

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 (№ 34) / Елец, 2024

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

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

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

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».

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

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

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

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

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

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

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

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

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

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».

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».

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

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL:

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

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

ZAKHAROV Vjacheslav – Doctor of Agricultural Sciences, 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.

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.

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

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

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

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

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

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

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

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

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

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

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

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

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

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

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

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

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

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

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

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

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Блинохватов А.А., Гасанова В.А., Пияйко П.И. Исследование особенностей осаждения вкусо-ароматических смесей в установке электростатического копчения мясного и рыбного сырья.....	9
Горбачев В.В., Беляева М.А., Щербаков А.П. Применение смартфона для анализа антирадикальной активности продуктов питания (на примере пивобезалкогольных напитков).....	18
Гулидова В.А. Жирнокислотный состав масла озимого и ярового рапса в условиях Липецкой области.....	30
Куприенко А.Е., Депутатова К.К., Пчелинцева О.Н., Бочкарева З.А. Разработка рецептуры сырников с добавлением рисовой муки.....	36
Мокрецов И.В., Левина Т.Ю., Андреева С.В., Курако У.М. Разработка технологии сырокопченого продукта комбинированного созревания.....	45
Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Евдокимова О.В., Павлова А.Е. Оценка качества бисквита шоколадного.....	55
Школьникова М.Н., Рожнов Е.Д., Кузьмина А.М. Перспективы использования β -глюкана из овса посевного в технологии макаронных изделий.....	66
Шубкин С.Ю., Шахов С.В., Калужских А.Г., Заикин А.А. Анализ микробиологических показателей рыбных продуктов, полученных в электрокопильной установке барабанного типа.....	75

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Алиев Т.Г.Г., Мишина М.Н., Струкова Р.А., Мацнев И.Н. Применение гербицидов в косточковых насаждениях.....	84
Балыков Д.В., Пазин М.А., Линник А.И. Влияние микроэлементного средства предпосевной обработки на показатели озимой пшеницы.....	91
Шкуркина А.С. Формирование урожая озимой ржи при применении некорневых подкормок удобрениями в Центральном Нечерноземье.....	99

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Бунеев С.С., Шубкин С.Ю., Елецких С.В., Клапп А.В., Родионова М.А. Математическое моделирование процесса получения сахарного дистиллята в перегонном кубе с учетом гидродинамики и теплопереноса.....	108
Стручаев Н.И., Чебанов А.Б., Адамова С.В., Чебанова Ю.В., Стручаев К.Н. Энергетические аспекты комплексной технологии переработки семян клещевины в касторовое масло.....	115

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Мысник Е.Н., Захаров В.Л. Особенности видового состава сорных растений, растущих у полевых дорог в агроклиматических районах Липецкой области.....	125
Пугачев Г.Н., Захаров В.Л., Савельева Н.Н., Юшков А.Н., Земисов А.С. Особенности морфологических и водно-физических свойств серой лесной почвы при наличии отрицательных форм рельефа.....	132

CONTENTS

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Blinohvatov A.A., Gasanova V.A., Piyayko P.I. Research of peculiarities of flavor-aromatic mixtures deposition in the unit of electrostatic smoking of meat and fish raw materials.....	9
Gorbachev V.V., Belyaeva M.A., Scherbakov A.P. Using a smartphone to analyze the antiradical activity of food (using the example of beer and non-alcoholic beverages).....	18
Gulidova V.A. Fatty acid composition of winter and spring rapeseed oil in the Lipetsk region.....	30
Kuprienko A.E., Deputatova K.K., Pchelintseva O.N., Bochkareva Z.A. Development of a recipe for cheesecakes with the addition of rice flour.....	36
Mokretsov I.V., Levina T.Yu., Andreeva S.V., Kurako U.M. Development of the technology of a raw smoked product of combined maturation.....	45
Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Evdokimova O.V., Pavlova A.E. Evaluation of the quality of a chocolate sponge cake.....	55
Shkolnikova M.M., Rozhnov E.D., Kuzmina A.M. Prospects for the use of β -glucan from oats in pasta technology.....	66
Shubkin S.Yu., Shakhov S.V., Kaluzhskikh A.G., Zaikin A.A. Analysis of microbiological parameters of fish products obtained in a drum-type electric boiler.....	75

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Aliyev T.G.G., Mishina M.N., Strukova R.A., Matsnev I.N. The use of herbicides in stone plantations.....	84
Balykov D.V., Pazin M.A., Linnik A.I. Influence of mineral-organic fertilizer dan on the indicators of winter wheat.....	91
Shkurkina A.S. The formation of a winter rye crop with the use of non-root fertilizing fertilizers in the central Non-Black Earth region.....	99

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Buneev S.S., Shubkin S.Yu., Yeletskikh S.V., Klapp A.V., Rodionova M.A. Mathematical modeling of the process of obtaining sugar distillate in a distillation cube, taking into account hydrodynamics and heat transfer.....	108
Struchaev N.I., Chebanov A.B., Adamova S.V., Chebanova Yu.V., Struchaev K.N. Energy aspects of integrated technology processing castor seeds into castor oil.....	115

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Mysnik E.N., Zakharov V.L. Features of species composition of weeds of field roads in agroclimatic areas of Lipetsk region.....	125
Pugachev G.N., Zakharov V.L., Savelieva N.N., Yushkov A.N., Zemisov A.S. Features of morphological and water-physical properties of gray forest soil in the presence of negative landforms.....	132

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 664.951.3

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-9-17

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСАЖДЕНИЯ ВКУСО-АРОМАТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ В УСТАНОВКЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО КОПЧЕНИЯ МЯСНОГО И РЫБНОГО СЫРЬЯ

**Блинохватов Антон Александрович^{1✉}, Гасанова Вероника Алексеевна²,
Пияйко Павел Игоревич³**

^{1,2,3}Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

¹bl-anton58@rambler.ru✉

²veronicka6949@yandex.ru

³p.a.v.e.l_p@mail.ru

Аннотация. Применение различных физических методов воздействия на сырье в процессе копчения позволяет усовершенствовать технологии, а также добиться улучшения органолептических и физико-химических параметров конечного продукта. Настоящее исследование посвящено изучению особенностей осаждения вкусо-ароматических смесей в установке электростатического копчения мясного и рыбного сырья. В качестве объекта исследования были выбраны следующие виды сырья: грудинка свиная (свежая), грудинка свиная (предварительно помещенная в рассол), филе курицы, филе скумбрии (рыба), а также различные виды специй: укроп, прованские травы, чабрец, перец черный, кориандр, чеснок и паприка. В результате проведенных исследований были получены показатели степени осаждения специй на мясное сырье, степени осаждения специй на различном типе мяса и зависимость степени осаждения вкусо-ароматических смесей на полуфабрикат, в зависимости от мощности работы распылителя и тангенциального вентилятора. В результате проведенных исследований были изучены рациональные технологические параметры электростатического копчения с возможностью внесения вкусо-ароматических смесей. Серия проведенных экспериментов выявила зависимость степени осаждения вкусо-ароматических смесей на полуфабрикат, в зависимости от мощности работы агрегатов. Оптимальная мощность режима работы бункера-распылителя более 40%, а тангенциального вентилятора около 80-85% от максимальной мощности.

Ключевые слова: холодное копчение, электростатическая камера, вкусо-ароматическая смесь, осаждение, щепя, мясное сырье, степень помола

Для цитирования: Блинохватов А.А., Гасанова В.А., Пияйко П.И. Исследование особенностей осаждения вкусо-ароматических смесей в установке электростатического копчения мясного и рыбного сырья // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 9-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-9-17>.

Original article

RESEARCH OF PECULIARITIES OF FLAVOR-AROMATIC MIXTURES DEPOSITION IN THE UNIT OF ELECTROSTATIC SMOKING OF MEAT AND FISH RAW MATERIALS

Anton A. Blinohvatov^{1✉}, Veronica A. Gasanova², Pavel I. Piyayko³

^{1,2,3}Penza State Technological University, Penza, Russia

¹bl-anton58@rambler.ru✉

²veronicka6949@yandex.ru

³p.a.v.e.l_p@mail.ru

Abstract. The use of various physical methods of exposure to raw materials during the smoking process makes it possible to improve technologies, as well as to improve the organoleptic and physico-

chemical parameters of the final product. The present study is devoted to the study of the peculiarities of flavor-aromatic mixtures deposition in the electrostatic smoking unit of meat and fish raw materials. The following types of raw materials were selected as the object of research: pork brisket (fresh), pork brisket (previously placed in brine), chicken fillet, mackerel fillet (fish), as well as various types of spices: dill, Provanna herbs, thyme, black pepper, coriander, garlic and paprika. As a result of the conducted research, there were obtained average indicators of the degree of spices deposition on meat raw material, the degree of spices deposition on different types of meat and the dependence of the degree of deposition of flavor-aromatic mixtures on semi-finished products, depending on the power of the atomizer and tangential fan. As a result of the conducted research, rational technological parameters of electrostatic smoking with the possibility of introducing flavor-aromatic mixtures were studied. A series of experiments revealed the dependence of the degree of deposition of flavor-aromatic mixtures on the semi-finished product, depending on the power of operation of the units. The optimal power of the mode of operation of the hopper-sprayer is more than 40%, and the tangential fan about 80-85% of the maximum power.

Keywords: cold smoking, electrostatic chamber, flavor-aromatic mixture, precipitation, wood chips, meat raw material, grinding degree

For citation: Blinohvatov A.A., Gasanova V.A., Piyayko P.I. Research of peculiarities of flavor-aromatic mixtures deposition in the unit of electrostatic smoking of meat and fish raw materials. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 9-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-9-17>.

Введение

Применение различных физических методов воздействия на сырье в процессе копчения позволяет усовершенствовать технологии, а также добиться улучшения органолептических и физико-химических параметров конечного продукта [1, 4]. Одним из таких методов является воздействие коронного разряда в электростатическом поле. Метод основан на ионизации частиц (дыма, взвесей, газов и т.д.) с последующим осаждением этих частиц в электрическом поле высокого напряжения на противоположный по знаку электрод (продукт) [2].

Интенсивная ионизация частиц, входящих в состав дымо-воздушной смеси, происходит в результате коронного разряда. Разряд образуется вследствие неоднородности электрического поля, возникающего рядом с коронирующими электродами. Происходит процесс адсорбции образовавшихся ионов на частицах (дым, взвеси, газы и т.д.). Дисперсные частицы приобретают противоположный заряд по отношению к продукту.

За счет действия электростатического поля частицы приобретают направленное движение, «бомбардируя» продукт, выступающий в роли пассивного электрода (сырье животного происхождения, находящееся в камере) [3, 5, 6, 8, 9].

Общая схема осаждения ионизированных частиц на поверхности продукта представлена на рис. 1.

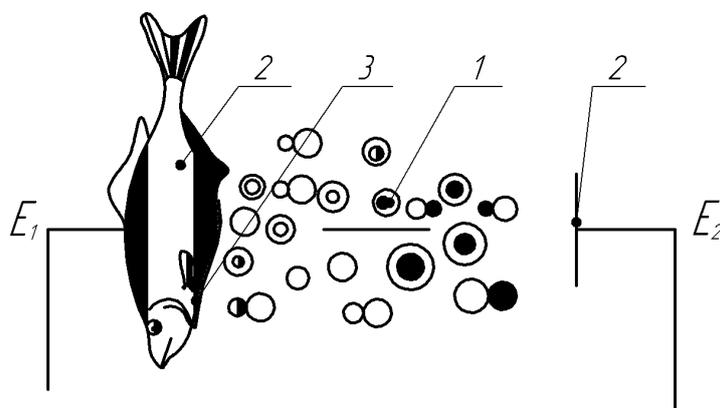


Рисунок 1. Схема процесса осаждения заряженных дисперсных частиц на продукт под действием электрического поля: 1 – движущиеся дисперсные частицы воздушной смеси; 2 – электроды (положительный электрод – продукт (рыба)); 3 – слой осевших на продукте частиц (стрелкой показано движения частиц, отрицательно заряженных)

Такая технология позволяет существенно повысить осаждение частиц (дыма, взвесей, газов и т.д.), что в итоге отразится на органолептических показателях конечного продукта [7, 10].

Целью исследований являлось изучение процесса осаждения мелкодисперсных частиц (различные виды специй) и степени их осаждения на различных видах сырья животного происхождения под воздействием коронного разряда в электростатическом поле.

Материалы и методы исследований

Опыты производились в лаборатории кафедры «Пищевые производства» Пензенского государственного технологического университета в 2024 г.

В качестве объекта исследования были выбраны следующие виды сырья: грудинка свиная (свежая), грудинка свиная (предварительно помещенная в рассол), филе курицы, филе скумбрии (рыба), а также различные виды специй: укроп, прованские травы, чабрец, перец черный, кориандр, чеснок и паприка.

Данный вид продуктов (в качестве объекта исследований) был подобран исходя из анализа видов сырья, применяемых при копчении, а также популярности у производителей.

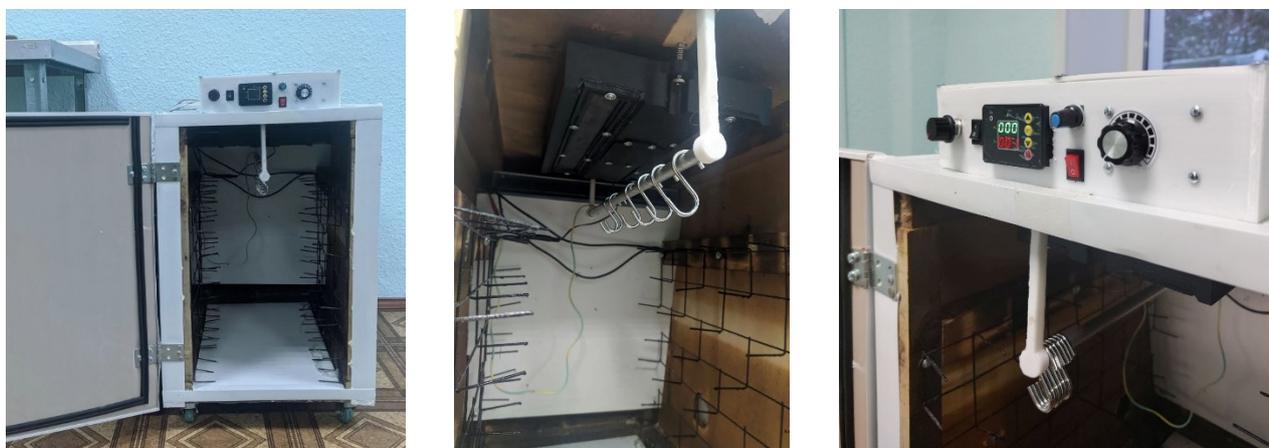


Рисунок 2. Экспериментальный образец камеры электростатического копчения

Экспериментальный образец камеры электростатического копчения представлен на рис. 2. Камера оснащена тангенциальным вентилятором, позволяющим создавать завихрение воздушных потоков (дым+специи), позволяя эффективнее осуществить осаждение частиц. Для подачи специй, установка оснащена бункером с распылителем (рис. 3). Камера имеет блок управления, с помощью которого можно регулировать мощность работы вентилятора и распылителя.

Измельчение специй осуществлялось следующим образом: для специй крупного и среднего помола – в ступке, а мелкого – с помощью кофемолки.

Определение степени осаждения специй на продукт осуществлялось путем подсчета разницы масс между специями, загруженными в накопительный бункер и специями, оставшимися на поддоне.

$$C_0 = m_1 - m_2, \quad (1)$$

где C_0 – степень осаждения частиц на конечном продукте;
 m_1 – масса специй, помещенная в бункер распылитель;
 m_2 – масса специй, собранная с поддона.



Рисунок 3. Бункер-распылитель специй

В качестве основного режима работы установки были выбраны следующие параметры:

1. Мощность работы тангенциального вентилятора – 80% (176 В);
2. Мощность работы распылителя – 40% (56 В);
3. Работа генератора – циклами по 15 с;
4. Общее время работы установки 4 мин.;
5. Масса загружаемого сырья 500 г. Бруски мяса примерно одинакового размера, формы и массы, расположены на одинаковом расстоянии друг от друга;
6. Масса специй 10 г.

Повторность произведённых испытаний 3-х кратная, что необходимо для снижения статистической ошибки, при выявлении закономерностей осаждения частиц на продукте.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований были получены средние показатели степени осаждения специй на мясное сырье, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Данные осаждения специй разной дисперсности под воздействием электростатического поля

Наименование специй	Степень помола					
	Крупный		Средний		Мелкий	
	масса осевших специй, г	степень осаждения, %	масса осевших специй, г	степень осаждения, %	масса осевших специй, г	степень осаждения, %
Укроп	1,6	16	4,1	41	3,2	32
Прованские травы	3,1	31	5,1	51	4,3	43
Чабрец	2,8	28	4,6	46	3,6	36
Чеснок	0,6	6	1,9	19	1,3	13
Перец черный	1,3	13	4,6	46	3,4	34
Кориандр	0,6	6	2,3	23	1,5	15
Паприка	1,0	10	3,7	37	2,7	27

На втором этапе исследований проведено выявление степени осаждения специй на различном типе мяса. В качестве объекта исследования были выбраны:

- специи (средний помол): прованские травы и черный перец (данные специи показали высокий уровень осаждения в предыдущем опыте);
- мясное сырье: грудинка свиная (свежая), грудинка свиная (предварительно помещенная в рассол), филе курицы, филе скумбрии (рыба).

Показатели осаждения специй на разных типах мяса под действием электростатического поля представлены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели осаждения специй на разных типах мясного сырья под действием электростатического поля

Наименование специй	Наименование мясного сырья	Средний помол	
		масса осевших специй, г	степень осаждения, %
Прованские травы	Грудинка свиная (свежая)	5,1	51
	Грудинка свиная (рассол)	5,8	58
	Филе курицы	4,6	46
	Филе рыбы (скумбрия)	3,9	39
Перец черный	Грудинка свиная (свежая)	4,5	45
	Грудинка свиная (рассол)	4,9	49
	Филе курицы	3,8	38
	Филе рыбы (скумбрия)	3,4	34

На рис. 4 представлены результаты осаждения специй (прованские травы и перец черный) на различных видах сырья.

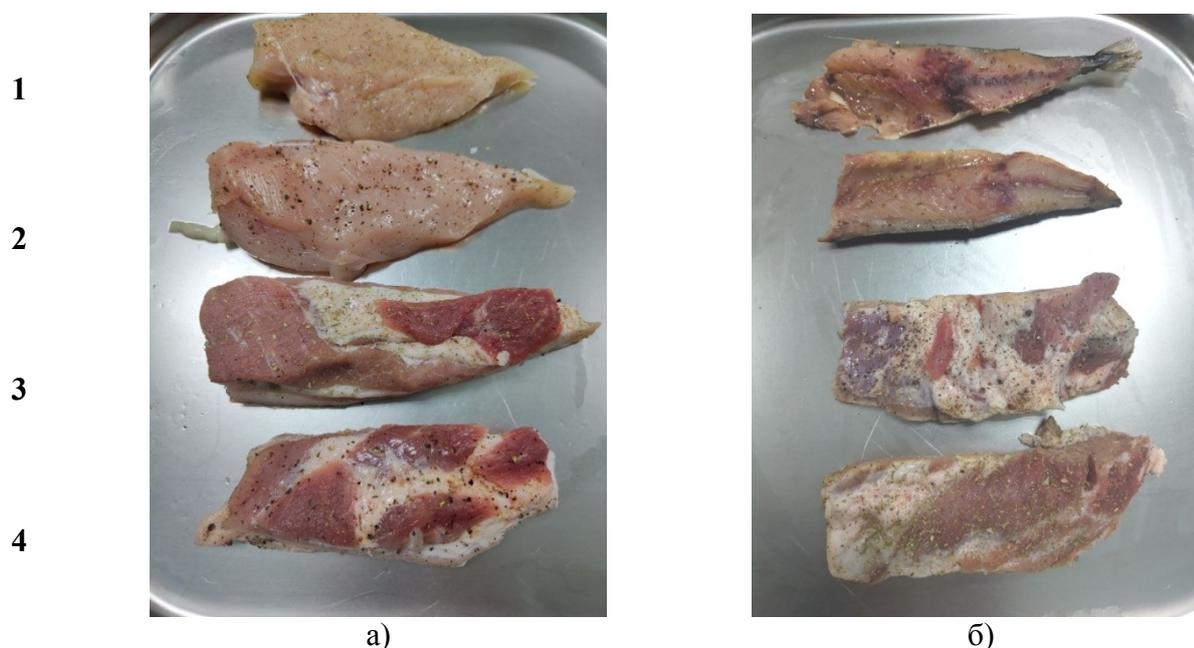


Рисунок 4. Результаты осаждения специй (прованские травы и перец черный) на различных видах сырья:

- а) 1. Филе курицы (прованские травы); 2. Филе курицы (перец черный); 3. Грудинка свиная свежая (прованские травы); 4. Грудинка свиная свежая (перец черный)
 б) 1. Филе рыбы (прованские травы); 2. Филе рыбы (перец черный); 3. Грудинка свиная, рассол (прованские травы); 4. Грудинка свиная, рассол (перец черный)

На третьем этапе исследований для усовершенствования технологии и изучения параметров внесения, осаждения специй на продукте, стандартная камера была оснащена дополнительным оборудованием (бункер распылитель специй и тангенциальный вентилятор).

Работа тангенциального вентилятора создает вихревые потоки в камере, которые направляют выпадающие из бункера-распылителя специи в сторону висящих заготовок (полуфабрикатов).

Серия проведенных экспериментов выявила зависимость степени осаждения вкусоароматических смесей на полуфабрикат, в зависимости от мощности работы агрегатов. А также позволила установить оптимальные режимы работы.

В качестве объекта исследования при исследовании режимов работы установки были выбраны: филе курицы и два вида специй (прованские травы и черный перец). Мощность работы тангенциального вентилятора – 20, 40, 60, 80, 100% от максимальной мощности. Мощность работы распылителя – 20, 30, 40, 50% от максимальной мощности.

Специи, в количестве 10 г равномерно распределялись по емкости бункера, а затем путем подбора режима мощности подсчитывалось время, за которое он опустеет. Цель эксперимента - подобрать режим работы, чтобы специй хватило ровно на 4 минуты работы установки. Полученные экспериментальные данные сведены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели эффективности распыления специй, в зависимости мощности работы распылителя

Параметр	Мощность работы распылителя в %, от макс. возможной			
	20%	30%	40%	50%
Масса специй, оставшаяся в бункере после цикла работы (4 мин.), г	4,70	2,66	0,35	0
	5,13	2,61	0,28	0
	4,98	2,48	0,30	0
Среднее значение	4,94	2,58	0,31	0

Результаты эксперимента по определению зависимости осаждения специй от мощности работы тангенциального вентилятора, создающего в камере вихревые потоки, представлены в табл. 4.

Таблица 4. Усредненные показатели осаждения специй в зависимости от режима работы тангенциального вентилятора

Исследуемые параметры	Мощность работы тангенциального вентилятора, в % от макс. возможной				
	20%	40%	60%	80%	100%
Масса осевших прованских трав, г	1,1	2,1	3,2	4,6	5,1
Масса осевшего перца черного, г	0,8	1,8	2,7	13,7	3,9

Анализ полученных данных показателя осаждения специй разной дисперсности под воздействием электростатического поля показал, что наибольшей степенью осаждения обладали прованские травы. Средними были показатели у укропа, чабреца и черного перца. Остальные специи показали низкие результаты осаждения под воздействием электростатического поля.

