. 3-12.
3. Information systems in food production management. D. I. Glushenkova, V. V. Zuev, A.V. Kravtsova, E. S. Shelest. Scientific notes of TOGU, 2019, vol. 10, no. 3, pp. 68-73.
4. Kadyrbek E.A., Musabekov A.A. Designing an automated control system for the production of food packages. Scientific works of M. Auevov SKSU, 2018, no. 2(46), pp. 61-65.

5. Karyakin, A. T. Fundamentals of automation of technological processes in the food industry. *Successes of modern science*, 2016, vol. 4, no. 9, pp. 112-115.

6. Neidorf R.A., Mohsen M.N. Automatic system of mutually invariant vector control of variables of the technological state of the solution preparation apparatus. *Bulletin of the Don State Technical University*, 2016, vol. 16, no. 1(84), pp. 143-153.

7. Features of management of multifactorial food production facilities. V. A. Balyubash, S. E. Alyoshichev, E. A. Travina, V. L. Ivanov. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 2019, vol. 9, no. 1-2, pp. 840-848.

8. Selunsky V.V., Churin V.Yu. Optimization of the process of electrostatic smokeless smoking. *Bulletin of KrasSAU*, 2013, no. 1(76), pp. 153-159.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

#### **Информация об авторах**

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

**С.В. Шахов** – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств;

**С.С. Бунеев** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии.

#### **Information about the authors**

**S.Yu. Shubkin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering;

**S.V. Shakhov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Production Machinery and Apparatus;

**S.S. Buneev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering.

**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](mailto: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. Редакционная коллегия 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 4 (№ 30)

*Корректор – С.Е. Гридчина  
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

**Знак информационной продукции 12+**

Подписано в печать: 18.12.2023  
Дата выхода в свет: 19.12.2023  
Бумага формат А-4 (65 п.л.)  
Гарнитура Times  
Печать трафаретная  
Тираж 1000 экз. Заказ № 113  
Свободная цена

Адрес редакции:  
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Допризывников, 1

Адрес издателя:  
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1  
E-mail: agropromelets@mail.ru

Сайт журнала: [www. http://elsu.ru/agrotech](http://elsu.ru/agrotech)  
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.  
Регистрационный номер средства массовой информации  
ПИ № ФС77-67628 от 10 ноября 2016 г.

Подписной индекс журнала № **64988** в объединенном каталоге  
«Пресса России»

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии  
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина  
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,  
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1