Также была выявлена зависимость осаждения от степени помола. По всем группам специй крупный помол показал самые низкие результаты. Возможно, из-за большой массы частиц и неоднородности поверхности им не хватило заряда, чтобы удержаться на поверхности продукта. Налипание специй среднего и мелкого помола визуально почти одинаковое, но из-за разности массы, средний помол обладал лучшими показателями по массе.

Рассмотренные данные результатов осаждения специй (прованские травы и перец черный) на различных видах сырья показали, что большую степень осаждения под действием электростатического поля обнаружили прованские травы, что также подтверждается данными предыдущего опыта. Лидером по степени осаждения оказалась свиная грудинка, предварительно замоченная в солевом рассоле. Такой результат связан с диссоциацией поваренной соли, что сказалось на увеличении силы притяжения заряженных частиц. Можно сделать вывод, что предварительно обработанное сырье в солевом растворе даст наилучший результат осаждения. Наименьший показатель отмечался у рыбного филе (скумбрия). Скорее всего, это

связано с тем, что со специями взаимодействовала часть филе, непокрытая кожей. Осаждение со стороны кожи было минимальным.

Анализируя показатели эффективности распыления специй, в зависимости мощности работы распылителя, можно отметить, что оптимальная мощность режима работы бункера-распылителя чуть больше 40%. В остальных случаях специи либо не успевали полностью распылиться, либо заканчивались раньше завершения цикла работы камеры.

Полученные экспериментальные данные по определению зависимости осаждения специй от мощности работы тангенциального вентилятора позволяют сделать вывод, что чем больше мощность работы тангенциального вентилятора, тем эффективнее идет процесс осаждения специй на поверхности продукта. Разность между осевшими специями при мощности в 80 и 100 % относительно невысока. Работа оборудования в полную мощность часто ведет к более быстрому износу и поломкам, поэтому оптимальным режимом будет нагрузка агрегата около 80-85% от максимальной.

Выводы

1. Исследованы технологические особенности осаждения вкусо-ароматических смесей различного состава и режима работы установки в условиях электростатического поля.

2. Наибольшую степень осаждения показали прованские травы (51%), перец черный и чабрец (46%) среднего помола. Были исследованы закономерности осаждения специй на разных типах мяса. Лучше всего специи осаждались на поверхности свежей и помешенной предварительно в рассол свиной грудинки. Степень осаждения прованских трав на свежей свиной грудинке составила – 51%, на грудинке, замоченной в рассоле – 58%. Степень осаждения черного перца среднего помола на свежей свиной грудинке составила – 45%, на грудинке, замоченной в рассоле – 49%.

3. Изучены рациональные технологические параметры электростатического копчения с возможностью внесения вкусо-ароматических смесей. Серия проведенных экспериментов выявила зависимость степени осаждения вкусо-ароматических смесей на полуфабрикат, в зависимости от мощности работы агрегатов. Оптимальная мощность режима работы бункера-распылителя более 40%, а тангенциального вентилятора около 80-85% от максимальной мощности.

Список источников

1. Антипов С.Т., Мальцева О.В., Шахов С.В. Совершенствование процесса электростатического копчения твердых сыров с индуктивным подводом энергии при дымогенерации // Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2011. С. 176.

2. Аглымова Р.Р. и др. Исследование вольтамперной характеристики в высоковольтных установках электростатического копчения / Р.Р. Аглымова, И.Х. Исрафилов, А.Т. Галиакбаров, Р.Р. Саубанов // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2010. № 1. С. 83-88.

3. Блинов И.С. Метод электростатического копчения // Вестник магистратуры. 2022. № 9(132). С. 4-6.

4. Блинохватов А.А., Пияйко П.И. Методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов в копченых мясных продуктах // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 5-10.

5. Деревенко К.В. Теоретические основы зарядки в электрическом поле коронного разряда лакокрасочных покрытий для пищевой промышленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008. № 5-6(306-307). С. 92-95.

6. Математическое моделирование процессов нагрева и охлаждения колбасных изделий / А.В. Жучков, А.Н. Рязанов, Д.Ю. Уразов, В.В. Шитов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4(58). С. 100-105.

7. Патент № 2595176 С1 Российская Федерация, МПК А23В 4/044. Способ автоматического управления процессом электростатического копчения продуктов с развитой структу-

рой в регулируемой среде с индуктивным подводом энергии при дымогенерации: № 2015112153/13: заявл. 03.04.2015: опубл. 20.08.2016 / С.В. Шахов, О.А. Ткачев, И.Н. Сухарев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»).

8. Саубанов Р.Р. и др. Исследование коронного разряда при электростатическом копчении продуктов / Р.Р. Саубанов, А.Т. Габдрахманов, Р.Р. Аглымова, И.Х. Исрафилов // Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий. 2010. Т. 1. № 1. С. 51-54.

9. Селунский В.В. и др. Модернизация схемы управления электростатической копильной установки / В.В. Селунский, А.Г. Савиновских, Б.Е. Шукшин, Д.С. Пайдушев // Современные технологии в электроэнергетике и электротехнике: задачи, проблемы, решения: Сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов, Челябинск, 12 декабря 2018 года / Научный редактор А.Г. Савиновских. Челябинск: Южно-Уральский институт управления и экономики, 2018. С. 22-28.

10. Сухарев И.Н. и др. Исследование процесса электростатического копчения мелкокусковых рыбопродуктов в пересыпающуюся форму / И.Н. Сухарев, С.Ю. Шубкин, С.В. Елецких, М.А. Родионова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3(29). С. 127-134.

References

1. Antipov S.T., Maltseva O.V., Shakhov S.V. Improvement of the process of electrostatic smoking of hard cheeses with inductive energy supply during smoke generation. *Voronezh. state technol. acad. Voronezh*, 2011. 176 p.

2. Aglyamova R.R. et al. Investigation of the current-voltage characteristic in high-voltage installations of electrostatic smoking. R.R. Aglyamova, I.H. Israfilov, A.T. Galiakbarov, R.R. Saubanov. *Socio-economic and technical systems: research, design, optimization*, 2010, no. 1, pp. 83-88.

3. Blinov I.S. Method of electrostatic smoking. *Bulletin of the Magistracy*, 2022, no. 9(132), pp. 4-6.

4. Blinokhvatov A.A., Piyaiiko P.I. Methods of reducing the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products. *Innovative technique and technology*, 2023, vol. 10, no. 2, pp. 5-10.

5. Derevenko K.V. Theoretical foundations of charging in an electric field of a corona range of paint coatings for the food industry. *News of higher educational institutions. Food technology*, 2008, no. 5-6(306-307), pp. 92-95.

6. Mathematical modeling of heating and cooling processes of sausage products. A.V. Zhuchkov, A.N. Ryazanov, D.Yu. Urazov, V.V. Shitov, *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2013, no. 4(58), pp. 100-105.

7. Patent No. 2595176 C1 Russian Federation, IPC A23B 4/044. A method for automatic control of the process of electrostatic smoking of products with a developed structure in a controlled environment with inductive energy supply during smoke generation: No. 2015112153/13: application 04.03.2015: publ. 08.20.2016. S.V. Shakhov, O.A. Tkachev, I.N. Sukharev [et al.]; the applicant is the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Engineering Technologies» (FSBEI «VSUET»).

8. Saubanov R.R. et al. Investigation of corona discharge during electrostatic smoking of products. R.R. Saubanov, A.T. Gabdrakhmanov, R.R. Aglyamova, I.H. Israfilov. *Low-temperature plasma in the processes of applying functional coatings*, 2010, vol. 1, no. 1, pp. 51-54.

9. Selunsky V.V. et al. Modernization of the control scheme of an electrostatic smoker. V.V. Selunsky, A.G. Savinovskikh, B.E. Shukshin, D.S. Paidushev. *Modern technologies in electric power and electrical engineering: tasks, problems, solutions: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference of scientific, scientific and pedagogical workers, graduate stu-*

dents and students, Chelyabinsk, December 12, 2018. Scientific editor A.G. Savinovskikh. Chelyabinsk: South Ural Institute of Management and Economics, 2018, pp. 22-28.

10. Sukharev I.N. et al. Investigation of the process of electrostatic smoking of small-lump fish products into a crumbling form. I.N. Sukharev, S.Yu. Shubkin, S.V. Yeletskikh, M.A. Rodionova. Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products, 2019, no. 3(29), pp. 127-134.

Информация об авторах

А.А. Блинохватов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Пищевые производства»;

В.А. Гасанова – аспирант;

П.И. Пияйко – студент.

Information about the authors

A.A. Blinohvatov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, head of the Department of «Food production»;

V.A. Gasanova – Postgraduate Student;

P.I. Piyaiiko – Student.

Научная статья

УДК 641.87

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-18-29

ПРИМЕНЕНИЕ СМАРТФОНА ДЛЯ АНАЛИЗА АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПИВОБЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ)

Горбачев Виктор Валерьевич^{1✉}, Беляева Марина Александровна²,
Щербаков Александр Павлович³

^{1,2}Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

^{1,3}Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, Россия

¹genetic2@yandex.ru✉

²belyaeva.ma@rea.ru

³shurbakov.aleksandr@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты научных исследований, дан анализ возможности применения современных смартфонов для оценки антирадикальной активности продуктов питания на примере пивобезалкогольных напитков. В работе приводятся данные по более 30 различным видам напитков: пива, сидра, лимонадов, сокодержущих напитков из следующих стран: Беларусь, Бельгия, Россия, Германия, Италия, Вьетнам, Сербия, Китай, США, Тайвань, Польша, Азербайджан, Грузия, Республика Корея. Было показано, что средние значения антирадикальной активности напитков сопоставимы с 4,0-4,75 мг в пересчете на активность аскорбиновой кислоты / 30 мл. Было показано, что большая часть напитков, относимых к так называемым «сладким газировкам» (Coca Cola, Dr.Pepper, Red Bull, Fanta и тд), имеют значения антирадикальной активности ниже среднего (от 4 до 10-20 раз по некоторым позициям), в свою очередь сокодержущие напитки и из экстрактов растительного сырья продемонстрировали более высокие значения АРА, что дает основания применять их при разработке новых рецептур. Изучение возможности применения смартфонов для исследования продуктов питания показало достаточно высоко коррелирующие значения цветности растворов с такими цветовыми каналами, как RGB (красный, синий, зеленый) и т.д. Все это позволяет применять современные средства фото-видео фиксации, в том числе смартфоны для анализа и проведения экспресс тестирования и исследования продуктов питания.

Ключевые слова: антирадикальная активность, пивобезалкогольные напитки, смартфон, android, DPPH, сидр, пиво, сладкие газированные напитки, соки

Для цитирования: Горбачев В.В., Беляева М.А., Щербаков А.П. Применение смартфона для анализа антирадикальной активности продуктов питания (на примере пивобезалкогольных напитков) // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 18-29. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-18-29>.

Original article

USING A SMARTPHONE TO ANALYZE THE ANTIRADICAL ACTIVITY OF FOOD (USING THE EXAMPLE OF BEER AND NON-ALCOHOLIC BEVERAGES)

Viktor V. Gorbachev^{1✉}, Marina A. Belyaeva², Alexander P. Scherbakov³

^{1,2}Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

^{1,3}St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³St. Petersburg State Marine Technical University, St. Petersburg, Russia

¹genetic2@yandex.ru✉

²belyaeva.ma@rea.ru

³shurbakov.aleksandr@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of scientific research. An analysis was carried out using the example of beer and non-alcoholic beverages on the possibility of using modern smartphones to assess the

anti-radical activity of food products. The paper provides data on more than 30 different types of beverages: beer, cider, lemonades, juice drinks from the following countries: Belarus, Belgium, Russia, Germany, Italy, Vietnam, Serbia, China, USA, Taiwan, Poland, Azerbaijan, Georgia, Republic of Korea. It was shown that the average values of the antiradical activity of beverages are comparable to 4.0-4.75 mg in terms of ascorbic acid activity / 30 ml. It has been shown that most of the drinks classified as so-called «sweet sodas» (Coca Cola, Dr.Pepper, Red Bull, Fanta, etc.) have values of antiradical activity below average (from 4 to 10-20 times for some positions), in turn, juice-containing drinks and extracts of plant raw materials have demonstrated higher values of ARA, which gives grounds to use them in the development of new recipes. The analysis of the possibility of using smartphones for food analysis showed fairly highly correlated values of the chromaticity of solutions with such color channels as RGB (red, blue, green) and so on. All this makes it possible to use modern means of photo and video fixation, including smartphones, for analysis and rapid testing and research of food products.

Keywords: *anti-radical activity, non-alcoholic beer drinks, smartphones, android, DPPH, cider, beer, sweet carbonated drinks, juices*

For citation: *Gorbachev V.V., Belyaeva M.A., Scherbakov A.P. Using a smartphone to analyze the antiradical activity of food (using the example of beer and non-alcoholic beverages). Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 18-29. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-18-29>.*

Введение

Исследования в области разработок продуктов питания с повышенными антирадикальными свойствами остаются актуальной научной проблемой [1,24]. Антиоксиданты (антирадикалы) проявляют протекторную способность в отношении биологических тканей организма человека. Они уменьшают процессы окислительного стресса при острых и хронических состояниях [4,12,14].

По этой причине антиоксиданты рассматриваются как один из важных факторов, который необходимо учитывать при проектировании пищевых продуктов [7,16].

Кроме того, антирадикальная активность (далее АРА) важна для дизайна продуктов питания с пролонгированными сроками хранения [24], что актуально, так как в настоящее время в ряде стран до 110 кг продуктов питания на человека выбрасываются, в том числе в связи с короткими их сроками годности [2].

Для увеличения сроков годности в настоящее время применяют технологии сатурирования продуктов углекислым газом [25] и производят разработку селективных упаковочных решений в виде многослойных полимеров для создания полупроницаемых барьеров для молекул кислорода [29]. Однако оба перечисленных технологических подхода не устраняют в пищевых системах процессов самоокисления и гидролитических химических реакций [5,27], что таким образом не отменяет необходимости исследований АРА пищевых систем.

Сложности с экологической обстановкой, а также прием лекарственных средств, попадания ксенобиотиков, употребление алкоголя, курение и ряд других факторов способствуют генерации свободных радикалов в теле человека [3,6,9]. Все перечисленное требует разработки подходов для оценки антирадикального статуса потребителя в связи с его пищевыми привычками и предпочтениями [20].

Как следствие, значимыми остаются исследования по оценке и анализу антирадикальной активности пищевых продуктов. Различные группы пищевых систем ранее уже исследовались [7, 28], однако напитки все еще остаются недостаточно разработанной группой, особенно в целях компаративного анализа.

Особенность данной группы продуктов связана с повышенной долей влаги в них и, как следствие, протекающими гидролитическими процессами [24]. Второй особенностью являются специфические характеристики упаковки (стеклянная и металлическая тара, многослойные бумажно-полимерные пакеты), вследствие этого напитки могут быть транспортированы на дальнее расстояние, что делает их пригодными в том числе для международных и трансграничных перемещений [13, 21]. Перечисленные особенности делают возможным сравнение АРА напитков, импортируемых в Россию из различных стран, в том числе для понимания их потенциального влияния на антирадикальный статус населения РФ.

Для анализа АРА исторически использовали различные методы, например фотоколориметрию с применением устойчивого радикала DPPH или методов FRAP, ABTS и др [19, 26]. В настоящее время наиболее распространенным является первый, как возникший исторически раньше других [17]. Для всех из перечисленных подходов применяются неразрушающие методы анализа, основанные на фото и колориметрических оценках [10,26].

Ранее авторами применялся один из двух параметров либо оптическая плотность, либо коэффициент пропускания [18]. Однако в настоящее время подход в данной области исследования изменился, в первую очередь в связи с появлением мобильных устройств фото-видео фиксации и смартфонов [10, 11, 23].

Подобные технические внедрения, а равным образом и программное обеспечение, установленное на смартфоны, позволили оценивать ряд дополнительных параметров, например цветовые каналы RGB, I, L, S и др. Хотя в настоящее время уже существует ряд детализированных обзоров по этой тематике [11,22,23], остановимся на некоторых пунктах.

Одним из самых часто применяемых и распространенных является канал цветности RGB (Red, Green, Blue) – цветовой канал, предполагающий описание всех существующих цветов как соотношение их комбинации в виде красного, зеленого и синего при различной их интенсивности на каждой из точек поверхности - пикселе [22].

Дополнительными, распространенными характеристиками цветов рассматриваются в настоящее время такие характеристики, как: H (оттенок), I (интенсивность), L (освещенность), S(насыщенность) и тд [10, 23]. Любая из этих характеристик может быть применена в совокупности или по отдельности для анализа химических реакций, в том числе при исследованиях пищевых продуктов, особенно где это связано с изменением оптической плотности, цветности и глубины окраски.

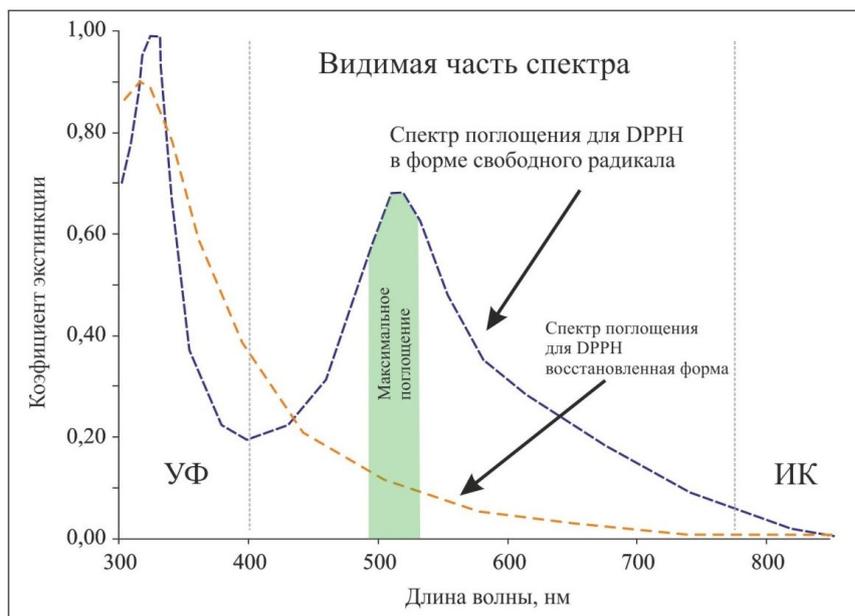


Рисунок 1 Спектры поглощения в ультрафиолетовых, инфракрасной и видимой длин волн для протонированной и свободно радикальной форм DPPH, максимум поглощения в видимом спектре приходится примерно на 515-520 нм

Измерение антирадикальной активности с применением DPPH, как нельзя, кстати, подходит для такого рода решений, так как этот реагент имеет хорошо детектируемое изменение окраски, от темно фиолетового до светло- желтого (рис. 1).

Подобный подход реализуется в настоящее время с применением почти десятка программ для смартфона [23], том числе в получившей распространение программе PhotoMetrix [28,15], а также для подсоединяемых к смартфону usb видео камер PhotoMetrix UVC. Данная программа измеряет до 8 каналов цветности одновременно, что дает основания считать подобные программные обеспечения более подходящими для поставленных задач.

Более того, такого рода измерения особенно актуальны при сравнении с классическими методами лабораторного анализа (фотоколориметрия или спектрофотометрия).

Целью данного исследования являлась оценка возможности применения смартфонов для измерения АРА пищевых продуктов (на примере пивобезалкогольных напитков) с использованием реактива DPPH, в том числе для сравнения данных, полученных методами классической фотометрии на лабораторном оборудовании.

Материалы и методы исследований

Исследования проходили в 2024 году, часть исследований с применением лабораторного оборудования проводились на базе РЭУ им. Г.В. Плеханова, блок работ по анализу с применением смартфона проводился на базе СПбГУ.

Объектами исследований выступили газированные и тихие напитки (пиво, сидр, соки, сокодержущая продукция) следующих стран-производителей: Беларусь, Бельгия, Россия, Германия, Италия, Вьетнам, Сербия, Китай, США, Тайвань, Польша, Азербайджан, Грузия, Республика Корея. Для проведения сравнительного анализа были взяты экстракты зеленого чая (Citrus, фас. Россия) в изопропиловом спирте с известной долей сухого вещества. Фирмы и наименования напитков представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1. Наименования исследованных напитков, страны их выработки, доля спирта и описание органолептических свойств (запах и цвета)

№	Наименование	Производитель	Страна происхождения	Доля спирта, %	Органолептические показатели (запах, внешний вид)
1	Сидр, яблочный полусухой	Вежа	Беларусь	3,9	Запах фруктового вина, мутный, желтый
2	Пиво «Жигулевское», фирменное	Белый кремль	Россия	4,6	Запах пшеничный, прозрачный, светло-желтый
3	Пиво «St. Bernardus tripel»	Brasserie st. Bernardus	Бельгия	8	Характерный пивной запах, мутный, желтый
4	Пиво «Жигули барное» безалкогольное	Московская пивоваренная компания	Россия	0,49	Характерный пивной запах с терпкой нотой, прозрачный, светло-желтый
5	Пиво «Lauterbacher Helles Broitzeit Bier»	Lauterbacher - Bs Bier&Export GMBH	Германия	5,1	Характерный пивной запах с терпкой нотой, прозрачный, опалесцирует, светло-желтый
6	Пиво «Furstkeg alkoholfrei»	Privatbrauerei Eichbaum GmbH	Германия	0,16	Запах пива со сладкой нотой пшеничный, прозрачный, светло-желтый
7	Пивной напиток «Hoeгаarden» with coriander & orange	АБ ИнБев Эфес	Россия	0	Слабо выраженный пивной запах фруктовый, опалесцирует, светло-желтый
8	Экстракт чая зеленого в изопропиловом спирте		-	-	-
9	Напиток с экстрактом апельсина чино «Sanpegrino le bibite Italiane chino»	SanPelegriano SPA	Италия	0	Фруктовый запах, прозрачный, темноокрашенный
10	Кокосовая вода без сахара «Iki» Coco water, no sugar	Rita Food & Drink	Вьетнам	0	Кокосовый запах, прозрачный, с еле заметной мутностью
11	Напиток «Мед» цитрус	Медоварня Традиции предков	Россия	0	Запах кураги, светло желтый, мутноватый
12	Напиток с соком груши и природной водой	Ids Borjomi	Грузия	0	Запах карамели (Напитка «Буратино»), прозрачный

	«Limonati» by Borjomi				желтоватый
13	Напиток «Red Bull» sugar free	Rauch Serbia	Республика Сербия	0	Карамельный запах, лимонадный, прозрачный желтоватый
14	Напиток с соком авокадо «Vinut Juice drink Avocado»	Nam Viet Foods & Beverage Jsc	Вьетнам	0	Запах зелени и фруктов, светло-салатовый, мутный
15	Напиток «Coca Cola»	COFCO Coca Cola beverage (Heilongjiang) Co ltd	Китай	0	Характерный запах кока колы, темно-коричневый
16	Напиток клубника «Fanta strawberry» with natural flavors	Coca Cola Company	США	0	Ярко красный, прозрачный, ягодный клубничный
17	Напиток с соком винограда - лимон, газированный «Rich dolce»	Мултон Партнерс	Россия	0	цитрусовые ноты, прозрачный, опалесцирующий, желтоватый
18	Напиток «Arizona Energy» Drink Low Carb Performance	AriZona Beverages USA	США	0	Запах цитруса, желтый, мутный
19	Лимонад «Сейлор Мун» со вкусом груши Ocean Bomb	Yihuangbao biotechnology Co Ltd	Тайвань	0	яблочно-грушевый запах, прозрачный, светлый,
20	Напиток «Dr. Pepper» Cherry	Orangina Schweppes Polska Sp.	Польша	0	Миндальный запах, темно-коричневый, прозрачный
21	Напиток со вкусом фейхоа «Sahdag»	Тадж	Азербайджан	0	Характерный запах фейхоа, прозрачный, опалесцирует
22	Напиток со вкусом айвы «Sahdag»	Тадж	Азербайджан	0	Характерный запах айвы, опалесцирует, светло-желтый, слегка мутный
23	Напиток, газированный без сахара, со вкусом сливы «Dunkin Donuts»	OKF corporation	Республика Корея	0	Сливовый запах, прозрачный, бледно-розовый
24	Напиток со вкусом банана «Milkis Lotte»	Lotte Chilsung Beverage Co, Ltd	Республика Корея	0	Запах банановой отдушки, светлый-желтый, мутный
25	Сок яблоко-вишня, для детского питания «Сады Придонья»	Сады придонья	Россия	0	Фруктовый запах, прозрачный, розово-коричневый
26	Сок яблочный «Global Village»	Южная соковая компания	Россия	0	Характерный яблочный запах, прозрачный, желтоватый
27	Сок гранатовый «Soko Grande» premium	Нар	Россия	0	Характерный запах граната, темно-коричневый, прозрачный
28	Напиток сокодержатель апельсин «Fanta portagal»	Coca Cola Bottlers Georgia	Грузия	0	Цитрусовые ноты, мутный, желтый
29	Нектар Гранатовый «Varinoff»	Производственный холдинг Меркурий	Россия	0	Слабовыраженный характерный запах граната, прозрачный, коричневый
30	Напиток со вкусом апельсина «Zhenchun»	Китай	Китай	0	Запах фруктовой отдушки, прозрачный, желтый

Для анализа применялась usb-камера, смартфон Samsung с комплектацией на базе Android и программное обеспечение PhotoMetrix [8,15] (в т.ч. ver. Uvc).

Для получения калибровочного раствора применялся DPPH в изопропиловом спирте по аналогии с тем, как это было опубликовано нами ранее [18]. Для анализа применялись кюветы из стекла толщиной 0,5 см, а также лабораторная планшетка для анализа на 48 ячеек, матовая подсветка с источником света на основе белых светодиодов (уровень изменения интенсивности в пределах 12-15 люкс), интенсивность излучения ≈ 2800 люкс. Интенсивность светового потока также оценивалась с применением видеокамеры смартфона. Помимо указанного, для анализа также использовалось лабораторное оборудование - спектрофотометр КФК-3-01 («Загорский оптико-механический завод», Россия), с помощью которого измерялась оптическая плотность (D).

Перед анализом образцов делалась серия двукратного разведения растворов аскорбиновой кислоты со следующими концентрациями: 7,5; 3,75; 1,875; 0,9375; 0,4687; 0,2343 мг/л на 30 мл дистиллята и бланк (контрольный образец раствора). С применением этих серийных разведений строились калибровочные графики. На основании полученных уравнений оптической зависимости производился расчет концентрации предполагаемого значения АРА в эквивалентах к аскорбиновой кислоте.

Если напиток содержал мутные частицы, тогда он пропускаться через мембранные пресс-фильтры (лабораторные бактериальные фильтры) с шириной поры в 0,45 мкм для удаления основных типов взвесей, которые могли бы повлиять на результаты анализов.

На один анализ применялось 0,1 мл анализируемого образца, и 1,2 мл раствора DPPH в изопропиловом спирте. После смешивания образцов они перемещались на полчаса в прохладное темное место, где и протекала реакция обесцвечивания, затем производился анализ оптической плотности с применением оборудования и съём значений цветности растворов видео камерой смартфона. При получении данных все анализы переповторялись в трипликате. Статистический анализ выполнялся программными средствами самого смартфона, значения оптической плотности и графики рассчитывались в программе Excel 2010.

Фрагмент фото планшетки с образцами, а также калибровочный график показаны на рис. 2.

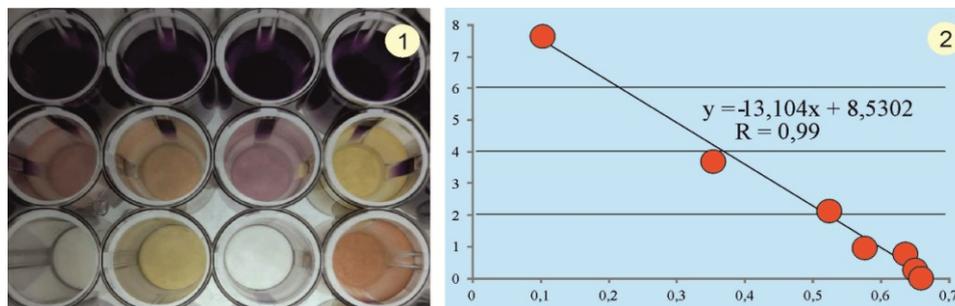


Рисунок 2. Фрагмент фото планшетки (врезка 1), демонстрирующий степень обесцвечивания DPPH при добавлении анализируемых образцов напитков (в каждой из ячеек), в качестве примера верхний ряд – контрольный раствор. Калибровочный график изменения оптической плотности (врезка 2) для растворов DPPH, полученных с применением фотоколориметра

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе сравнительного анализа калибровочных графиков были получены линейные уравнения зависимости оптической плотности растворов и добавляемого количества аскорбиновой кислоты. По результатам анализа выявлено, что по ряду параметров цветности, линейные уравнения имеют высокую степень корреляции, как и в случае с оптической плотностью (рис. 1). Уравнения и корреляции представлены в табл. 2.

Таблица 2. Значения калибровочных уравнений для основных цветовых каналов, проанализированных с применением программного обеспечения

Наименование цветового канала	Значение калибровочного уравнения*
G (зеленый)	$-24,775 \cdot x + 260,694$ при $r = -0,983$
B (синий)	$5,479 \cdot x + 103,759$ при $r = 0,983$
H (оттенок)	$16,628 \cdot x + 112,075$ при $r = 0,968$
I (интенсивность)	$-0,026 \cdot x + 0,601$ при $r = -0,957$
L (освещенность)	$-0,037 \cdot x + 0,683$ при $r = -0,916$
V (значение яркости)	$-0,067 \cdot x + 0,994$ при $r = -0,903$
S (насыщенность)	$-0,033 \cdot x + 0,628$ при $r = -0,777$
R (красный)	$-0,813 \cdot x + 95,423$ при $r = -0,225$

*- где X значение по соответствующему каналу

Наиболее перспективными, по нашему мнению, являются каналы зеленого, синего цветов и канал H оттенка, наравне с последним достаточно хорошо коррелируют значения оптической плотности D (рис. 1, врезка 2).

По всем трем каналам RGB значения корреляции составляют 0,991 (суммарное уравнение $24,523x+4,458$), что говорит о том, что при невозможности применения лабораторного оборудования (фотоколориметров и спектрофотометров) оно может быть заменено современным решением в виде смартфона. Замена также обоснована в случаях, когда нет необходимости проводить исследования в УФ и ИК спектрах, а также при работе с окрашенными пищевыми и лекарственными субстанциями и пищевыми добавками, в том числе имеющими выраженные спектральные характеристики в сине-фиолетовой и зеленой областях.

Проведем оценку АРА с учетом полученных уравнений (в качестве примера по каналу зеленого цвета и D в сравнении друг с другом) всех исследованных образцов напитков и проанализируем их. Значения представлены ниже (табл.3).

Таблица 3. Антирадикальная активность в пересчете на мг на 30 мл напитка, измеренная и рассчитанная для образцов, согласно полученным калибровочным уравнениям

№	Наименование	Значения по каналу оптической плотности D	Значения по цветовым каналам (зеленый)
1	Сидр яблочный полусухой	6,9	9,2
2	Пиво «Жигулевское» фирменное	7,0	8,7
3	Пиво «St.Bernardus tripel»	5,7	9,6
4	Пиво «Жигули барное» безалкогольное	4,3	9,5
5	Пиво «Lauterbacher Helles Broitzeit Bier»	6,0	8,6
6	Пиво «Furstkeg alkoholfrei»	4,4	10,9
7	Пивной напиток «Hoegaarden» with coriander & orange	5,1	9,4
8	Экстракт чая зеленого	7,3	9,3
9	Напиток с экстрактом апельсина чино «Sanpelegrino le bibite Italiane chino»	6,6	7,13
10	Кокосовая вода без сахара «Iki» Coco water, no sugar	2,1	7,09
11	Напиток «Мед» цитрус	7,0	0,63
12	Напиток с соком груши и природной водой «Limonati» by Borjomi	4,3	0,593
13	Напиток «Red Bull» sugar free	0,9	0,23
14	Напиток с соком авокадо «Vinut Juice drink Avocado»	1,6	0,27
15	Напиток «Coca Cola»	0,4	0,99

16	Напиток клубника «Fanta strawberry» with natural flavors	0,5	0,23
17	Напиток с соком виноград- лимон, газированный «Rich dolce»	0,4	6,41
18	Напиток «Arizona Energy» Drink Low Carb Perfomance	7,5	7,01
19	Лимонад «Сейлор Мун» со вкусом груши Ocean Bomb	7,5	0,22
20	Напиток «Dr.Pepper» Cherry	-0,1	2,28
21	Напиток со вкусом фейхоа «Sahdag»	1,6	1,81
22	Напиток со вкусом айвы «Sahdag»	2,4	2,81
23	Напиток, газированный без сахара со вкусом сливы «Dunkin Donuts»	2,8	0,24
24	Напиток со вкусом банана «Milkis Lotte»	1,1	0,23
25	Сок яблоко- вишня для детского питания «Сады Придонья»	0,5	5,8
26	Сок яблочный «Global Village»	7,5	3,46
27	Сок гранатовый «Soko Grande» premium	5,6	6
28	Напиток сокодержающий апельсин «Fanta portagal»	7,4	7,13
29	Нектар Гранатовый «Barinoff»	7,0	6,52
30	Напиток со вкусом апельсина «Zhenchun»	1,0	0,24

Как можно заметить, значения АРА, полученные на основании величины оптической плотности растворов для такого напитка, как Dr. Pepper, равное -0,1, не имеют химического смысла и могут быть расценены как 0. То есть данный напиток не содержит сколь либо значимое количество веществ, обладающих антирадикальной активностью. Часть значений в левом и средних столбцах в ряде случаев не совпадают, хотя примерно в половине значений были получены близкие оценки.

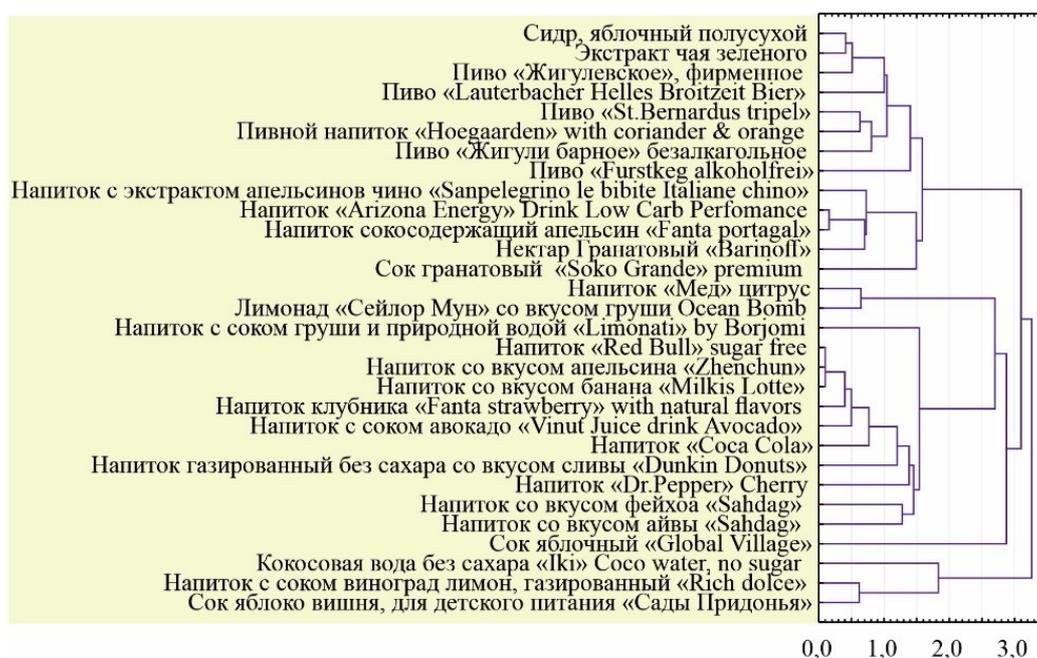


Рисунок 3. Дендрограмма сходства, построенная на основании Эвклидовых расстояний

Причина подобного связана с особенностями пробоподготовки, при добавлении в раствор DPPH сокодержущих напитков, а также пива и напитков с мутью, часть из этих частиц коагулировала из раствора, образуя взвесь. Хотя цветовой фон она не меняла, что позволяло использовать ее для видеокамеры, тем не менее при помещении такого образца в кювету для анализа в спектрофотометре значения его оптической плотности резко возрастали. При подобных условиях, а также при анализе мутных напитков, содержащих взвеси приходилось пользоваться лабораторными шприц-фильтрами (мембранные фильтры как указано в материалах и методах). Как можно заметить, в противном случае величины оптической плотности для этих образцов вообще невозможно было бы адекватно измерить. Несмотря на то, что основные антиоксидантные компоненты имеют незначительную молекулярную массу и проходили через фильтр, такого рода манипуляции сказывались на оценках.

При проверке скоррелированности данных в двух столбцах, полученных каждым отдельным методом, была выявлена почти средняя по силе достоверная корреляция по Пирсону ($r=0,496$ при низкой статистической значимости $p=0,0052$).

Проведем кластерный анализ на основании данных (табл. 3), построим дендрограмму сходства, для понимания как вид напитка связан с уровнем его АРА. Дендрограмма сходства представлена на рис. 3.

Как можно заметить на рис. 3, легко можно выделить 2 кластера (группы) образцов и обоснованно предполагать, что эти образцы слагают соответствующие кластеры в зависимости от их АРА. Так сокодержущие напитки объединяются преимущественно друг с другом по этому параметру, в другой кластер входят пивные напитки и экстракт зеленого чая. Отдельным – самым нижним кластером при этом объединяются кокосовая вода и напитки, произведенные с применением сока, и сам смешанный сок яблоко-вишня для детского питания.

Выводы

1. Средние значения для оценок АРА из табл. 3 колеблются примерно 4,07-4,75 мг в пересчете на активность аскорбиновой кислоты. В целом можно отметить, что такие напитки и экстракты, как зеленый чай, напитки с применением соков citrusовых растений показывают высокие значения АРА и могут быть рекомендованы для создания на их основе новых рецептов напитков с повышенной АРА. Большинство напитков, относящихся к группе «сладких газированных напитков», имеют низкие значения АРА в пересчете на аскорбиновую кислоту – например Coca Cola, Dr.Pepper, Red Bull, Fanta, Milkis и т.д. имеют значения АРА много ниже среднего (от 4 до 10-20 раз по некоторым позициям). Таким образом, значительное употребление данной категории напитков не будет способствовать улучшению антирадикального статуса потребителей. Наличие же алкоголя в пиве и сидре не дает возможности рекомендовать подобные напитки в качестве средства увеличения АРА рациона россиян (если речь идет о безалкогольных напитках).

2. Новые методы анализа, базирующиеся на основании применения смартфонов для исследования продуктов питания, могут быть успешно использованы, особенно в случаях наличия качественных окрашенных реакций, линейно зависящих от концентрации искомого вещества. Такие цветные каналы, как зеленый и синий, а также общий уровень цветности могут применяться в качестве альтернативы уже имеющимся методам – например для замены фотоколориметрии и спектрофотометрии, особенно в тех случаях, когда нет необходимости получать сверхточные данные. Более того, для анализа также могут применяться продукты питания с взвесью частиц (мутные напитки), что является значительным преимуществом по сравнению с аналитическими методами, где производится просвет образца (фотоколориметрия).

Список источников

1. Николаева Т.Н., Загоскина Н.В., Малюкова Л.С. Антирадикальная активность водных экстрактов растений чая, выращенных при различных условиях минерального питания // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 64. С. 111-115.
2. Корво, П. Биосоциальные продовольственные риски: международные аспекты // Вестник МГИМО Университета. 2017. № 1(52). С. 67-82.
3. Куценко С.А. Основы токсикологии: научное издание. Санкт-Петербург: ООО «Издательство Фолиант», 2004. 720 с.
4. Alpers D.H. et al. History and Impact of Nutritional Epidemiology // Advances in Nutrition. 2014. Vol. 5. No. 5. Pp. 534-536.
5. Amarowicz R. Antioxidant activity of protein hydrolysates // Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2008. Vol. 110. No. 6. Pp. 489-490.
6. Bearth A., Saleh R., Siegrist M. Lay-people's knowledge about toxicology and its principles in eight European countries // Food and Chemical Toxicology. 2019. Vol. 131. P. 110560.
7. Berger R.G. et al. Antioxidants in Food: Mere Myth or Magic Medicine? // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2012. Vol. 52. No. 2. Pp. 162-171.
8. Böck F.C. et al. PhotoMetrix and colorimetric image analysis using smartphones // Journal of Chemometrics. 2020. Vol.34. No. 12. P. e3251.
9. Chen B.T. et al. Comparison of Cigarette Smoke Exposure Atmospheres in Different Exposure and Puffing Modes // Inhalation Toxicology. 1989. Vol. 1. No. 4. Pp. 331-347.
10. Fan Y. et al. Digital image colorimetry on smartphone for chemical analysis: A review // Measurement. 2021. Vol. 171. P. 108829.
11. Franca A.S., Oliveira L.S. Applications of smartphones in food analysis // Smartphone-Based Detection Devices. Elsevier, 2021. Pp. 249-268.
12. Fomenko S.E. et al. Lipid Composition, Content of Polyphenols, and Antiradical Activity in Some Representatives of Marine Algae // Russ J Plant Physiol. 2019. Vol. 66. No. 6. Pp. 942-949.
13. Food and beverage packaging technology. 2. ed. Coles R. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. 326 p.
14. Glavind J. et al. Antioxidants in Animal Tissue // Acta Chem. Scand. 1963. Vol. 17. Pp. 1635-1640.
15. Helfer G.A. et al. PhotoMetrix: An Application for Univariate Calibration and Principal Components Analysis Using Colorimetry on Mobile Devices // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2016. Pp. 328-335.
16. Jariene E. et al. Polyphenols, Antioxidant Activity and Volatile Compounds in Fermented Leaves of Medicinal Plant Rosebay Willowherb (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub) // Plants. 2020. Vol. 9. No. 12. P. 1683.
17. Kiers C.T. et al. The crystal structure of a 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) modification // Acta Crystallogr B Struct Crystallogr Cryst Chem. 1976. Vol. 32. No. 8. Pp. 2297-2305.
18. Lapinskii A.G., Gorbachev V.V. The antiradical activity of extracts from some wild-growing plants of the Okhotsk Sea northern coastal region // Pharm Chem J. 2006. Vol. 40. No. 6. Pp. 317-319.
19. Mishra K., Ojha H., Chaudhury N.K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results // Food Chemistry. 2012. Vol. 130. No. 4. Pp. 1036-1043.
20. Rauma A.L. et al. Antioxidant status in long-term adherents to a strict uncooked vegan diet // The American Journal of Clinical Nutrition. 1995. Vol. 62. No. 6. Pp. 1221-1227.
21. Robertson G.L. Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition. 3rd ed. Hoboken: CRC Press, 2012. 719 p.

22. Samad S. et al. Smartphone apps for tracking food consumption and recommendations: Evaluating artificial intelligence-based functionalities, features and quality of current apps // *Intelligent Systems with Applications*. 2022. Vol. 15. P. 200103.
23. Shogah Z.A.C., Bolshakov D.S., Amelin V.G. Using Smartphones in Chemical Analysis // *Žurnal analitičeskoj himii*. 2023. Vol. 78. No. 4. Pp. 317-353.
24. Steele R. Understanding and measuring the shelf-life of food // NW, Boca Raton: Woodhead Publishing Ltd. 2004. P. 407448.
25. Taylor D.P., Ogden L.V. Carbonation of Viscous Fluids: Carbon Dioxide Holding Capacity and Rate to Saturation of Simulated Yogurt // *Journal of Food Science*. 2002. Vol. 67. No. 3. Pp. 1032-1035.
26. Thaipong K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006. Vol. 19. No. 6-7. P. 669-675.
27. Udenigwe C.C., Aluko R.E. Chemometric Analysis of the Amino Acid Requirements of Antioxidant Food Protein Hydrolysates // *IJMS*. 2011. Vol. 12. No. 5. Pp. 3148-3161.
28. Waszkowiak K., Mikołajczak B. The Effect of Roasting on the Protein Profile and Antiradical Capacity of Flaxseed Meal // *Foods*. 2020. Vol. 9. No. 10. P. 1383.
29. Yildirim S. et al. Active Packaging Applications for Food // *Comp Rev Food Sci Food Safe*. 2018. Vol. 17. No. 1. Pp. 165-199.

References

1. Nikolaeva T.N., Zagoskina N.V., Malyukova L.S. Antiradical activity of aqueous extracts of tea plants grown under various conditions of mineral nutrition. *Subtropical and decorative gardening*, 2018, no. 64, pp. 111-115.
2. Korvo, P. Biosocial food risks: international aspects. *Bulletin of MGIMO University*, 2017, no. 1(52), pp. 67-82.
3. Kutsenko S.A. *Fundamentals of toxicology: scientific edition*. St. Petersburg: Publishing Folio LLC, 2004. 720 p.
4. Alpers D.H. et al. History and Impact of Nutritional Epidemiology. *Advances in Nutrition*, 2014, vol. 5, no. 5, pp. 534-536.
5. Amarowicz R. Antioxidant activity of protein hydrolysates. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 2008, vol. 110, no. 6, pp. 489-490.
6. Bearth A., Saleh R., Siegrist M. Lay-people's knowledge about toxicology and its principles in eight European countries. *Food and Chemical Toxicology*, 2019, vol. 131, p. 110560.
7. Berger R.G. et al. Antioxidants in Food: Mere Myth or Magic Medicine? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2012, vol. 52, no. 2, pp. 162-171.
8. Böck F.C. et al. PhotoMetrix and colorimetric image analysis using smartphones. *Journal of Chemometrics*, 2020, vol.34, no. 12, p. e3251.
9. Chen B.T. et al. Comparison of Cigarette Smoke Exposure Atmospheres in Different Exposure and Puffing Modes. *Inhalation Toxicology*, 1989, vol. 1, no. 4, pp. 331-347.
10. Fan Y. et al. Digital image colorimetry on smartphone for chemical analysis: A review. *Measurement*, 2021, vol. 171, p. 108829.
11. Franca A.S., Oliveira L.S. Applications of smartphones in food analysis. *Smartphone-Based Detection Devices*. Elsevier, 2021, pp. 249-268.
12. Fomenko S.E. et al. Lipid Composition, Content of Polyphenols, and Antiradical Activity in Some Representatives of Marine Algae. *Russ J Plant Physiol*, 2019, vol. 66, no. 6, pp. 942-949.
13. *Food and beverage packaging technology*. 2. ed. Coles R. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. 326 p.
14. Glavind J. et al. Antioxidants in Animal Tissue. *Acta Chem. Scand*, 1963, vol. 17, pp. 1635-1640.
15. Helfer G.A. et al. PhotoMetrix: An Application for Univariate Calibration and Principal Components Analysis Using Colorimetry on Mobile Devices. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2016, pp. 328-335.

16. Jariene E. et al. Polyphenols, Antioxidant Activity and Volatile Compounds in Fermented Leaves of Medicinal Plant Rosebay Willowherb (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub). *Plants*, 2020, vol. 9, no. 12, p. 1683.
17. Kiers C.T. et al. The crystal structure of a 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) modification. *Acta Crystallogr B Struct Crystallogr Cryst Chem*, 1976, vol. 32, no. 8, pp. 2297-2305.
18. Lapinskii A.G., Gorbachev V.V. The antiradical activity of extracts from some wild-growing plants of the Okhotsk Sea northern coastal region. *Pharm Chem J.*, 2006, vol. 40, no. 6, pp. 317-319.
19. Mishra K., Ojha H., Chaudhury N.K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 2012, vol. 130, no. 4, pp. 1036-1043.
20. Rauma A.L. et al. Antioxidant status in long-term adherents to a strict uncooked vegan diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1995, vol. 62, no. 6, pp. 1221-1227.
21. Robertson G.L. *Food Packaging: Principles and Practice*, Third Edition. 3rd ed. Hoboken: CRC Press, 2012. 719 p.
22. Samad S. et al. Smartphone apps for tracking food consumption and recommendations: Evaluating artificial intelligence-based functionalities, features and quality of current apps. *Intelligent Systems with Applications*, 2022, vol. 15, p. 200103.
23. Shogah Z.A.C., Bolshakov D.S., Amelin V.G. Using Smartphones in Chemical Analysis. *Žurnal analitičeskoj himii*, 2023, vol. 78, no. 4, pp. 317-353.
24. Steele R. *Understanding and measuring the shelf-life of food*. NW, Boca Raton: Woodhead Publishing Ltd, 2004, p. 407448.
25. Taylor D.P., Ogden L.V. Carbonation of Viscous Fluids: Carbon Dioxide Holding Capacity and Rate to Saturation of Simulated Yogurt. *Journal of Food Science*, 2002, vol. 67, no. 3, pp. 1032-1035.
26. Thaipong K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, vol. 19, no. 6-7, p. 669-675.
27. Udenigwe C.C., Aluko R.E. Chemometric Analysis of the Amino Acid Requirements of Antioxidant Food Protein Hydrolysates. *IJMS*, 2011, vol. 12, no. 5, pp. 3148-3161.
28. Waszkowiak K., Mikołajczak B. The Effect of Roasting on the Protein Profile and Antiradical Capacity of Flaxseed Meal. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 10, p. 1383.
29. Yildirim S. et al. Active Packaging Applications for Food. *Comp Rev Food Sci Food Safe*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 165-199.

Информация об авторах

В.В. Горбачев – аспирант, исследователь научно-исследовательской лаборатории «Биотехнологии пищевых систем» кафедры пищевых технологий и бионженерии;

М.А. Беляева – доктор технических наук, профессор кафедры пищевых технологий и бионженерии;

А.П. Щербаков – проректор по капитальному строительству и реконструкции; заведующий лабораторией сварки судовых конструкций; старший преподаватель кафедры сварки судовых конструкций.

Information about the authors

V.V. Gorbachev – Postgraduate Student, Researcher at the Research Laboratory «Biotechnology of Food Systems» of the Department of Food Technology and Bioengineering;

M.A. Belyaeva – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technologies and Bioengineering;

A.P. Shcherbakov – Vice-rector for Capital Construction and Reconstruction; head of the Laboratory; Senior Lecturer of the Department of Welding of Ship Structures.

Научная статья

УДК 665.334.9:543.635.3

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-30-35

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ОЗИМОГО И ЯРОВОГО РАПСА В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Гулидова Валентина Андреевна¹

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

¹Guli49@yandex.ru

Аннотация. Масло из современных сортов ярового и озимого рапса имеет высокую пищевую ценность вследствие высокого содержания олеиновой кислоты - 64,1-64,48% и хорошего соотношения между омега-6 и омега-3 жирными кислотами. По качеству оно не уступает оливковому маслу, которое признано эталоном растительных масел и широко используется для здорового образа жизни. Содержание линоленовой кислоты (омега 3) в рапсовом масле из семян яровой формы было на 1,07% больше. Это позволяет сделать заключение, что по этому показателю яровые формы рапса более ценны для питания человека, чем озимые формы. Озимый и яровой рапс не содержат в масле нежелательной эруковой кислоты и глюкозинолатов, что указывает на высокое качество рапсового масла, полученного из семян, выращенных в условиях Липецкой области.

Ключевые слова: яровой рапс, озимый рапс, урожайность, качество масла, олеиновая кислота, глюкозинолаты, эруковая кислота

Для цитирования: Гулидова В.А. Жирнокислотный состав масла озимого и ярового рапса в условиях Липецкой области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 30-35. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-30-35>.

Original article

FATTY ACID COMPOSITION OF WINTER AND SPRING RAPESEED OIL IN THE LIPETSK REGION

Valentina A. Gulidova¹

¹Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹Guli49@yandex.ru

Abstract. Oil from modern varieties of spring and winter rapeseed has a high nutritional value due to the high content of oleic acid - 64.1-64.48% and a good ratio between omega-6 and omega-3 fatty acids. In terms of quality, it is not inferior to olive oil, which is recognized as the standard of vegetable oils and is widely used for a healthy lifestyle. The content of linolenic acid (omega 3) in rapeseed oil from spring seeds was 1.07% higher, which allows us to conclude that according to this indicator, spring forms of rapeseed are more valuable for human nutrition than winter forms. Winter and spring rapeseeds do not contain undesirable erucic acid and glucosinolates in the oil, which indicates the high quality of rapeseed oil obtained from seeds grown in the Lipetsk region.

Keywords: spring rapeseed, winter rapeseed, yield, oil quality, oleic acid, glucosinolates, erucic acid

For citation: Gulidova V.A. Fatty acid composition of winter and spring rapeseed oil in the Lipetsk region. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 30-35. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-30-35>.

Введение

Рапс (*Brassica napus*) относится к семейству крестоцветных или капустных. Это очень популярная масличная культура не только в России, но и в мире. Производством маслосемян этой культуры занимаются более чем в 30 странах мира, что делает рапс одной из самых перспективных масличных культур в общероссийском и общемировом производстве растительных масел [4,8,11,12]. В настоящее время рапсовое масло занимает 3-е место после

пальмового и соевого. Пищевое рапсовое масло используют непосредственно как растительное масло, а также для производства маргаринов и майонезов [5].

В 2023 году, по оценке Минсельхоза России, уровень самообеспечения маслом растительным составил 227,9%, что в 2,5 раза выше показателя, предусмотренного Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Высокий уровень самообеспечения растительным маслом россиян связан с тем, что в последние годы (2022-2023) собран рекордный урожай масличных культур - 29,1 млн тонн в 2022 году, в 2023 году - 29,9 млн тонн, это на 2,7% выше, чем в 2022 году. Основные масличные культуры в России – это подсолнечник (16,4 млн т в 2022 г. и 17,3 млн т – 2023 г.), соя (6,0 млн т - 2022 г. и 6,8 млн т - 2023 г.) и рапс (4,5 млн т - 2022 г. и 4,2 млн т - 2023 г.). Часть произведенной масложировой продукции Россия экспортировала. По статистике Масложирового союза, в 2023 году Россия экспортировала 10,5 млн тонн. Основным объемом продаж приходился на подсолнечное масло — 6,3 млн. тонн, вывоз рапсового масла составил свыше 1,5 млн тонн. Основными странами, покупающими рапсовое масло из России, являются Китай (66,6%), Латвия (8,3%), Норвегия (7,3%) и Литва (6,4%). Помимо рапсового масла Россия экспортирует жмых и шрот. Экспорт этих продуктов увеличился в 3,6 раза в первой половине 2023 года в сравнении с аналогичным периодом 2022 года. Эти белковые вещества закупали Литва (19,6%), Франция (14,3%), Турция (16,4%), Испания (12,2%), Израиль (11,9%) [7].

Климатические условия России благоприятствуют возделыванию ярового рапса, но в последние годы, в связи с потеплением климата, стали заниматься возделыванием озимого рапса в Средней полосе России. Возделывание озимого рапса позволяет решить многие задачи. Во-первых, значительно увеличить продуктивность рапсового поля, озимый рапс более урожайный. Во-вторых, снизить нагрузку в весенний период, когда идет посевная компания, и в период уборки, так как озимые формы сельскохозяйственных культур в условиях Липецкой области подходят к уборке значительно раньше.

Россия по площади посевов рапса отстает от ведущих стран мира. На долю России приходится лишь около 2% от мировых посевов, что очень мало, чтобы удовлетворить потребности людей в рапсовом масле, а животноводство в растительном белке. В последние годы отмечается значительный спрос на маслосемена рапса. На это есть экономические причины: цены на рапс значительно выше, чем на зерновые культуры, а также появились высокопродуктивные гибриды «00» с высоким содержанием масла и белка в семенах, которые практически не уступают по урожайности зерновым культурам [2].

Цель исследований – изучение биохимического состава рапсового масла озимых и яровых форм рапса, выращенных в условиях Липецкой области. В связи с поставленной целью решались задачи: изучить жирнокислотный состав рапсового масла, полученного из маслосемян озимого рапса гибрида Мерседес и ярового рапса сорта Фаворит, и провести сравнительную оценку данных масел.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в течение 2021-2022 гг. на полях хозяйства «Колос Агро» Елецкого района Липецкой области. Объектами исследований были гибрид озимого рапса Мерседес и сорт ярового рапса Фаворит. Оба биологических объекта отличаются высокой урожайностью и востребованностью на рынке.

Гибрид Мерседес отличается интенсивным и мощным развитием, прекрасно зимует в нашем регионе, а весной трогается в рост поздно, что позволяет хорошо перенести весенние заморозки. У гибрида есть и другие особенности – это позднее цветение и равномерное созревание стручков во всех ярусах. Эти особенности учитываются при планировании и проведении комплекса агромероприятий по уходу за посевами во время вегетации.

Сорт Фаворит является интенсивным сортом, патентообладателем является ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт рапса (г. Липецк).

В хозяйстве площади посева озимого и ярового рапса примерно одинаковы. Это позволяет снизить напряженность во время уборки культуры.

Общее содержание глюкозинолатов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и выражали в мкмоль/г сухого вещества продукта (ГОСТ ISO 9167-1-2015). Определение эруковой кислоты было проведено на основе метода газожидкостной хроматографии (ГОСТ 30089-2018).

Результаты исследований и их обсуждение

Рапс содержит большое количество ценных питательных веществ – белков и жиров. Растительные масла, содержащие в своем составе большое количество ненасыщенных жирных кислот, если их сравнивать с жирами животного происхождения, более ценны и полезны. Эти кислоты не синтезируются в организме человека, они должны поступать с пищей. Рапсовое масло в своем составе имеет хорошее соотношение между простой ненасыщенной олеиновой (омега 9) и двойной ненасыщенной линолевой кислотами (омега 6), при оптимальном количестве тройной ненасыщенной линоленовой кислоты (омега 3) [3].

В Центральном Черноземье выращивают в промышленных масштабах три масличные культуры – это подсолнечник, рапс и сою. В рапсовом масле основная жирная кислота – это олеиновая, в подсолнечном и соевом – линолевая. Олеиновая кислота является главным представителем группы жирных кислот омега 9. В семенах ярового рапса сорта Фаворит ее было 64,48%, что на 0,47% больше, чем в семенах озимого рапса гибрида Мерседес (табл.1). Рапс по содержанию олеиновой кислоты занимает второе место после оливкового, которое во всем мире позиционируется по качеству и полезным свойствам № 1. Для сравнения, в оливковом масле олеиновой кислоты содержится более 77 % [1]. Олеиновая кислота очень полезна для полноценной жизни человека, так как входит в каждую клетку его организма, препятствует возникновению инфарктов мозга и сердца, контролирует уровень холестерина в крови и углеводный обмен, улучшает память и обладает противовоспалительным действием [15,9,1].

Линолевая кислота в масле рапса по своему количеству занимает второе место после олеиновой. Это самая важная кислота из группы жирных кислот омега 6. Эту кислоту в достаточном количестве человек получает, если употребляет подсолнечное, кукурузное или соевое масло. Рапсовое масло также богато линолевой кислотой. Ее содержание в семенах озимого и ярового рапса было практически одинаковым 21,21% (озимый) и 21,10 % (яровой). Высокое содержание олеиновой кислоты и в 3 раза более низкое количество линолевой способствуют повышению устойчивости рапсового масла к окислению, что является важным свойством при хранении масла и очень ценится товаропроизводителями.

Таблица 1. Качественные показатели маслосемян ярового и озимого рапса

Показатель	Озимый рапс (гибрид Мерседес)	Яровой рапс (сорт Фаворит)
Влажность,%	6,22	5,98
Масличность,%	44,69	48,60
Глюкозинолаты, мкмоль/г	16	14
Белок,%	20,47	20,51
Пальмитиновая кислота (C16:0),%	3,37	3,36
Стеариновая (C18:0),%	2,33	1,68
Олеиновая (C18:1),%	64,01	64,48
Линолевая (C18:2),%	21,21	21,10
Линоленовая (C18:3),%	9,23	10,03
Эруковая (C22:1),%	0,0	0,0

Линоленовая кислота (омега 3) требуется человеческому организму не больше других жирных кислот, но она не синтезируется в организме [10]. Её можно получить только с продуктами (красная рыба, креветки, устрицы), которые не входят в основной рацион питания среднестатистического потребителя России. Заботясь о здоровье человека, часто врачи назначают дополнительный прием этой кислоты. Это связано с тем, что главное назначение линоленовой кислоты (омега 3) в организме – поддержание здоровья сердечно-сосудистой системы, укрепление иммунитета и сопротивление воспалительными процессами. Омега 3 защищает клетки человека от воздействия свободных радикалов [13,14]. Люди с нехваткой этих нутриентов чаще страдают от простудных заболеваний и легче инфицируются. Содержание линоленовой кислоты в рапсовом масле из семян яровой формы было на 1,07% больше, что позволяет сделать заключение: по этому показателю яровые формы рапса более ценны для питания человека, чем озимые формы и не уступают оливковому маслу, которое считается эталоном растительных масел и широко используется для ЗОЖ.

В наших исследованиях присутствовали две насыщенные жирные кислоты – пальмитиновая и стеариновая. Ранее считалось, что насыщенные жирные кислоты вредны для здоровья человека, так как они провоцируют развитие болезней сердца и сосудов. Но последние научные разработки в этой области позволили сделать заключение, что насыщенные жирные кислоты не такие уж и вредные, если ими не злоупотреблять. Употребление их в рекомендуемом диапазоне, не несет угрозы для жизни и здоровья человека. Наоборот, они положительно влияют на функционирование внутренних органов человека, участвуют в терморегуляции организма, улучшают состояние волос и кожи.

Содержание стеариновой кислоты в рапсе озимого гибридного сорта Мерседес было 2,33%, что на 0,65% больше, чем в яровом рапсе сорта Фаворит. Основной функцией этой кислоты является восполнение запасов организма человека энергией. Но в то же время употреблять продукты с высоким ее содержанием нужно в умеренном количестве, не нарушая рекомендованный диапазон.

Пальмитиновая кислота, как и стеариновая, также относится к насыщенным жирным кислотам. Но ее злоупотребление несет большую опасность для здоровья человека. Ее содержание в рапсе больше, чем стеариновой на 1,04% (озимый) и на 1,68 % (яровой). Присутствие этой кислоты в растительном масле в большом количестве ускоряет процессы старения человека и опасно для здоровья.

Таким образом, жирнокислотный состав маслосемян рапса как озимой, так и яровой форм, выращенных в условиях Липецкой области, характеризуется высоким уровнем олеиновой кислоты - 64,1-64,48% и хорошим соотношением между омегой 6 и омегой 3 жирными кислотами.

Отличительной особенностью рапсового масла является эруковая кислота, которая отрицательно влияет на сердечно-сосудистую систему человека. Согласно ГОСТа 8988-2002, массовая доля эруковой кислоты в масле должна быть не более 5% к сумме жирных кислот. В наших исследованиях эруковая кислота отсутствует в масле. Гибрид Мерседес и сорт Фаворит относятся к «00». Поэтому масло, полученное из их семян, имеет очень высокое качество.

После отжима масла из семян рапса остается шрот. Это превосходный корм для всех типов животных и птицы [6]. Но если в шроте содержатся глюкозинолаты, то это отрицательно повлияет на щитовидную железу и печень животных, особенно птиц. В наших исследованиях в яровом рапсе глюкозинолатов было меньше на 2 мкмоль/г, чем в озимом рапсе.

По продуктивности в условиях Липецкой области находящийся на северо-западе Центрального Черноземья озимый рапс превосходит яровой. В среднем за два года исследований превышение по урожайности составило 1,15 т/га. Но в семенах озимого рапса на 3,91% была меньше масличность и ниже содержание белка на 0,99%. В основном урожайность озимого рапса в наших условиях формировалась за счет лучшего бокового ветвления и более крупных семян (больше на 1,37 г на 1000 семян).

Выводы

1. Масло из современных сортов ярового рапса и гибридов озимого рапса имеет необходимые химические свойства и характеристики, позволяющие включать его в рацион питания человека. Пищевая ценность рапсового масла вследствие содержания большого количества полиненасыщенных жирных кислот не уступает оливковому маслу, которое считается эталоном растительных масел и широко используется для ЗОЖ.

2. Яровой рапс, возделываемый в северо-западной части Центрального Черноземья, (Липецкая область) как озимый, так и яровой в своем составе содержит основную жирную кислоту - олеиновую в количестве 64,01-64,48%. Содержание линоленовой кислоты (омега 3) в рапсовом масле из семян яровой формы было на 1,07% больше, по этому показателю яровые формы рапса более ценны для питания человека, чем озимые формы. Не выявлено различий в содержании линолевой кислоты (омега 6) в исследуемых образцах. Озимый и яровой рапс не содержат в масле нежелательной эруковой кислоты и глюкозинолатов, что указывает на высокое качество рапсового масла и шрота.

Список источников

1. Воловик В.Т. и др. Сравнение жирнокислотного состава различных пищевых масел / В.Т. Воловик, Т.В. Леонидова, Л.М. Коровина, Н.А. Блохина, Н.П. Касарина // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 5. С. 147-152.
2. Гулидова В.А. Рапс – высокомаржинальная культура России. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. 310 с.
3. Гулидова В.А. Зависимость качества рапсового масла от основной обработки почвы // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005. № 5. С. 64-65.
4. Зубкова Т.В. Биологическая активность почвы и продуктивность ярового рапса в зависимости от применения удобрений на фоне внесения дефеката в условиях лесостепи ЦЧР // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2024. № 1 (70). С. 59-65.
5. Кулакова С.Н., Викторова Е.В. Растительные масла нового поколения и их роль в питании // *Масла и жиры*. 2006. №9. С.1-5
6. Масличные культуры как медоносы в Рязанской области / А.Р. Белякова, А.А. Маркова, К.Д. Сазонкин, Д.В. Виноградов // *Научное сопровождение в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства: современные проблемы и тенденции развития: нац. науч.- практ. конф. Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2022. С. 41-45.*
9. Benedetto N. Olive oil and human health: focus on the Mediterranean diet // *Bashkir Chemical Journal*. 2017. Vol. 24. No. 1. Pp. 3-6.
10. Brenna J. Efficiency of conversion of alpha-linolenic acid to long chain n-3 fatty acids in man // *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2002. Vol. 5. No. 2. Pp. 127-132.
11. Grzybek A. Transesterification technologies of rape oil. In: *Biofuels, glycerines, rape* Leeds Pr. Zbior. Red. W. Podkowka. Bydgoszcz. University of Technology and Life Sciences publication, 2004. Pp. 70-83.
12. Gulidova V.A., Zubkova T.V., Kravchenko V.A., Dubrovina O.A. On the ways of improving photosynthesis productivity in spring rape plants in the crops // *J. Ecology, Environment and Conservation*. 2019. No. 25 (2). Pp. 577-581.
13. Sayeda M. Abdo Potential production of omega fatty acids from microalgae // *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2015. Vol. 35. Pp. 210-215.
14. Shramko V.S., Polonskaya Y.V., Kashtanova E.V., Stakhneva E.M., Ragino Y.I. The Short Overview on the Relevance of Fatty Acids for Human Cardiovascular Disorders // *Biomolecules*. Jul. 30, 2020. Vol. 10(8). Pp. 1127.
15. Visioli F., Bogani P., Grande S., Galli C. Mediterranean food and health: building human evidence // *J. Physiol. Pharmacol*. 2005. Vol. 56 (S1). P. 37.

References

1. Volovik V.T. et al. Comparison of the fatty acid composition of various edible oils. V.T. Volovik, T.V. Leonidova, L.M. Korovina, N.A. Blokhina, N.P. Kasarina. International Journal of Applied and Fundamental Research, 2019, no. 5, pp. 147-152.
2. Gulidova V.A. Rapeseed – high-margin culture of Russia. Yelets: Yelets State University named after I.A. Bunin, 2019. 310 p.
3. Gulidova V.A. Dependence of rapeseed oil quality on basic tillage. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2005, no. 5, pp. 64-65.
4. Zubkova T.V. Biological activity of the soil and productivity of spring rapeseed depending on the use of fertilizers against the background of defecate application in the conditions of the forest-steppe of the Central Asian Republic. Bulletin of the NSAU (Novosibirsk State Agrarian University), 2024, no. 1 (70), pp. 59-65.
5. Kulakova S.N., Viktorova E.V. Vegetable oils of the new generation and their role in nutrition. Oils and fats, 2006, no.9, pp.1-5.
6. Oilseed crops as honey plants in the Ryazan region. A.R. Belyakova, A.A. Markova, K.D. Sazonkin, D.V. Vinogradov. Scientific support in agriculture, forestry and hospitality: modern problems and development trends: national scientific.- practical conf. Ryazan: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, 2022, pp. 41-45.
9. Benedetto N. Olive oil and human health: focus on the Mediterranean diet. Bashkir Chemical Journal, 2017, vol. 24, no. 1, pp. 3-6.
10. Brenna J. Efficiency of conversion of alpha-linolenic acid to long chain n-3 fatty acids in man. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2002, vol. 5, no. 2, pp. 127-132.
11. Grzybek A. Transesterification technologies of rape oil. In: Biofuels, glycerines, rape Leeds Pr. Zbior. Red. W. Podkowka. Bydgoszcz. University of Technology and Life Sciences publication, 2004, pp. 70-83.
12. Gulidova V.A., Zubkova T.V., Kravchenko V.A., Dubrovina O.A. On the ways of improving photosynthesis productivity in spring rape plants in the crops. J. Ecology, Environment and Conservation, 2019, no. 25 (2), pp. 577-581.
13. Sayeda M. Abdo Potential production of omega fatty acids from microalgae. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 2015, vol. 35, pp. 210-215.
14. Shramko V.S., Polonskaya Y.V., Kashtanova E.V., Stakhneva E.M., Ragino Y.I. The Short Overview on the Relevance of Fatty Acids for Human Cardiovascular Disorders. Biomolecules, Jul. 30, 2020, vol. 10(8), pp. 1127.
15. Visioli F., Bogani P., Grande S., Galli C. Mediterranean food and health: building human evidence. J. Physiol. Pharmacol, 2005, vol. 56 (s1), p. 37.

Информация об авторе

Гулидова Валентина Андреевна – Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the author

V.A. Gulidova – Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 641.85

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-36-44

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СЫРНИКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ РИСОВОЙ МУКИ

Куприенко Анастасия Евгеньевна^{1✉}, Депутатова Кира Константиновна²,
Пчелинцева Ольга Николаевна³, Бочкарева Зенфира Альбертовна⁴

^{1,2,3,4}Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

¹anastasiakuprienko2003@gmail.com✉

²kiradeputatova@bk.ru

³pchelincevaon@yandex.ru

⁴bochkariievaz@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается инновационный подход к созданию рецепта традиционного блюда для приготовления сырников с использованием рисовой муки в качестве альтернативного ингредиента стандартной пшеничной муке. Целью исследования является разработка рецепта сырников, который будет адаптирован для людей с непереносимостью глютена и тех, кто хочет придерживаться безглютеновой диеты и стремится к разнообразию своего рациона. В ходе работы были определены оптимальные пропорции рисовой муки и основных компонентов сырников, таких как творог, яйца и сахар, для достижения наилучшего вкуса и текстуры. Экспериментальные исследования позволили нам найти баланс между постоянством вкусовых ощущений и питательной ценностью готовых сырников. В статье описан процесс тестирования различных вариантов рецептуры, включая анализ влияния рисовой муки на структуру и содержание влаги в продукте. Особое внимание уделяется органолептическим характеристикам и внешнему виду готовых сырников. Конечными результатами являются подробное описание стабильного рецепта сырников на рисовой муке, который может быть использован как в повседневной жизни, так и предприятиями общественного питания для включения в меню блюд без глютена. Статья выводит на новый уровень понимание возможностей использования рисовой муки в качестве полноценного компонента в современной кулинарии и предлагает перспективные направления для дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: сырники, рисовая мука, пшеничная мука, пищевая ценность, здоровое питание, рецептура, традиционное блюдо, обогащение, органолептические свойства, глютен

Для цитирования: Разработка рецептуры сырников с добавлением рисовой муки / А.Е. Куприенко, К.К. Депутатова, О.Н. Пчелинцева, З.А. Бочкарева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 36-44. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-36-44>.

Original article

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR CHEESECAKES WITH THE ADDITION OF RICE FLOUR

Anastasia E. Kuprienko^{1✉}, Kira K. Deputatova², Olga N. Pchelintseva³, Zenfira A. Bochkareva⁴

^{1,2,3,4}Penza State Technological University, Penza, Russia

¹anastasiakuprienko2003@gmail.com✉

²kiradeputatova@bk.ru

³pchelincevaon@yandex.ru

⁴bochkariievaz@mail.ru

Abstract. This article discusses an innovative approach to creating a recipe for a traditional dish for making cheesecakes using rice flour as an alternative ingredient to standard wheat flour. The aim of the study is to develop a cheesecake recipe that will be adapted for people with gluten intolerance and those who want to adhere to a gluten-free diet, as well as for those who strive for a variety of their diet.

During the work, the optimal proportions of rice flour and the main components of cheesecakes, such as cottage cheese, eggs and sugar, were determined to achieve the best taste and texture. Experimental stu-

dies have allowed us to find a balance between the consistency of taste sensations and the nutritional value of ready-made cheesecakes. The article describes the process of testing various formulation options, including an analysis of the effect of rice flour on the structure and moisture content of the product. Special attention is paid to the organoleptic characteristics and appearance of the finished cheesecakes. The end results are a detailed description of a stable recipe for rice flour cheesecakes, which can be used both in everyday life and by catering enterprises to include gluten-free dishes in the menu. The article brings to a new level the understanding of the possibilities of using rice flour as a full-fledged component in modern cooking and offers promising directions for further research in this area.

Keywords: *cheesecakes, rice flour, nutritional value, healthy food, wheat flour, recipe, traditional dish, enrichment, organoleptic properties, gluten*

For citation: *Development of a recipe for cheesecakes with the addition of rice flour. A.E. Kuprienko, K.K. Deputatova, O.N. Pchelintseva, Z.A. Bochkareva. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 36-44. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-36-44>.*

Введение

В современных обществах здоровое питание является решающим фактором для улучшения состояния здоровья и продолжительности жизни населения, а также обеспечения продовольственной безопасности в регионе. В рационе важно поддерживать баланс между питательными веществами животного и растительного происхождения.

Ученые проводят исследования, направленные на поиск новых эффективных источников полезных веществ и витаминов в компонентах пищи [1]. Доказана взаимосвязь между питанием и иммунитетом, а также восприимчивостью к инфекционным заболеваниям и болезням, связанным с питанием [1]. Выявлен перечень заболеваний пищеварительной системы, интенсивность и распространенность которых тесно связана со структурой питания населения [1-2].

Рисовая мука считается одним из самых близких заменителей пшеничной муки. Белый цвет рисовой муки обеспечивает высокие эстетические качества и может использоваться в выпечке наравне с пшеничной мукой. Однако физические свойства рисовой муки отличаются, и для достижения желаемого эффекта необходимо тщательно соблюдать рецептуру, разработанную специально для рисовой муки.

Основным преимуществом рисовой муки перед пшеничной является отсутствие в ней глютена. По имеющимся данным, глютен раздражает стенки кишечника, облегчая попадание нежелательных веществ в кровь. Синдром раздраженного кишечника, косметические проблемы с кожей и плохое состояние здоровья все чаще связывают с присутствием пшеницы в рационе. Поэтому рисовая мука становится все более популярной благодаря распространенности безглютеновых продуктов [3].

Еще одно важное отличие – клейковина, содержащаяся в пшеничной муке. Именно клейковина удерживает тесто вместе и придает выпечке эластичность. Поэтому если вместо пшеничной муки используется рисовая, очень важно компенсировать отсутствие клейковины в тесте. Для этого используйте альтернативные варианты, например, смешивайте рисовую муку с кукурузным крахмалом, или используйте рецепты, в которых используется рассыпчатая текстура теста [4].

Калорийность рисовой муки составляет 366 ккал, из которых 321 ккал приходится на углеводы.

Состав питательных веществ: жиры - 1,42 г, белки - 5,95 г, углеводы - 77,7 г, влага - 11,89 г, зола - 0,61 г.

Также тиамин (B1), рибофлавин (B2), никотиновая кислота (B3), холин (B4), пантотеновая кислота (B5), пиридоксин (B6), фолиевая кислота (B9). В ней также содержится витамин H, известный также как B7 [5].

Минералы в рисовой муке: калий, фосфор, магний, кальций, железо, цинк, медь и марганец [5].

Важные антиоксиданты для красоты и здоровья: лизин, треонин, метионин, валин, лейцин, изолейцин и триптофан, фенилаланин [5-6].

Жирные кислоты омега 3, 6, 9 делают этот продукт полезным для кожи и других тканей организма.

Главное достоинство рисовой муки не в ее калорийности, а в том, что ее можно использовать в противоаллергических диетах при непереносимости глютена. Поэтому польза рисовой муки в рационе заключается не в похудении, а в предотвращении поступления в организм аллергенных веществ. Для детей, склонных к аллергии, рисовая мука становится важной частью их рациона.

По сравнению с пшеничной мукой, рисовая мука имеет немного более низкий гликемический индекс [7]. Это означает, что рисовую муку можно использовать вместо пшеничной для приготовления, что делает блюда намного полезнее.

Основными заболеваниями, при которых рисовая мука полезна с медицинской точки зрения, являются целиакия и глютеновая энтеропатия. Хлеб и макароны из пшеничной муки содержат глютен, который противопоказан при целиакии. В этом случае рекомендуется употреблять рисовую муку или продукты из нее.

Рисовая мука также может быть полезна при синдроме раздраженного кишечника и косметических проблемах кожи, таких как акне и угревая сыпь [8]. Отказ от пшеничной муки и использование рисовой муки может быть одним из факторов, способствующих выздоровлению.

Так рисовая мука чаще всего используется для приготовления аутентичных азиатских блюд, таких как рисовая лапша, рисовое мороженое в рисовой корочке, восточные пельмени и другие интересные блюда восточных культур. Ее нежная текстура и светлый цвет делают блюда из рисовой муки более изысканными [9-10].

Ее можно использовать и в более привычных блюдах. Например, для компенсации недостатка глютена можно приготовить блины, смешав рисовую муку с кукурузным крахмалом. Рисовая мука может использоваться во всех видах выпечки, например, при выпечке хлеба и печенья, но не как замена муки, а как дополнение к ней.

Цель исследования: разработать и оптимизировать рецептуру традиционного блюда сырников с использованием рисовой муки в качестве одного из ингредиентов, чтобы усовершенствовать пищевую ценность выпечки и обогатить её вкусовое качество, при этом сохраняя или повышая её органолептические свойства.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние рисовой муки на текстуру, вкус, внешний вид и питательную ценность сырников;
- экспериментально подобрать оптимальное соотношение рисовой муки и традиционных компонентов для сырников, таких как творог, яйца, сахар и другие возможные ингредиенты;
- проанализировать потенциальные преимущества использования рисовой муки с точки зрения пищеварения, гипоаллергенности и пригодности для людей с чувствительностью к глютену;
- оценить влияние добавления рисовой муки на технологические параметры приготовления сырников.

Материалы и методы исследований

Качество муки рисовой определялась по органолептическим физико-химическим показателям. Органолептические показатели определяли согласно ГОСТ 31645-2012 «Мука для продуктов детского питания». Определение влажности муки выполнялось в соответствии с ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности». Кислотность характеризует в первую очередь степень свежести муки. Стандарты на муку не предусматривают определение этого показателя. Однако именно кислотность муки определяет в основном кислотность изготовленных из нее изделий. Определение кислотности по болтушке осуществляли по ГОСТ 27493-87 «Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке».

Основные ингредиенты:

- творог;
- рисовая мука;
- дополнительные ингредиенты: яйца, сахар, соль.

Объектами исследования служили рисовая мука, сырники из обычной пшеничной муки, сделанные по традиционной рецептуре, и сырники с добавлением рисовой муки. Контролем служили изделия, приготовленные по классической рецептуре, опытом – изделия с рисовой мукой.

Согласно ГОСТ 32846-2014 «Сырники из творога. Технические условия»: внешний вид – форма круглая, приплюснутая; поверхность равномерно зарумянена, без трещин; сырники политы сметаной или посыпаны сахаром. Вкус и запах – свойственные запеченному творогу; вкус без излишней кислотности; сладковатый. Цвет – корочка золотисто-желтая, срез слегка желтоватый. Консистенция – умеренно плотная, мягкая, пышная [1].

При проведении эксперимента использовали стандартные и общепринятые физико-химические и органолептические методы исследований.

Измерение содержания влаги в сырниках является важной частью контроля качества в процессе разработки новых рецептов и соблюдения стандартов на продукцию, в том числе при добавлении рисовой муки. Правильный уровень влажности влияет на текстуру, вкус и общее восприятие готового блюда. Для измерения влажности сырников был использован следующий метод:

Термогравиметрический метод.

Этот метод является одним из наиболее точных и заключается в определении потери массы образца при нагревании. Образец помещают в специальную печь при контролируемой температуре и времени для испарения всей воды. Разница в весе до и после нагревания указывает на количество воды в образце.

Шаги:

1. Взвешивание образца сырников перед нагревом.
2. Помещение образца в духовку и выдерживание при заданной температуре в течение определенного времени.
3. После охлаждения образец снова взвешивается.
4. Расчет процента влажности по формуле:

$$W = \frac{m_{\text{до нагр.}} - m_{\text{после нагр.}}}{m_{\text{до нагр.}}}, \quad (1)$$

где $m_{\text{до нагр.}}$ – масса сырников до нагрева, г; $m_{\text{после нагр.}}$ – масса сырников после нагрева, г.

Результаты исследований и их обсуждение

Рисовая мука по химическому составу практически не уступает пшеничной. Учитывая сходность свойств рисовой и пшеничной муки, результаты данного этапа исследований даны в сравнительном аспекте.

Результаты исследования химического состава приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав рисовой и пшеничной муки

Показатель	Рисовая мука	Пшеничная мука
Массовая доля влаги, %	11,89	14
Массовая доля белка, %	5,95	10,3
Массовая доля жира, %	1,42	1,1
Массовая доля золы, %	0,61	0,5

Массовая доля углеводов, %	77,7	70,6
в том числе пищевых волокон, %	2,4	3,5
Глютен, %	-	14
Содержание кальция, мг%	10	18
Содержание магния, мг%	35	16
Содержание железа, мг%	0,4	1,2
Содержание калия, мг%	76	122
Содержание фосфора, мг%	96	86
Содержание витамина Е, мг%	0,1	1,1
Содержание витамина РР, мг%	2,6	1,2
Содержание витамина В ₁ , мг%	0,1	0,17
Содержание витамина В ₃ , мг%	2,6	0,04
Энергетическая ценность, ккал/кДж	366/1531	334/ 1397,46

Результаты исследований, представленных в табл. 1, показали, что пшеничная мука содержит глютен, а рисовая – нет, именно поэтому белка в рисовой муке почти в 2 раза меньше. Рисовая мука превосходит пшеничную более чем в 2 раза по содержанию магния и витамина РР.

Для решения поставленной задачи оптимизировали классическую рецептуру сырников из творога, заменив часть муки на рисовую.

В условиях лаборатории были приготовлены модельные образцы изделий, в состав которых была добавлена рисовая мука в количестве от 10 до 30% от массы основного сырья (образец 1 – контроль, образец 2 – изделия с добавлением 10% рисовой муки, образец 3-20 %, образец 4 – 30 %). Разработанные рецептуры сырников представлены в табл. 2.

Таблица 2. Рецептуры сырников с использованием рисовой муки

Сырье	Образец							
	образец 1 (контроль)		образец 2 (10%)		образец 3 (20%)		образец 4 (30%)	
	брутто, г	нетто, г	брутто, г	нетто, г	брутто, г	нетто, г	брутто, г	нетто, г
Творог	136	135	136	135	136	135	136	135
Мука пшеничная	20	20	18	18	16	16	14	14
Мука рисовая	-	-	2	2	4	4	6	6
Яйца	1/8 шт.	5	1/8 шт.	5	1/8 шт.	5	1/8 шт.	5
Сахар	15	15	15	15	15	15	15	15

Масса полуфабриката	-	170	-	170	-	170	-	170
Маргарин столовый	5	5	5	5	5	5	5	5
Масса готовых сырников	-	150	-	150	-	150	-	150

Ингредиенты для приготовления сырников представлены на рисунке ниже: творог, яйца, мука, масло, сахар (рис. 1). Формирование сырников происходило вручную на поверхности, посыпанной мукой (рис. 2).



Рисунок 1. Ингредиенты для приготовления сырников



Рисунок 2. Формирование сырников

Обжаривание изделий производилось на плитах на небольшом огне (рис. 3).



Рисунок 3. Процесс жарки сырников



Рисунок 4. Готовые сырники

Готовые изделия были выложены на разные тарелки для демонстрации отличий (рис. 4).

Результаты дегустационной оценки качества исследуемых образцов по 10-балльной шкале представлены на рис. 5.

В результате оценки органолептических показателей качества изделий было установлено, что добавление рисовой муки в смесь в соотношении от 10 до 30 % от массы основного сырья не оказывало существенного влияния на внешний вид, вкус и запах изделий. При этом

было выявлено, что при добавлении рисовой муки консистенция сырников из творога изменялась. Наиболее нежной и воздушной консистенции были получены изделия, содержащие 30 % рисовой муки.

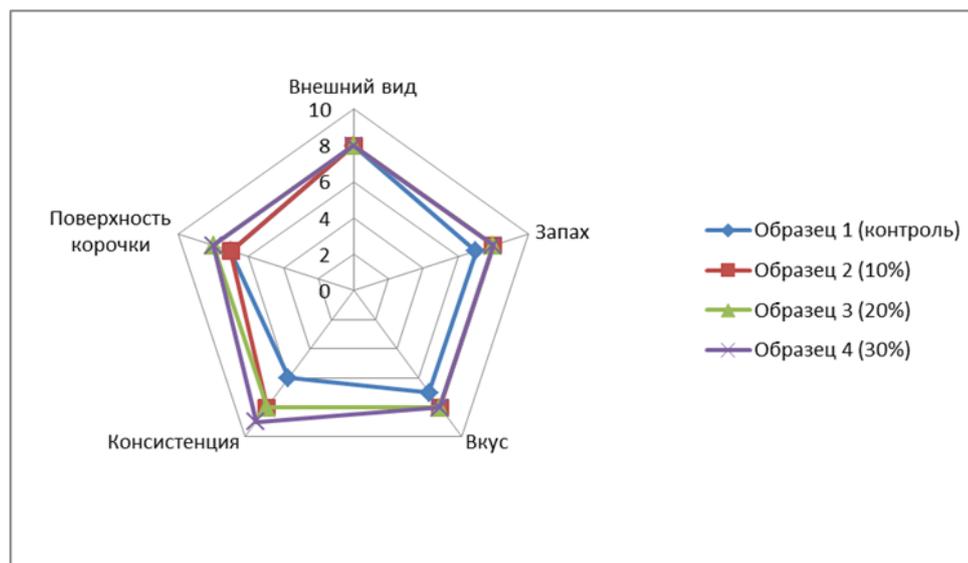


Рисунок 5. Органолептическая оценка сырников

Дегустационная оценка качества сырников показала, что образец 4 исследуемых изделий получил более высокую оценку (с добавлением 30% рисовой муки) – 8,2 балла, по сравнению с контрольным образцом 1 (без добавления рисовой муки), получившим оценку 7 баллов соответственно. Причем самые высокие баллы были поставлены дегустаторами образцу 4 за консистенцию и, следовательно, вкус. Сырники образца 4 более нежные потому, что рисовая мука задерживает большее количество влаги.

Процент потери влажности в стандартной рецептуре сырников с творогом:

$$W = \frac{m_{\text{до нагр.}} - m_{\text{после нагр.}}}{m_{\text{до нагр.}}} \cdot 100\% = \frac{100 - 62,37}{100} \cdot 100\% = 37,63\% .$$

Процент потери влажности в образце 4:

$$W = \frac{m_{\text{до нагр.}} - m_{\text{после нагр.}}}{m_{\text{до нагр.}}} \cdot 100\% = \frac{100 - 66,71}{100} \cdot 100\% = 33,29\% .$$

Калорийность классических сырников составляет 988,3 (табл. 3).

Таблица 3. Энергетическая ценность стандартной рецептуры сырников с творогом на 100 г. продукта

Название продукта	Белки	Жиры	Углеводы	ЭЦг	ЭЦф
Творог	16,7	9	1,3	153	137,6
Мука пшеничная	10,3	0,9	74,2	346,1	326,2
Яйца	12,7	11,5	0,7	157,1	142,9
Сахар	-	-	99,8	399,2	381,6
Итого				1055,4	988,3

Калорийность сырников с 30% рисовой муки составляет 1317,55 (табл. 4).

Таблица 4. Энергетическая ценность образца №4 сырников с рисовой мукой (30%) на 100 г. продукта

Название продукта	Белки	Жиры	Углеводы	ЭЦт	ЭЦф
Творог	16,7	9	1,3	153	137,6
Мука пшеничная	10,3	0,9	74,2	346,1	326,2
Мука рисовая	6	1,4	77,7	347,4	329,25
Яйца	12,7	11,5	0,7	157,1	142,9
Сахар	-	-	99,8	399,2	381,6
Итого				1402,8	1317,55

Калорийность сырников с рисовой мукой оказалась выше, чем традиционных. Что говорит о более быстром насыщении именно этим образцом изделия.

Выводы

1. Достижение цели и выполнение соответствующих задач позволят расширить ассортимент диетических и безглютеновых выпеченных изделий и при этом удовлетворить потребности тех потребителей, которые ищут альтернативы продуктам с пшеничной мукой.

2. В ходе проведенного исследования была разработана и оптимизирована рецептура традиционных сырников с добавлением рисовой муки. Эксперименты показали, что введение рисовой муки в состав позволяет не только разнообразить вкусовые оттенки изделий, но и улучшить их питательную ценность, предоставляя более здоровую альтернативу классическим рецептам. Так исследование показало, что пшеничная мука имеет 14% глютена в своем составе, а рисовая не имеет вообще. Также энергетическая ценность продукта возросла за счет добавления муки из риса: из 988,3 в 1317,55 ккал.

3. Были определены оптимальные пропорции творога и рисовой муки, которые способствуют достижению желаемой текстуры и вкуса, при этом обеспечивая благоприятное сочетание пищевых волокон и белка. Органолептический анализ конечного продукта подтвердил его высокие вкусовые качества, удовлетворяющие требованиям целевой аудитории потребителей. Именно поэтому образец с большим процентным содержанием рисовой муки (30%) получил самое большое количество баллов на дегустации (8,2 балла).

4. Кроме того, в ходе экспериментов было установлено, что использование рисовой муки делает сырники более доступными для людей, страдающих от непереносимости глютена, что открывает новые маркетинговые возможности для производителей диетических и безглютеновых продуктов.

5. В итоге разработанная рецептура сырников с добавлением рисовой муки предоставляет новую вкусную и здоровую опцию для расширения ассортимента продукции на пищевом рынке, соответствует современным требованиям диетологии и предпочтениям потребителей.

Список источников

1. Бородина М.В., Болдина А.А., Сокол Н.В. Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе рисовой муки // Молодой ученый. 2016. № 1 (105). С. 128-131.

2. Возможность использования рисовой муки при технологии маффин / М. К. Касьмова, А. Ж. Айтбаева, Г. Э. Орымбетова, Л. А. Мамаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-7. С. 1282-1286.

3. Греллерт Ф. Энциклопедия правильного и здорового питания. Москва: Зебра Е, 2006. 654 с.

4. Диетология: Руководство. Под ред. А.Ю.Барановского. 2-е изд. Санкт-Петербург: Питер, 2006. 960 с.

5. Качество продуктов – ваше здоровье: простые способы проверки. Минск: Беларуская Энциклопедия, 2001. 192 с.

6. Крус Г.Н., Храмов А.Г. Технология молока и молочных продуктов. Москва: Колос, 2008. 455 с.
7. Лукьянов Н. Рациональное питание – лучше всех диет. Ростов на Дону: Феникс, 2006. 218 с.
8. Могильный М.П., Шленская Т.В., Кутина О.И. Разработка комбинированных продуктов здорового питания с использованием растительных компонентов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 5-6(347-348). С. 39-42.
9. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: учебник / О.А. Неверова, А.Ю. Просеков, Г.А. Гореликова, В.М. Позняковский // Москва: ИНФРА-М, 2014. 318 с.
10. Позняковский В.М. Безопасность продовольственных товаров (с основами нутрициологии): учебник // Москва: ИНФРА-М, 2014. 271 с.

References

1. Borodina M.V., Boldina A.A., Sokol N.V. Development of the formulation and technology of gluten-free biscuits based on rice flour. Young scientist, 2016, No. 1 (105), pp. 128-131.
2. The possibility of using rice flour with muffin technology / M. K. Kasymova, A. Zh. Aitbayeva, G. E. Orymbetova, L. A. Mamaeva. International Journal of Applied and Fundamental Research, 2016, No. 12-7, pp. 1282-1286.
3. Grellert F. Encyclopedia of proper and healthy nutrition. Moscow: Zebra E, 2006. 654 p.
4. Dietetics: A Guide. Edited by A.Y. Baranovsky. 2nd ed. St. Petersburg: Peter, 2006. 960 p.
5. The quality of products is your health: simple ways to check. Minsk: Belarusian Encyclopedia, 2001. 192 p.
6. Krus G.N., Khramtsov A.G. Technology of milk and dairy products. Moscow: Kolos, 2008. 455 p.
7. Lukyanov N. Rational nutrition is the best of all diets. Rostov on Don: Phoenix, 2006. 218 p.
8. Mogilny M.P., Shlenskaya T.V., Kutina O.I. Development of combined healthy food products using plant components. News of higher educational institutions. Food technology, 2015, no. 5-6(347-348), pp. 39-42.
9. Food biotechnology of products from raw materials of plant origin: textbook. O.A. Neverova, A.Yu. Prosekov, G.A. Gorelikova, V.M. Poznyakovsky. Moscow: INFRA-M, 2014, 318 p.
10. Poznyakovsky V.M. Food safety (with the basics of nutritionology): textbook. Moscow: INFRA-M, 2014. 271 p.

Информация об авторах

- А.Е. Куприенко** – студент;
К.К. Депутатова – студент;
О.Н. Пчелинцева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства»;
З.А. Бочкарева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства».

Information about the authors

- A.E. Kuprienko** – Student;
K.K. Deputatova – Student;
O.N. Pchelintseva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the «Food Production»;
Z.A. Bochkareva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the «Food Production».

Научная статья

УДК 637.525

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-45-54

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЫРОКОПЧЕНОГО ПРОДУКТА КОМБИНИРОВАННОГО СОЗРЕВАНИЯ

Мокрецов Иван Валериевич^{1✉}, Левина Татьяна Юрьевна²,
Андреева Светлана Владимировна³, Курако Ульяна Михайловна⁴

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

¹mokretsov@mail.ru✉

²lyucheva.tatyana@mail.ru

³davidovasv-2008@yandex.ru

⁴kum13@rambler.ru

Аннотация. Консервирование мяса с помощью ферментации и сушки известно с давних времен. Благодаря особой технологии приготовления, ферментированные (сырокопченые и сыровяленые) мясные продукты содержат максимум полезных веществ – белков, витаминов, микроэлементов и аминокислот. При этом храниться такие продукты могут несколько месяцев. Это возможно за счет сильного обезвоживания продуктов в процессе производства. В статье дан краткий обзор истории производства ферментированных мясных продуктов. Систематизирована информация об особенностях технологии комбинированного созревания, которая совмещает в себе элементы сухой и влажной выдержки мяса. Технология стала возможной при появлении новых высокотехнологичных материалов (пакетов для созревания мяса), что позволяет производить ферментированные мясные продукты без соблюдения жестких требований к термовлажностным условиям. Проведены модельные эксперименты для оценки эффективности использования пакетов для созревания мяса в технологии целномышечных мясных изделий. Представлены результаты исследования технологии производства ферментированных мясных продуктов с использованием комбинированного созревания. На основе исследований и анализа физико-химических показателей (активность воды, активная кислотность, массовая доля влаги, потери массы) разработана технология производства сырокопченого продукта из мяса индейки комбинированного созревания, с учетом обеспечения показателей микробиологической безопасности.

Ключевые слова: сырокопченые мясные продукты; комбинированное созревание мяса; пакеты для созревания; физико-химические показатели

Для цитирования: Разработка технологии сырокопченого продукта комбинированного созревания / И.В. Мокрецов, Т.Ю. Левина, С.В. Андреева, У.М. Курако // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 45-54. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-45-54>.

Original article

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF A RAW SMOKED PRODUCT OF COMBINED MATURATION

Ivan V. Mokretsov^{1✉}, Tatjana Yu. Levina², Svetlana V. Andreeva³, Ulyana M. Kurako⁴

^{1,2,3,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering

named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹mokretsov@mail.ru✉

²lyucheva.tatyana@mail.ru

³davidovasv-2008@yandex.ru

⁴kum13@rambler.ru

Abstract. The preservation of meat by fermentation and drying has been known for a long time. Thanks to the special cooking technology, fermented (smoked and cured) meat products contain a maximum

of useful substances – proteins, vitamins, trace elements and amino acids. At the same time, such products can be stored for several months. This is possible due to the severe dehydration of the products during the production process. The article provides a brief overview of the history of the production of fermented meat products. Information about the features of the combined maturation technology, which combines elements of dry and wet aging of meat, is systematized. The technology became possible with the advent of new high-tech materials (packages for maturing meat), which makes it possible to produce fermented meat products without meeting strict requirements for thermal and humidity conditions. Model experiments were conducted to evaluate the effectiveness of using packages for maturing meat in the technology of whole-muscle meat products. The results of a study of the technology of production of fermented meat products using combined maturation are presented. Based on research and analysis of physico-chemical parameters (water activity, active acidity, mass fraction of moisture, weight loss), a technology for the production of a raw smoked product from turkey meat of combined maturation has been developed, taking into account the provision of microbiological safety indicators.

Keywords: *dry-cured meat products; combined meat maturation; maturation packages; physicochemical indicators*

For citation: *Development of the technology of a raw smoked product of combined maturation. I.V. Mokretsov, T.Yu. Levina, S.V. Andreeva, U.M. Kurako. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 45-54. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-45-54>.*

Введение

Сохранение пищи с помощью ферментации и сушки является одним из древнейших методов сохранения продуктов. Консервирование мяса такими методами берет свое начало в Средиземноморье и было хорошо известно в Римской империи. Развитию и совершенствованию технологий изготовления традиционных сыровяленых и сырокопченых изделий способствовали особый климат и специфика микрофлоры того или иного региона. И по сей день нам известны многочисленные средиземноморские продукты (хамон, прошутто и др.), которые невозможно с точностью повторить, несмотря на наличие современных стартовых культур и камер созревания. [1,9].

Отечественные мясоперерабатывающие предприятия вырабатывают огромное количество сырокопченой продукции. Производители предлагают разнообразный ассортимент мясных деликатесов и колбасных изделий. Сырокопченые изделия из мяса и мяса птицы являются натуральными продуктами, которые благодаря особой технологии приготовления, содержат максимум полезных веществ – белков, витаминов, микроэлементов и аминокислот. Такие продукты подвергаются минимальным деструктивным изменениям в процессе производства, т.к. исключают высокотемпературную обработку и, как следствие, тепловую денатурацию белков. [3].

Анализ ассортимента сырокопченых цельномышечных мясных изделий свидетельствует о том, что варьирование параметров технологической обработки позволяет получать из одного и того же вида сырья широкий спектр продуктов с различными потребительскими свойствами, выходом готовой продукции, сроком хранения.

Данный ассортимент может быть в значительной степени расширен за счет использования современных высокотехнологичных вспомогательных материалов, эффективных физико-химических и биотехнологических методов модификации функционально-технологических свойств и органолептических характеристик мясного сырья [7,8].

Процессы превращения одних соединений в другие при участии ферментных систем живых организмов, которые в пищевой биотехнологии используются на многих этапах производства пищевых продуктов, получили название биоконверсионных [2,3].

Целью настоящей работы являлась разработка технологии сырокопченого мясного продукта из мяса индейки по технологии комбинированного созревания, которая совмещает в себе элементы сухой и влажной выдержки мяса [4,10]. Технология стала возможной при появлении новых высокотехнологичных материалов (пакетов для созревания мяса), что позволяет производить ферментированные мясные продукты без соблюдения жестких требований к термовлажностным условиям. Оценка эффективности технологии проводилась на основе оценки физико-химических показателей (активность воды, активная кислотность, мас-

совая доля влаги), с учетом обеспечения микробиологической безопасности готовых продуктов и экономической эффективности [6,10].

Материалы и методы исследований

Основные исследования выполнены в 2023-2024 гг. на базе лаборатории «Пищевых биотехнологий» кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства».

Проведена выработка двух модельных образцов – опытного и контрольного (табл. 1).

В качестве основного сырья было выбрано филе грудки индейки. В качестве вспомогательного сырья использовали следующие пряности и материалы: соль пищевая, нитритно-посолочная смесь (массовая доля нитрита натрия 0,6%), глюкоза (декстроза), лактулоза, СО₂-экстракт перца черного, СО₂-экстракт мускатного ореха, СО₂-экстракт чеснока, антиокислитель эриторбат натрия, стартовые культуры (бактериальный препарат, содержащий в составе комплекс молочнокислых бактерий - *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* и стафилококков, формирующих вкусо-ароматический профиль продукта и обладающие защитными свойствами - *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus*) [5].

Для производства опытного образца применялись пакеты для упаковки под вакуумом и созревания мяса. Проницаемые пакеты для комбинированной выдержки изготовлены из полимерной пленки с микропорами. Размер пакетов - 20×30 см. В данном пакете можно проводить вяление продукта в обычной холодильной камере. Процесс производства не требует использования климатического оборудования для точного контроля влажности и температуры. При этом использование пакетов позволяет исключить риск микробиологической порчи продукта, а также образование «закала». Кроме этого пакеты для созревания мяса проницаемы для дымовых газов.

Таблица 1. Рецептуры модельных образцов

Наименование сырья и материалов, на 100 кг	Норма закладки	
	Опытный образец	Контрольный образец
Основное сырье, кг		
Индейка (филе грудки)	100,0	100,0
Пряности и материалы, г		
Соль пищевая	1850,0	1850,0
Нитритно-посолочная смесь	1250,0	1250,0
Сахар белый	-	200,0
Глюкоза (декстроза)	100,0	-
Лактулоза	100,0	-
Эриторбат натрия	50,0	50,0
Перец черный	-	100,0
Мускатный орех	-	50,0
Чеснок сушеный молотый	50,0	50,0
СО ₂ -экстракт перца черного	100,0	-
СО ₂ -экстракт мускатного ореха	50,0	-
Стартовые культуры	30,0	30,0
Пакеты для созревания мяса, шт.	100	-

Для производства контрольного образца пакеты для созревания мяса не применялись. Кроме этого вместо СО₂-экстрактов пряностей используются аналогичные натуральные спе-

ции, а вместо сахаров (глюкоза и лактулоза) – сахар-песок (сахароза). Процесс созревания-сушки осуществляется при тех же условиях – в обычной холодильной камере.

Процесс производства включал следующие технологические операции: подготовка сырья (зачистка), сухой посол, упаковка в пакет для созревания мяса (для опытного образца), холодное копчение, созревание-сушка, нарезание на слайсере, порционная вакуумная упаковка. При посоле в подготовленное мясное сырье в сухом виде вносили посолочные ингредиенты и пряности (натирание), а также бактериальный препарат (стартовые культуры), предварительно разведенный в минимальном количестве теплой воды температурой 25-30°C.

Далее куски мяса упаковывали в обычный полиэтиленовый пакет под вакуум для интенсификации процесса посола. Посол осуществляли в два этапа: первый этап – при температуре +18...+20 °С – 1 сутки, второй этап – при температуре +2...+8 °С, 6 суток.

После посола опытный образец помещали в пакет для созревания и помещали в холодильную камеру. Контрольный образец также помещали в холодильную камеру, но без пакета. Температура в камере: (+2...+12°C). На 3-е сутки модельные образцы подвергали холодному копчению при температуре +20...+25°C в течение 5 часов.

Разработка технологии осуществлялась на основе исследования и оценки изменения комплекса физико-химических показателей в процессе созревания-сушки (активная кислотность – рН, массовая доля влаги, потери массы, выход продукта, активность воды – ав), а также органолептических показателей готовых изделий.

Процесс созревания-сушки проводили до достижения значений физико-химических показателей, обеспечивающих микробиологическую безопасность продуктов. Готовые продукты нарезали на слайсере и упаковывали в порционные вакуумные пакеты.

Методы исследований. Массовую долю влаги (w, %) определяли на анализаторе МХ-50 (AnD, Япония) по стандартной методике при 180°C; активность воды (ав): сырья и модельных образцов в течение 19 суток созревания-сушки – на анализаторе АВК-10 (Вавиловский университет, Россия); модельных образцов после 19 суток сушки-созревания – на гигроскопическом анализаторе HygroPalmAw (Rotronic, Швейцария), активную кислотность (рН) потенциометрическим методом с использованием микропроцессорного рН-метра HI 213 (Hanna Instruments, Германия); органолептическую оценку проводили по ГОСТ 9959-2015.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализируя полученные данные изменения массовой доли влаги в модельных образцах в процессе созревания-сушки (табл. 2, рис. 1), в том числе после стадии холодного копчения, можно сделать следующие выводы.

Таблица 2. Изменение массовой доли влаги в процессе созревания-сушки

Продолжительность созревания сушки	Массовая доля влаги (w), %	
	Контрольный	Опытный
0 сутки (после посола)	70,30±0,03	71,43±0,02
1 сутки	68,70±0,04	70,22±0,02
3 сутки (после копчения)	67,05±0,03	67,77±0,03
5 сутки	65,44±0,03	67,34±0,03
7 сутки	63,82±0,02	66,91±0,04
9 сутки	61,42±0,05	66,47±0,05
11 сутки	59,02±0,04	65,98±0,04
13 сутки	56,57±0,04	65,53±0,03
15 сутки	54,16±0,03	64,97±0,03
19 сутки	52,02±0,05	64,13±0,04
23 сутки	49,83±0,03	63,59±0,02
24 сутки	47,63±0,04	63,38±0,04
28 сутки	45,46±0,05	61,39±0,04
34 сутки	43,33±0,05	58,41±0,04

В течение первых 3 суток процесса созревания-сушки и в контрольном, и в опытном образцах массовая доля влаги снижается равномерно, и график имеет линейный характер.

В соответствии с технологической схемой производства, на 3 сутки образцы подвергаются холодному копчению в термокамере при температуре +20...+25 °С в течение 5 часов. Как видно из диаграммы, после процесса копчения динамика ежедневных потерь влаги замедляется. Линейность процесса нарушается. Такие результаты отмечаются и при анализе показателя потерь массы, который будет представлен ниже.

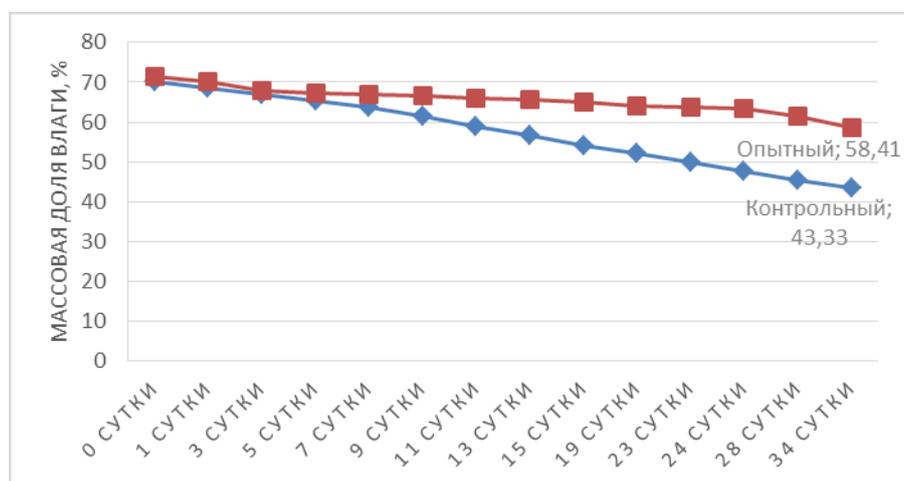


Рисунок 1. Диаграмма изменения массовой доли влаги

По нашему мнению, это связано с тем, что смолистые вещества, содержащиеся в дымовых газах, забивают микропоры пакета для созревания мяса. В результате, миграция влаги из мясного полуфабриката в атмосферу практически останавливается, что требует переупаковки мясного полуфабрикаты в новый пакет для созревания.



Рисунок 2. Диаграмма изменения рН в процессе созревания-сушки

В последующий промежуток времени (7-34 сутки) массовая доля влаги в опытном образце продолжает снижаться несколько медленнее, чем при отсутствии копчения, но равномерно. Общее замедление процесса связано с образованием после копчения небольшого «закала» на поверхности. При упаковке в новый пакет идет постепенное перераспределение влаги, и скорость ее миграции в атмосферу постепенно увеличивается.

В контрольном образце в указанный промежуток времени снижение массовой доли влаги протекает более интенсивно. Это обусловлено тем, что на поверхности контрольного образца формируется корочка подсыхания. Идет значительная пересушка именно верхнего

слоя, что влияет на общий показатель массовой доли влаги, вместе с этим миграции влаги из центра модельного образца к периферии затруднена. Это можно выявить, делая послойный анализ массовой доли влаги в образце.

Показатель рН в пищевой микробиологии является одним из основных факторов, подавляющих рост микрофлоры при его смещении в кислую сторону.

В сырокопченых продуктах снижение рН обусловлено образованием молочной кислоты, вследствие деятельности как присутствующих в мясе молочнокислых бактерий, так и вносимых в рецептуру в составе стартовых культур.

Анализируя изменение величины рН в модельных образцах (рис. 2), видим, что в контрольном образце в течение 9 суток созревания-сушки идет снижение величины рН в кислую сторону. С 10 суток показатель начинает расти, и такая динамика сохраняется до конца процесса. С 11 до 34 суток показатель увеличивается с 5,77 до 6,31.

В этот же период (10 сутки) на контрольном образце начинают отмечаться изменения внешнего вида, свидетельствующие о начале порчи (появление участков белого и желтого налета).

Можно сделать вывод, что на данном этапе подавляется доминирование в продукте молочнокислой микрофлоры. Показатель рН начинает расти, что создает условия к развитию в продукте негативной микрофлоры, вызывающей порчу продукта.

В опытном образце отмечается резкое снижение рН на 3 сутки, сразу после завершения процесса холодного копчения. Это обусловлено насыщением продукта дымовыми газами, в первую очередь его внешних слоев. В дальнейшем происходит постепенное перераспределение копильных веществ и их проникновение во внутренние слои за счет процесса диффузии. После 7 суток показатель рН начинает постепенно выравниваться и к концу процесса достигает значений, характерных для сырокопченых изделий традиционного созревания. Вместе с этим резкое снижение показателя рН на начальном этапе служит дополнительным барьером для развития негативной микрофлоры, в первую очередь в поверхностных слоях продукта в совокупности с антисептическим действием веществ, содержащихся в дыме.



Рисунок 3. Диаграмма изменения активности воды в процессе созревания-сушки

В пищевой технологии показатель активности воды показывает количество свободной (не связанной другими веществами) воды, которая может быть использована микроорганизмами для жизнедеятельности. Чем ниже значение ав, тем длительнее срок хранения мясoproдукта. Показатель активности воды позволяет прогнозировать хранимoспoсoбнoсть прoдукта.

Анализируя изменение показателя активности воды в контрольном и опытном образцах (рис. 3), видно, что в контрольном образце снижение показателя идет более интенсивно на

протяжении всего процесса. Главным образом это связано с интенсивным обезвоживанием внешних слоев.

Конечное значение показателя активности воды в контрольном образце ($a_w = 0,8710$) лежит в диапазоне, обеспечивающем микробиологическую стабильность продукта. Вместе с этим, в том числе из анализа литературных данных, известно, что при значительном «закале» на поверхности продукта внутренние слои имеют значительно более высокие значения и являются благоприятной средой для развития негативной микрофлоры. Такая тенденция в контрольном образце складывается уже вначале второй недели созревания-сушки, что наряду с возрастающими значениями рН приводит к порче продукта.

В опытном образце снижение показателя активности воды идет более равномерно. Как и в случае с анализом результатов изменения показателя массовой доли влаги, после 3 суток (по завершению процесса холодного копчения) идет замедление динамики снижения показателя активности воды. Такая динамика сохраняется до 15 суток. После этого, за счет перераспределения влаги в продукте и размягчения внешнего слоя, показатель активности воды снижается более интенсивно, особенно после 24 суток. На конечном этапе (34 сутки) показатель составил 0,8890, что близко к показателю, обеспечивающему микробиологическую стабильность продуктов по данному показателю $<0,88$ и достигается в течение 1-2 суток досушки.

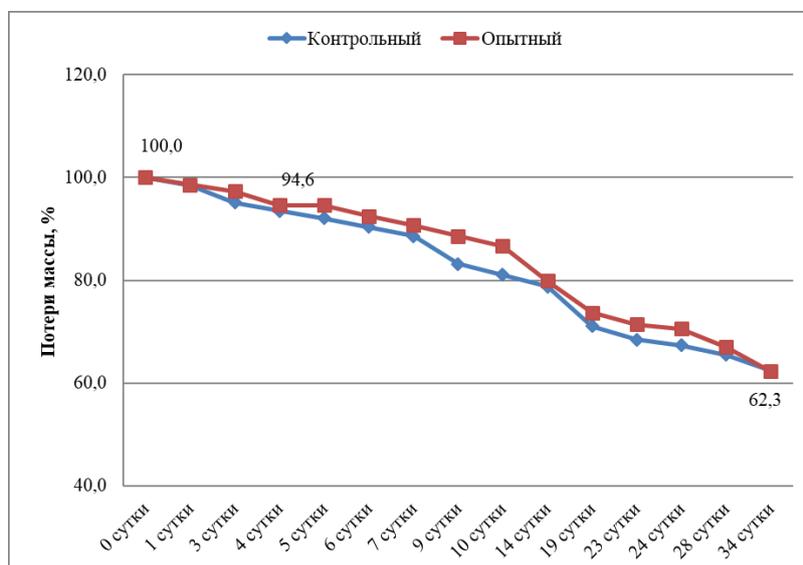


Рисунок 4. Диаграмма изменения массы образцов в процентах

Анализируя данные по результатам исследования потерь массы контрольного и опытного образцов в процессе созревания-сушки в процентном отношении (рис. 4), также можно сделать вывод, что потери массы в контрольном образце идут более интенсивно.

Расхождения в динамике начинают проявляться на 4-5 сутки после завершения процесса копчения опытного образца. Как уже было отмечено выше, при анализе изменения показателя массовой доли влаги после копчения, масса образцов в течение 2 суток не изменяется, что обусловлено забиванием микропор пакета для созревания. На 5 сутки нами было принято решение упаковать опытный образец в новый пакет для созревания, чтобы стабилизировать процесс сушки.

В целом, наибольшее расхождение в динамике обезвоживания контрольного и опытного образцов отмечается в период с 4 по 14 сутки созревания-сушки. В дальнейшем динамика потерь выравнивается, и на конечном этапе общие потери и усредненные потери в сутки имеют практически одинаковые значения (1,1 % в сутки).

Общие потери массы в контрольном образце составили 37,6 %, в опытном – 37,7 %. Выход продуктов соответственно составил: контрольного образца – 62,4 %, опытного образца – 62,3 %. Вместе с этим контрольный образец по органолептическим показателям нельзя отнести к полноценному продукту, так как поверхность покрыта плесенью, внешний слой продукта имеет очень плотную структуру, внутренние слои практически сырые.

Таблица 3. Результаты органолептического анализа

№ п/п	Наименование	Оценка продукта по 5-бальной шкале					
		Внешний вид	Цвет	Запах	Вкус	Консистенция	Ср. балл
1	Контрольный	1,7	1,8	2,4	1,0	2,4	1,86
2	Опытный	4,9	4,8	4,9	5,0	4,9	4,90

Анализируя полученные данные (табл. 3) видно, что опытный образец имеет высокие баллы по всем оценочным показателям.

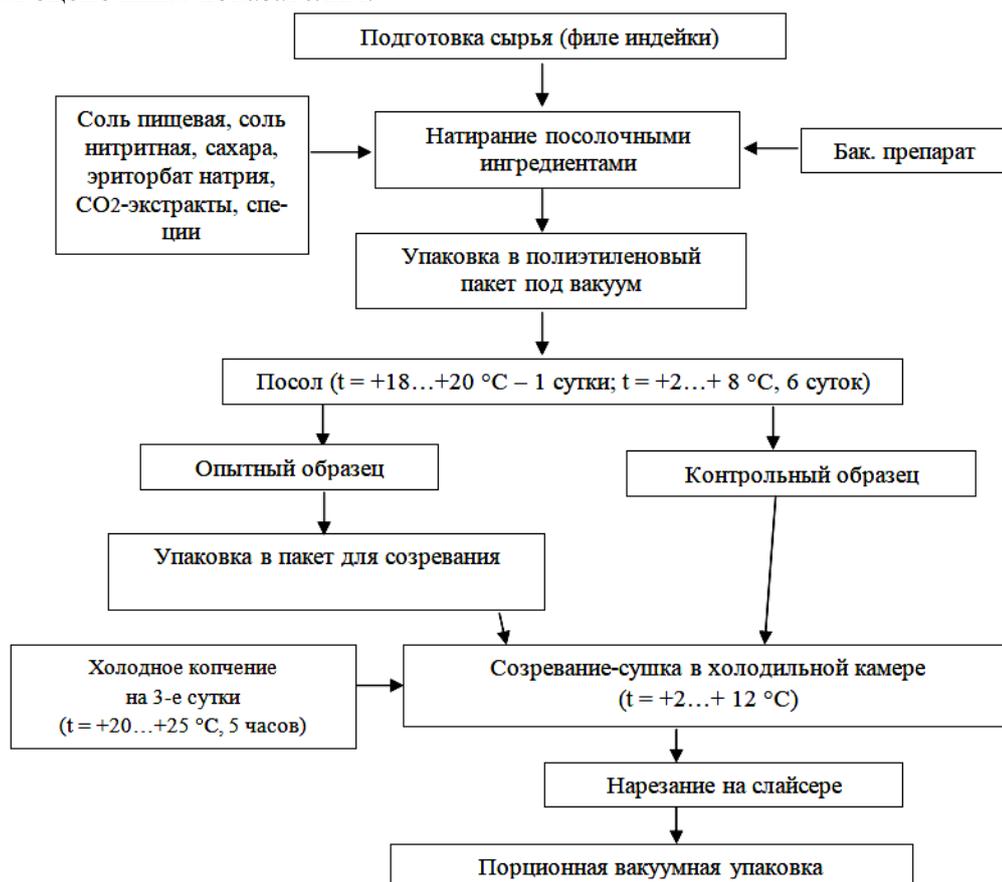


Рисунок 5. Технологическая схема производства модельных образцов

Применение для производства сырокопченых мясных продуктов пакетов для созревания мяса позволяет получить качественный деликатесный продукт с высокой добавленной стоимостью без обеспечения регулируемых термовлажностных условий в период созревания-сушки.

Контрольный образец по всем показателям получил низкие оценки. На конечном этапе мясное изделие имело вид испорченного продукта, покрытое налетом плесени белого и желтого цвета, и было отнесено к техническому браку.

Выводы

1. Выработка качественного сырокопченого мясного продукта в нерегулируемых условиях (отсутствие поддержания заданной температуры, влажности, скорости движения воздуха) невозможно и приводит к порче продукта.

2. Применение для производства сырокопченых мясных продуктов проницаемых пакетов для созревания мяса позволяет получить качественный деликатесный продукт с высокой добавленной стоимостью без обеспечения регулируемых термовлажностных условий.

3. Важной особенностью производства сырокопченого продукта в проницаемом пакете для созревания мяса, выявленной экспериментальным путем, является то, что по завершению процесса копчения в пакете происходит забивание микропор пакета смолистыми веществами дымовых газов. Это приводит практически к полному прекращению испарения влаги из продукта через пакет в атмосферу. Стабилизировать процесс можно упаковыванием продукта в новый проницаемый пакет либо осуществлять процесс копчения сразу после посола, а только после этого упаковывать мясо в проницаемый пакет и направлять на созревание-сушку, что экономически наиболее выгодно.

Список источников

1. Горяинова О.А., Пакселева А.А. Ферментация – способ улучшения показателей качества мяса // Инновационные идеи молодых – десятилетию науки и технологий: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 ноября 2023 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. С. 285-287.

2. Исакова Т.С., Мезенова О.Я. Биотехнология цельномышечных сырокопченых продуктов из мяса птицы // Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. С. 26-32.

3. Исакова Т.С., Сумина Е.Б. Изучение процессов биоконверсии при производстве сырокопченых изделий из мяса птицы // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 2. С. 62-72.

5. Сложенкина М.И., Кобыляцкий П.С. Использование бактериальных культур для ферментации мяса индейки // Инновационные подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем: Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 10 июня 2022 года. Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью «СФЕРА», 2022. С. 342-344.

6. Ревуцкая Н.М., Кузнецова Т.Г., Бочарова И.Г. Влияние способов созревания свинины на вкусоароматические свойства // Все о мясе. 2023. № 6. С. 44-46.

7. Сыровяленые и сырокопченые изделия из мяса / Е.В. Фатьянов, Ч.К. Авылов, Л.В. Данилова, А.В. Шачиков // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник статей Международной научно-практической конференции, Саратов, 12-13 марта 2020 года. Саратов: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 171-174.

8. Термовлажностные режимы при производстве и хранении сырокопченых колбас / А.В. Евтеев, Е.В. Фатьянов, Ч.К. Авылов, А.К. Алейников // Технологии и продукты здорового питания : Сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 17-18 декабря 2020 года. Под общей редакцией Н.В. Неповинных, О.М. Поповой, Е.В. Фатьянова. Саратов: Саратовский государственный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. С. 172-178.

9. Фатьянов Е.В. Копченые колбасы: немного истории // Мясные технологии. 2021. № 4(220). С. 48-53.

10. Хренов А.В., Гуринович Г.В. Исследование процесса сухого созревания высококачественной говядины // Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года. Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 1. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. С. 347-349.

References

1. Goryainova O.A., Pakseleva A.A. Fermentation – a way to improve meat quality indicators. Innovative ideas of the young – to the decade of science and technology: A collection of materials of the International scientific and practical conference, Penza, November 30, 2023. Penza: Penza State Agrarian University, 2023, pp. 285-287.

2. Isakova T.S., Mezenova O.Ya. Biotechnology of whole-muscle smoked products from poultry meat. Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2016, no. 2, pp. 26-32.

3. Isakova T.S., Sumina E.B. The study of bioconversion processes in the production of smoked poultry meat products. Bulletin of science and education of the North-West of Russia, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 62-72.

5. Slozhenkina M.I., Kobylatsky P.S. The use of bacterial cultures for fermentation of turkey meat. Innovative approaches to the development of sustainable agricultural and food systems: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Volga-grad, June 10, 2022. Volgograd: Limited Liability Company «SPHERE», 2022, pp. 342-344.

6. Revutskaya N.M., Kuznetsova T.G., Bocharova I.G. Influence of pork maturation methods on flavor properties. All about meat, 2023, no. 6, pp. 44-46.

7. Dried and smoked meat products. E.V. Fatyanov, Ch.K. Avylov, L.V. Danilova, A.V. Shchikov. Food technologies of the future: innovations in the production and processing of agricultural products: a collection of articles of the International scientific and practical conference, Saratov, March 12-13, 2020. Saratov: Penza State Agrarian University, 2020, pp. 171-174.

8. Thermal moisture regimes in the production and storage of smoked sausages. A.V. Evteev, E.V. Fatyanov, Ch.K. Avylov, A.K. Aleynikov. Technologies and products of healthy nutrition : Collection of articles of the XII National Scientific and practical conference with international participation, Saratov, December 17-18, 2020. Under the general editorship of N.V. Nevodinykh, O.M. Popova, E.V. Fatyanova. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2021, pp. 172-178.

9. Fatyanov E.V. Smoked sausages: a little history. Meat technologies, 2021, no. 4(220), pp. 48-53.

10. Khrenov A.V., Gurinovich G.V. Investigation of the process of dry maturation of high-quality beef // Food innovations and biotechnologies: Collection of abstracts of the X International Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists, Kemerovo, May 17, 2022. Under the general editorship of A.Y. Prosekov. Volume 1. Kemerovo: Kemerovo State University, 2022, pp. 347-349.

Информация об авторах

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

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

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

У.М. Курако – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства».

Information about the authors

I.V. Mokretsov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of Production and Processing of Livestock Products»;

T.Y. Levina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of Production and Processing of Livestock Products»;

S.V. Andreeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of Production and Processing of Livestock Products»;

U.M. Kurako – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of Production and Processing of Livestock Products».

Научная статья

УДК 664.681.1

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-55-65

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БИСКВИТА ШОКОЛАДНОГО

Пьяникова Эльвира Анатольевна¹, Ковалева Анна Евгеньевна²✉,

Евдокимова Оксана Валерьевна³, Павлова Анна Евгеньевна⁴

^{1,2,4}Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

³Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

¹alia1969@yandex.ru

²a.e.kovaleva@yandex.ru✉

³evdokimova_oxana@bk.ru

⁴aepavlovaae@gmail.com

Аннотация: Данная статья посвящена исследованию показателей качества новых видов бисквитов шоколадных. В разрабатываемых образцах, в отличие от контрольного образца (шоколадного бисквита «Прага» - образец №1), предлагается произвести замену традиционных ингредиентов на более полезные. Предложено три варианта рецептур, в которых: в образце №2 осуществлялась замена сахара на сахарозаменитель, яиц на масло растительное; в образце №3 – сахара на сахарозаменитель, яиц на масло растительное, части какао-порошка на кэроб; в образце №4 – сахара на сахарозаменитель, яиц на яблочные выжимки и масло растительное, части какао-порошка на кэроб, части муки пшеничной высшего сорта на муку кукурузную. Для оценки органолептических показателей качества шоколадного бисквита в соответствии с требованиями нормативной документации была разработана пятибалльная шкала и распределены коэффициенты весомости. По полученным результатам лучшим оказался образец №4, набравший экспертным методом 24,6 балла и методом по параметрам влияния 4,748. Он имел правильную форму, пористую структуру без пустот, коричневый цвет, приятный «мягкий» шоколадный вкус, который придавал ему кэроб. Наличие в рецептуре яблочных выжимок придало бисквиту приятный яблочный вкус и аромат, который усилился благодаря его настаиванию в масле растительном. Также готовое изделие имело более рыхлую структуру. Исследование разработанных образцов бисквита шоколадного по физико-химическим показателям показало, что полученные данные находятся в пределах, допустимых действующими нормативными документами.

Ключевые слова: шоколадный бисквит, кэроб, яблочные выжимки, кукурузная мука, сахарозаменитель, оценка качества, органолептические и физико-химические показатели

Для цитирования: Оценка качества бисквита шоколадного / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.В. Евдокимова, А.Е. Павлова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 55-65. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-55-65>.

Original article

EVALUATION OF THE QUALITY OF A CHOCOLATE SPONGE CAKE

Elvira A. Pyanikova¹, Anna E. Kovaleva²✉, Oksana V. Evdokimova³, Anna E. Pavlova⁴

^{1,2,4}Kursk Southwestern State University, Kursk, Russia

⁴Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina, Orel, Russia

¹alia1969@yandex.ru

²a.e.kovaleva@yandex.ru✉

³evdokimova_oxana@bk.ru

⁴aepavlovaae@gmail.com

Abstract. This article is devoted to the study of quality indicators of new types of chocolate biscuits. In the developed samples, unlike the control sample (chocolate biscuit "Prague" - sample No. 1), it is proposed to replace traditional ingredients with more useful ones. Three variants of formulations have been proposed, in which: in sample No. 2, sugar was replaced with a sweetener, eggs with vegetable oil; in sample No. 3 –

sugar for sweetener, eggs for vegetable oil, parts of cocoa powder for carob; in sample No. 4 - sugar for sweetener, eggs for apple pomace and vegetable oil, parts of kakao powder for carob, parts of premium wheat flour for corn flour. To assess the organoleptic quality indicators of a chocolate biscuit, in accordance with the requirements of the regulatory documentation, a five-point scale was developed and weighting coefficients were distributed. According to the results obtained, the best was sample No. 4, which scored 24.6 points by the expert method and 4.748 by the method of influence parameters. It had a regular shape, a porous structure without voids, a brown color, and a pleasant "soft" chocolate flavor that carob gave it. The presence of apple pomace in the recipe gave the biscuit a pleasant apple flavor and aroma, which was enhanced by its infusion in vegetable oil. Also, the finished product had a looser structure. The study of the developed samples of chocolate sponge cake by physico-chemical parameters showed that the data obtained are within the limits allowed by the current regulatory documents.

Keywords: chocolate sponge cake, carob, apple pomace, corn flour, sweetener, quality assessment, organoleptic and physico-chemical parameters

For citation: Evaluation of the quality of a chocolate sponge cake. E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, O.V. Evdokimova, A.E. Pavlova. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 55-65. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-55-65>.

Введение

Бисквит относится к одному из популярных видов мучных кондитерских изделий из-за его высокой питательной ценности, готового к употреблению характера и легкой доступности в различных формах и размерах. Основные виды мучных кондитерских изделий содержат в своем составе сахар (в основном сахарозу) и жиры. Поэтому часто потребителями, заботящимися о своем здоровье, избегаются. Пищевая ценность мучных кондитерских изделий может быть повышена путем улучшения или модификации основных ингредиентов, а именно муки, сахара и жира [5].

На потребительские свойства мучных кондитерских изделий сильно влияет качество и соотношение рецептурных ингредиентов, таких как: пшеничная мука, сахар, жир, яйцо и разрыхлители [4].

Высокое потребление мучных изделий на основе пшеничной муки высших сортов привело к дефициту ряда минералов, которые необходимы для питания человека и участвуют в различных метаболических процессах в организме. Данный недостаток можно устранить, если внести в рецептуру фитохимические вещества, антиоксиданты, витамины, минералы и устойчивые крахмалы, продукты переработки плодов и овощей. Это способствует увеличению количества ряда необходимых питательных веществ в конечном продукте и позволяет разрабатывать пищевые продукты с улучшенной питательной ценностью [8].

Сделать это можно заменой части пшеничной муки кукурузной, сахара - на комплексный объемный сахарозаменитель, части какао-порошка - на низкокалорийный кэроб, яиц - на растительное масло и яблочное сырье (выжимка).

Кукурузная мука содержит в своем составе до 10 % белка, около 5 % жира, углеводный комплекс состоит из 70,6 % крахмала, 1,3 % моно- и дисахаридов и 4,4 % пищевых волокон [1]. Кроме того, она является источником полезных нутриентов: кальция (2,8 мг), магния (37,2 мг), калия (126,0 мг), железа (0,952 мг) и витаминов: А (4,4 мкг), В1 (0,098 мг), В4 (8,64 мг), В9 (10,0 мкг), РР (0,76 мг) [2]. Содержащееся в ней железо является незаменимым для процесса создания крови и для людей, больных анемией.

Кукурузная мука придает готовому изделию равномерную пористость, без пустот, мякиш нелипкий и ружинящий.

В качестве замены в рецептуре шоколадного бисквита предлагается ввести яблочное сырье и масло растительное. Так как яблоко является важной плодовой культурой, которая в основном потребляется в виде свежих фруктов. Однако небольшая часть яблок перерабатывается в приготовленные ломтики, соки и желе [9]. При этом остается 50-60% вторичного сырьевого ресурса - яблочных выжимок.

Яблочные выжимки содержат в своем составе 40% пищевых волокон, в основном представленных нерастворимой клетчаткой (более 25%) [6], пектин и фенольные соединения (гидроксикоричные кислоты, антоцианы, флавонолы и дигидрохальконы) [10].

После отжима сока в выжимках остается почти половина общего количества важнейших минеральных элементов (кальций (24,2 мг), калий (49,1 мг), фосфор (21,2 мг) и магний (23,7 мг), железо (от 2,2 до 6,8 мг)), пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ [3, 7].

Целью настоящего исследования являлась оценка качества разработанных образцов шоколадных бисквитов с заменой классических ингредиентов на альтернативные.

Материалы и методы исследований

Для каждого вида мучных кондитерских изделий существуют утвержденные рецептуры, в которых представлены единые требования к сырью и готовой продукции, расход сырья при приготовлении кондитерских и булочных изделий на предприятиях питания. Эти рецептуры приводятся в специальных сборниках. В качестве контрольного образца выбрана классическая рецептура и технология приготовления шоколадного бисквита «Прага» из сборника рецептур на продукцию кондитерского питания. Сборник технических нормативов под редакцией М.П. Могильного.

Классический шоколадный бисквит «Прага» вырабатывается из пшеничной муки высшего сорта. «Прага» представляет изделие круглой формы, с гладкой тонкой верхней корочкой золотисто-коричневого цвета, мякиш пористый, эластичный, коричневого цвета.

Для разрабатываемого шоколадного бисквита используется следующее сырье: смесь муки пшеничной высшего сорта с мукой кукурузной, сахарозаменитель «Prebiosweet», яблочные выжимки свежемороженые, смесь какао – порошка с кэробом, ванилин, разрыхлитель, растительное масло, вода питьевая с «Указаниями к рецептурам на кондитерские изделия по взаимозаменяемости сырья».

Шоколадный бисквит относится к мучным кондитерским изделиям, соответственно по органолептическим показателям вырабатываемые образцы должны соответствовать требованиям, указанным в нормативных документах на данный вид продукции. В качестве нормативных документов используются ГОСТ 14621-78 «Рулеты бисквитные. Технические условия», ОСТ 10-060-95 «Торты и пирожные. Технические условия», ТТК7665 «Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы и рулеты для технологов пищевой промышленности». На основании сведений, изученных в нормативных документах, была разработана балльная шкала по органолептическим показателям, представленная в табл. 1.

Таблица 1. Шкала балльной оценки для шоколадного бисквита

Наименование показателей	Шкалы оценок			
	Отлично «5»	Хорошо «4»	Удовлетворительно «3»	Неудовлетворительно «2»
Внешний вид	Изделие правильной формы, без изломов и вмятин. Толщина 30-40 мм. Допускаются на верхней поверхности шероховатости и характерные небольшие трещины.	Изделие правильной формы, с небольшими вмятинами, с шероховатой поверхностью, небольшими трещинами	Изделие с поврежденным краем, форма не много нарушена, присутствуют вмятины и крупные трещины	Форма изделия нарушена, не соответствует по толщине менее 30 мм, имеются большие вмятины, трещины и изломы
Консистенция	В меру мягкая, держит форму, влажная и пружинящая, без следов непромеса, не допускаются подгорелые штучные и весовые изделия.	В меру мягкая, держит форму, влажная, но не плотная, пористая, без следов непромеса, без посторонних	Плотная влажная или сухая крошливая, не пружинящая, без подгорелых краев. Без следов непромеса, без	Сильно влажная, плотная или сухая сильно крошливая, с подгорелыми краями, со следами непромеса, с посторон-

	Наличие посторонних включений не допускается	включений	посторонних включений	ними включениями
Вкус	Сладкий, не приторный. С характерным привкусом какао-порошка, шоколадный, свойственный входящим компонентам, без посторонних привкусов. Наличие хруста не допускается	Сладкий. С привкусом какао-порошка, свойственный входящим компонентам, без посторонних неприятных привкусов	Сладкий приторный. С выраженным привкусом какао-продуктов. С преобладанием одного из компонентов	Имеется посторонний неприятный привкус. Наличие хруста
Цвет	Мякиш коричневый, корочка от коричневой до темно-коричневой	Коричневый, от светлого до темного	Неравномерный, от светлого до темного коричневого	Слишком светлый или слишком темный коричневый, неравномерный
Запах	Характерный для изделий с какао-порошком, без посторонних запахов, свойственный данному наименованию	Приятный, характерный для изделий с какао-порошком, с оттенками шоколада	Без посторонних запахов, свойственный данному наименованию, со слабо выраженным запахом	Имеется посторонний неприятный запах

Для определения числовых параметров по органолептическим показателям использовалась методика оценки по параметрам влияния, которая включает следующие этапы:

– выбирается 5-балльная шкала. Чем выше балл, тем выше значение (например, 2 – мало, плохо, неудовлетворительно, 3 – средне, удовлетворительно, 4 – много, хорошо, 5 – отлично);

– определяются параметры влияния. Параметры выбирают из показателей на данный вид продукции из нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, ТУ, ТТК);

– методом экспертной оценки определяется вес каждого параметра в общей сумме параметров. Для начала вес определяется в процентах, а затем проценты переводятся в доли. Общая сумма долей обязательно должна быть равна 1;

– заполняется дегустационная карта и каждому образцу присваивается определенный балл, отражающий влияние параметра на качество готового продукта;

– вес параметра умножается на балльную оценку параметра. Результатом работы является итоговый рейтинг каждого образца.

Физико-химические показатели качества продукции характеризуют качество как вводимого в рецептуру бисквитов сырья, так и проведения операций технологического процесса, поэтому их определение является неотъемлемой частью экспертизы качества готовой продукции.

Физико-химическими показателями качества для бисквитов в соответствии с ГОСТ 14621-78 являются влажность, массовая доля общего сахара, массовая доля жира, толщина пласта, массовая доля золы. Также для анализа физико-химических показателей качества были взяты из ТУ 9130-001-37676459-2017 «Пирожные, кексы, рулеты. Технические условия» показатели плотности бисквита и щелочности, так как изделия приготовлены на химических разрыхлителях. Физико-химические показатели бисквитов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели бисквитов

Наименование показателя	Метод анализа	Норма по ГОСТ 14621-78	Норма по ТУ9130-001-37676459-2017
Влажность, %	ГОСТ 5900-2014	В соответствии с рецептурами в соответствии с допускаемыми отклонениями	10-45
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %	ГОСТ 5903-89	В соответствии с расчетным содержанием по рецептурам с допускаемыми отклонениями -2,5 +3	20-65
Массовая доля жира, в пересчете на сухое вещество, %	ГОСТ 31302-2012	В соответствии с расчетным содержанием по рецептурам с допускаемыми отклонениями -2,5 +3	5-75
Толщина пласта выпекаемого полуфабриката, мм	ГОСТ 5897-90	6,0-9,0	В соответствии с рецептурами от 3,0 и более
Щелочность в изделиях, приготовленных на химических разрыхлителях, град., не более	ГОСТ 5898-2022	-	2,0
Массовая доля золы, нерастворимой в 10% соляной кислоте, % не более	ГОСТ 5901-2014	0,1	0,1
Плотность, г/см ³ для изделий массой не более 100г, не более	ГОСТ 15810-2014	-	0,55
Намокаемость, % не менее	ГОСТ 10114-80	-	100

Исследования органолептических и физико-химических показателей выполнены на базе научно-образовательного центра «Ресурсосберегающие производства продуктов питания при переработке сельскохозяйственного сырья» и кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» по показателям: внешний вид, консистенция, вкус, цвет запах, влажность – по ГОСТ 5900-2014, щелочность – по ГОСТ 5898-2022, плотность – по ГОСТ 15810-2014, пористость – по ГОСТ 5669-96, массовая доля золы, нерастворимой в 10% соляной кислоте – по ГОСТ 5901-2014.

Бисквиты шоколадные, как и любые продукты из бисквитного теста подвержены осеменению микроорганизмами и относятся к скоропортящимся продуктам. В зависимости от влажности изделий различные микроорганизмы могут развиваться в средах, имеющих влажность не ниже определенного уровня. Большое значение при этом имеет доступность воды в изделии для развития микроорганизмов.

Доступность воды носит название «активности воды». Она определяется отношением давления водяных паров над продуктом к давлению насыщенного пара над чистой водой и изменяется от 0 до 1. Активность воды и влажность коррелируются между собой приблизительно.

При высокой активности воды (0,98-0,86) развивается весь спектр микроорганизмов: бактерии, плесени и дрожжи. Активность воды 0,9-1,0 наблюдается при повышенной влажности изделий (> 40%). Таковую влажность имеют отдельные виды тортов и пирожных.

На начальном этапе исследований изучали массовую долю влаги в контрольном образце и разработанных бисквитах шоколадных. Этот показатель в значительной степени определяет их качество и как следствие, качество готовых мучных кондитерских изделий бисквита шоколадного. Исследования образцов проводили спустя 24 часа после выпечки. Технологический контроль осуществлялся в соответствии с инструкциями по технологическому контролю мучных кондитерских изделий.

Результаты исследований и их обсуждение

При отработке рецептуры было разработано три модельных образца бисквита шоколадного. Количественное соотношение ингредиентов подбиралось экспериментально, с учетом качественных показателей:

- образец №1 – классическая рецептура шоколадного бисквита «Прага»;
- образец №2 – с заменой сахара на сахарозаменитель, яиц на масло растительное;
- образец №3 – с заменой сахара на сахарозаменитель, яиц на масло растительное, части какао-порошка на кэроб;
- образец №4 – с заменой сахара на сахарозаменитель, яиц на яблочные выжимки и масло растительное, части какао-порошка на кэроб, части муки пшеничной высшего сорта на муку кукурузную.

В результате эксперимента при выпекании опытных партий образцов по органолептическим и физико-химическим показателям была установлена оптимальная рецептура бисквита шоколадного. В табл. 3 представлены рецептуры разработанных модельных образцов бисквитов шоколадных.

Таблица 3. Рецептуры шоколадных бисквитов

Наименование сырья	Количество сырья вносимого в рецептуру							
	Образец №1		Образец №2		Образец №3		Образец №4	
	г	%	г	%	г	%	г	%
Мука пшеничная высшего сорта	237,6	17,5	115	39,2	115	39,2	75	25,6
Масло сливочное	78,4	5,8	-	-	-	-	-	-
Сахар	309,8	22,8	-	-	-	-	-	-
Какао-порошок	48,0	3,5	17	5,8	10	3,4	10	3,4
Яйцо	686,6	50,4	-	-	-	-	-	-
Мука кукурузная	-	-	-	-	-	-	40	13,6
Масло растительное	-	-	35	12,0	35	12,0	10	3,4
Яблочные выжимки	-	-	-	-	-	-	20	6,8
Сахарозаменитель «Prebiosweet»	-	-	5	1,7	5	1,7	5	1,7
Разрыхлитель	-	-	4	1,4	4	1,4	4	1,4
Ванилин	-	-	2	0,7	2	0,7	2	0,7
Кэроб	-	-	-	-	7	2,4	7	2,4
Вода питьевая	-	-	115	39,2	115	39,2	115	41,0
Итого	1360,4	100	293	100	293	100	293	100

Внешний вид и вид в разрезе выпеченных образцов бисквитов шоколадных представлен на рис. 1.



Рисунок 1. Внешний вид и вид в разрезе выпеченных образцов бисквитов шоколадных

В табл. 4 представлен анализ качества вырабатываемых образцов бисквита по органолептическим показателям с использованием методики оценки по параметрам влияния.

Таблица 4. Оценка вырабатываемых образцов бисквитов по органолептическим показателям с использованием методики оценки по параметрам влияния

Наименование показателей	Вес критерия	Результаты							
		Образец №1 (контрольный образец)		Образец №2		Образец №3		Образец №4	
		Балл	Оценка	Балл	Оценка	Балл	Оценка	Балл	Оценка
Внешний вид	0,26	5,0	1,3	5,0	1,3	5,0	1,3	5,0	1,3
Консистенция	0,25	4,8	1,2	4,0	1,0	3,2	0,8	4,8	1,2
Вкус	0,29	4,8	1,248	4,8	1,248	4,8	1,248	4,8	1,248
Цвет	0,08	5,0	0,4	5,0	0,4	5,0	0,4	5,0	0,4
Запах	0,12	4,8	0,576	4,8	0,576	4,8	0,576	5,0	0,6
Итого	1,0	24,4	4,724	23,6	4,524	22,8	4,324	24,6	4,748

В соответствии с балльной шкалой оценки и по параметрам влияния наилучшими органолептическими показателями обладает образец №4, который набрал наибольшее количество баллов экспертным методом и методом по параметрам влияния (24,6 балла/4,748). Данный образец отличался, правильной формой, без изломов и вмятин. Толщина бисквита составляла 45 мм, что соответствует нормативным документам. При замесе теста с кукурузной мукой, так как она впитывает больше влаги, чем пшеничная, по показателю консистенция готовое изделие имело равномерную, пористую, структуру без пустот, бисквит мягкий, нелипкий, пружинящий. Какао-порошок и кэроб содержат минимальное количество влаги, поэтому не оказывали влияние на текстуру, но придавали бисквиту цвет и аромат. Цвет коричневый, но немного светлее, чем у других образцов, так как кукурузная мука придает выпечке более светлый цвет. При добавлении одновременно кэроба и какао, вкус у готовых бисквитов становился ярко выраженный шоколадный. Кэроб гораздо «мягче» какао-порошка на вкус, из-за присущего ему сладкого вкуса.

Яблочный жмых, сохраняет все полезные свойства яблок, таким образом, в яблочных выжимках сохраняется содержание большого количества необходимой для пищеварения клетчатки, и сохраняется яблочный вкус и аромат, который усиливается при настаивании в масле растительном, что придает готовой выпечке аромат, и бисквит становится более рыхлой структуры.

Образец №1 (контрольный образец) немного уступал по баллам образцу №4: он набрал 24,4 балла и 4,724 соответственно. Данный образец выпекался по рецептуре бисквита «Прага», где не было отмечено экспертами шоколадного ярко выраженного вкуса и запаха, также в консистенции были отмечены пустоты.

Образец №2 отличался от предыдущих образцов №1 и №4 повышенной влажностью, большими пустотами и трещинами на поверхности.

Образцом с худшими показателями оказался образец №3 из-за низких баллов по консистенции, большинством экспертов по данному показателю была выставлена оценка 3,0, так как образец, представленный на дегустацию, имел плотную влажную с большими пустотами структуру мякиша, непружинящий. Суммарно по всем показателям образец №3 получил 22,8 балла/ 4,324. Метод по параметрам влияния подтвердил правильность выставленных оценок экспертным методом.

Следующим этапом исследования качественных характеристик бисквита шоколадного являлось определение физико-химических показателей качества. Данные по результатам исследования представлены в табл. 5.

Таблица 5. Физико-химические показатели качества бисквитов шоколадных

Наименование показателя	Нормативный документ / Норма	Образец №1 (контрольный образец)	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Влажность, %	ТУ9130-001-37676459-2017 / 10-45	25,5	26,6	41,6	27,5
Массовая доля золы, нерастворимой в 10%-ной соляной кислоте, %, не более	ГОСТ 14621-78 / 0,1	0,10	0,10	0,08	0,10
Пористость, %	ГОСТ 5669-96 / -	56,26	57,22	41,55	64,25
Плотность, г/см ³ для изделий массой не более 100г, не более	ТУ9130-001-37676459-2017 / 0,55	0,57	0,56	0,76	0,46
Щелочность в изделиях, приготовленных на химических разрыхлителях, град., не более	ТУ9130-001-37676459-2017 / 2,0	1,6	1,8	1,9	2,0

Влажность у всех образцов находится в пределах допустимой нормы. Образец №3 имеет высокую влажность – 41,6%, но не превышает норму. Повышение влажности в образцах №2, №3, связано с введением в рецептуру воды и растительного масла, а в образце №4 еще и введением яблочных выжимок. Однако следует отметить, что в образце №4 не смотря на наличие яблочных выжимок свежемороженых, влажность снижается по сравнению с образцом №3, что связано с заменой части пшеничной муки на кукурузную муку и уменьшением количества масла растительного в 3 раза относительно других образцов. В связи с этим можно сделать вывод, что наиболее приближенным по значению к контрольному образцу (влажность 25,5%) является образец №2 с массовой долей влаги 26,6% и образец №4 – 27,5%, что говорит о хорошо сбалансированном количественном составе ингредиентов.

Массовая доля общей золы, не растворимой в 10%-ной соляной кислоте во всех исследуемых образцах, не превышает значения 0,1%, что соответствует значению, указанному в нормативных документах на данный вид продукции.

На увеличение пористости в образце №4 оказало влияние, то, что в рецептуре 1/3 часть пшеничной муки высшего сорта была заменена на кукурузную муку. При использовании

данной муки в выпечке готовые изделия становятся более рассыпчатыми и воздушными по сравнению с теми, что приготовлены только с использованием пшеничной муки. Кукурузная мука придает выпечке рассыпчатую и воздушную структуру, так как содержит меньше клейковины, чем пшеничная мука, что не позволяет тесту слишком сильно склеиваться. В результате готовые изделия получаются более легкими и нежными.

Плотность бисквита зависит от добавления в его основной состав ингредиентов влияющих на плотность и отличающихся «сочностью», например, яблочные выжимки свежемороженые, а также от соотношения всех ингредиентов. Такой показатель, как плотность влияет на влажность бисквита и, что очень важно, на его размеры. Данный показатель находится в норме у образца №4, у остальных образцов он превышает значение нормативного документа.

Щелочность выпеченных образцов бисквита шоколадного находится в пределах значений, определяемых значениями нормативных документов.

Образцы бисквитов шоколадных, исследуемые и разрабатываемые наряду с другими пищевыми продуктами предназначены не только для удовлетворения потребности человека в энергии, но и для физиологических потребностей в пищевых веществах. При этом они должны быть полностью безопасны.

Повышенная влажность изделий способствует развитию различных микроорганизмов, что небезопасно для здоровья человека. У исследуемого бисквита шоколадного влажность определяется показателям от 25 до 42%: у образца №1 – 25,5%; образца №2 – 26,6%; образца №3 – 41,6%; образца №4 – 27,5%.

Для образцов №1, №2, №4 активность воды составляет 0,6-0,9; для образца №3 – 0,9-1,0. Любые изменения в традиционной рецептуре и технологии приготовления бисквита шоколадного требуют тщательной доработки и анализа, так как они могут отрицательно сказаться как на качестве изделия, так и на его микробиологических показателях, поэтому в пищевом отношении наиболее целесообразным является метод частичного замещения ингредиентов.

В результате определения микробиологических показателей не было выявлено бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Содержание количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, не превышает заданные нормы ОСТ – 10-060-95 и составляет в образцах №1 и №4 - 40 КОЕ/г, в образце №2 - 45 КОЕ/г, в образце №3 – 50 КОЕ/г. Оценка микробиологических показателей позволяет судить о безопасности употребления исследуемого продукта.

Выводы

1. Исследования показали, что для получения бисквита шоколадного с оптимальными показателями качества является рецептура №4 с заменой сахара на сахарозаменитель, яиц - на яблочные выжимки и масло растительное, части какао-порошка на кэроб, 1/3 части муки пшеничной высшего сорта – на муку кукурузную.

2. Подбранное для введения в рецептуру количество ингредиентов: яблочные выжимки позволяют получить бисквит шоколадный с приятным легким привкусом и запахом яблочного сырья и более рыхлой структурой; кукурузная мука придает готовому изделию равномерную, пористую структуру без пустот, нелипкий, пружинящий мякиш; одновременное добавление кэроба и какао-порошка позволяет приобрести готовому бисквиту ярко выраженный шоколадный вкус.

3. Исследование физико-химических показателей разработанного образца №4 бисквита шоколадного показало, что влажность составила 27,5%, массовая доля золы, не растворимой в 10%-ной соляной кислоте – 0,1 %, пористость – 64,25%, плотность – 0,46 г/см³, щелочность – 2,0 град. Полученные данные находятся в пределах, допустимых действующими нормативными документами.

4. Стабилизация активности воды и предотвращение развития микроорганизмов для достижения оптимальных сроков годности изделий с промежуточной влажностью (25-42%) достигнуто введением в продукт определенной добавки - яблочных выжимок.

Список источников

1. Исследование кривой вязкости пресного безглютенового теста в зависимости от концентрации разных видов муки / О.А. Корнева, Е.Г. Дунец, О.В. Руденко, Т.Д. Полозюк // Пищевая промышленность. 2019. № 6. С. 62-65.
2. Клочкова И.С., Масленникова Е.В. Использование нетрадиционного сырья при разработке рецептур хлебобулочных изделий // Пищевая промышленность. 2021. № 4. С. 32-35.
3. Перфилова О.В. Яблочные выжимки как источники биологически активных веществ в технологии продуктов питания // Новые технологии. 2017. №4. С. 65-71.
4. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Пыхтин А.И. Разработка шкалы интенсивности дескрипторов для органолептической оценки «Брауни» // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 8. С. 92-96.
5. Aggarwal D, Sabikhi L, Sathish Kumar MH. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy-multigrain approach // NFS Journal. 2016. Vol. 2 Pp. 1-7.
6. Alongi M., Melchior S., Anese M. Reducing the glycemic index of short dough biscuits by using apple pomace as a functional ingredient // LWT. 2019. Vol. 100. Pp. 300-305.
7. Chaldaeov P.A., Svechnikov A.Yu. The use of apple pomace for food production // Food industry. 2014. Vol. 4. Pp. 23-28.
8. Din G.M.U., Hussain A., Ashraf H., Kausar T., Fatima H., Sidrah, Akram S., Ramzan M., Iqbal A., Cacciotti I., Korma S.A. Physicochemical, nutritional and organoleptic characteristics of cookies based on water chestnut (*Trapa natans*) and wheat // Food Chemistry Advances. 2024. No. 4. P. 100691.
9. Madbouly A.K., Kamal A.M., Elyousr Abo, Ismail Mohamed I. Biocontrol of *Monilinia fructigena*, causal agent of brown rot of apple fruit, by using end phytyc yeasts // Biological Control. 2020. Vol. 144 (5). P. 104239.
10. Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Ovchinnikova E.V., Afanasieva L.A. Researching the possibility of using recycled apple raw materials to create functional food products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. P. 32030.

References

1. Investigation of the viscosity curve of unleavened gluten-free dough depending on the concentration of different types of flour. O.A. Korneva, E.G. Dunets, O.V. Rudenko, T.D. Polozyuk. Food industry, 2019, no. 6, pp. 62-65.
2. Klochkova I.S., Maslennikova E.V. The use of non-traditional raw materials in the development of recipes for bakery products. Food industry, 2021, no. 4, pp. 32-35.
3. Perfilova O.V. Apple pomace as sources of biologically active substances in food technology. New technologies, 2017, no. 4, pp. 65-71.
4. Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Pykhtin A.I. Development of the intensity scale of descriptors for organoleptic assessment of «Brownie». Achievements of science and technology of the agroindustrial complex, 2022, vol. 36, no. 8, pp. 92-96.
5. Aggarwal D, Sabikhi L, Sathish Kumar MH. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy-multigrain approach. NFS Journal, 2016, vol. 2, pp. 1-7.
6. Alongi M., Melchior S., Anese M. Reducing the glycemic index of short dough biscuits by using apple pomace as a functional ingredient. LWT, 2019, vol. 100, pp. 300-305.
7. Chaldaeov P.A., Svechnikov A.Yu. The use of apple pomace for food production. Food industry, 2014, vol. 4, pp. 23-28.

8. Din G.M.U., Hussain A., Ashraf H., Kausar T., Fatima H., Sidrah, Akram S., Ramzan M., Iqbal A., Cacciotti I., Korma S.A. Physicochemical, nutritional and organoleptic characteristics of cookies based on water chestnut (*Trapa natans*) and wheat. *Food Chemistry Advances*, 2024, no. 4, p. 100691.

9. Madbouly A.K., Kamal A.M., Elyousr Abo, Ismail Mohamed I. Biocontrol of *Monilinia fructigena*, causal agent of brown rot of apple fruit, by using end phytic yeasts. *Biological Control*, 2020, vol. 144 (5), p. 104239.

10. Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Ovchinnikova E.V., Afanasieva L.A. Researching the possibility of using recycled apple raw materials to create functional food products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021, p. 32030.

Информация об авторах

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

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

О.В. Евдокимова – доктор технических наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и хирургии;

А.Е. Павлова – студент.

Information about the authors

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

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

O.V. Evdokimova – Doctor of technical sciences, professor of the Department of Anatomy, Physiology and Surgery;

A.E. Pavlova – Student.

Научная статья

УДК 664.8.047

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-66-74

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ β -ГЛЮКАНА ИЗ ОВСА ПОСЕВНОГО В ТЕХНОЛОГИИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Школьникова Марина Николаевна^{1✉}, Рожнов Евгений Дмитриевич²,
Кузьмина Александра Максимовна³

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

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

¹shkolnikova.m.n@mail.ru✉

²red.bti@yandex.ru

³saauia@mail.ru

Аннотация. Доказано, что употребление в пищу овсяных продуктов, содержащих β -глюкан, способствует уменьшению содержания в крови холестерина, в том числе в составе ЛПНП, избыточной массы тела, риска сердечно-сосудистых заболеваний, улучшает функционирование печени. В связи с этим β -глюкан рекомендуется включать в ежедневную диету как функциональный пищевой компонент, однако на сегодняшний день недостаточно изучено использование β -глюкана в технологии макаронных изделий, что обусловило цель работы – исследовать влияние выделенного из зерен овса *Avenasativa* β -глюкана на потребительские свойства макаронных изделий. Функционально-технологические свойства образцов β -глюкана исследовали стандартными (влажность по ГОСТ 31640-2012) и специальными методами: растворимость в воде и подсолнечном масле – весовым методом; антиоксидантную активность экстракта β -глюкана – фотометрически в присутствии спиртового раствора α, α' -дипиридила по отношению к антиоксидантной активности феруловой кислоты; органолептические свойства контрольного и опытных образцов – дегустацией. По внешнему виду образец β -глюкана – рассыпчатый порошок белого цвета, без запаха и вкуса, с влажностью 10,2 %, растворим в воде и подсолнечном масле при температуре более 70 °С с образованием в воде гелеобразной текстуры; антиоксидантная активность 1 г β -глюкана соответствует АОА 7,05 г феруловой кислоты (АОА 14,18 % от референсного вещества). Установлено, что при добавлении β -глюкана в тесто для феттучини значительно повышается его эластичность и упрощается раскатка. В большей степени β -глюкан влияет на консистенцию и мягкость доведенных до готовности феттучини: по мере увеличения содержания β -глюкана изделия, оставаясь упругими, становились более эластичными и гладкими, а контрольный образец оказался самым плотным, с неровностями, оптимальная концентрация β -глюкана в тесте для феттучини 15 %.

Ключевые слова: овес посевной, β -глюкан, функционально-технологические свойства, макаронные изделия, потребительские свойства

Для цитирования: Школьникова М.Н., Рожнов Е.Д., Кузьмина А.М. Перспективы использования β -глюкана из овса посевного в технологии макаронных изделий // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 66-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-66-74>.

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF β -GLUCAN FROM OATS IN PASTA TECHNOLOGY

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

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

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

¹shkolnikova.m.n@mail.ru

²red.bti@yandex.ru

³saauia@mail.ru

Abstract. It has been proven that eating oatmeal products containing β -glucan helps to reduce cholesterol in the blood, including LDL and reduce excess body weight, reduces the risk of cardiovascular diseases.

es, and improves liver function. In this regard, β -glucan is recommended to be included in the daily diet as a functional food component, however, to date, the use of β -glucan in pasta technology has not been sufficiently studied, which led to the purpose of the work - to investigate the effect of β -glucan isolated from *Avena sativa* oat grains on the consumer properties of pasta. The functional and technological properties of β -glucan samples were studied using standard (humidity according to GOST 31640-2012) and special methods: solubility in water and sunflower oil - by weight method; the antioxidant activity of β -glucan extract is photometrically determined by the amount of iron chelates formed in the presence of an alcoholic solution of α , α' -dipyridyl in relation to the antioxidant activity of ferulic acid; organoleptic properties of pasta samples brought to readiness by cooking in salted water (with the addition of fettuccine 5%, 10 %, 15 %, 20% β -glucan, control – fettuccine without the addition of β -glucan) – degustation. In appearance, the β -glucan sample is a crumbly white powder, odorless and tasteless, with a moisture content of 10.2%, soluble in water and sunflower oil at a temperature of more than 70 ° C with the formation of a gel-like texture in water; the antioxidant activity of 1 g of β -glucan corresponds to AOA of 7.05 g ferulic acid (AOA 14.18% of the reference substance). It has been found that when beta-glucan is added to the fettuccine dough, its elasticity is significantly increased and rolling is simplified. To a greater extent, β -glucan affects the consistency and softness of fettuccine brought to readiness: as the β -glucan content increased, the products remained elastic, became more elastic and smoother, and the control sample was the densest, with irregularities, the optimal concentration of β -glucan in the fettuccine test was 15%.

Keywords: oats, β -glucan, functional and technological properties, pasta, consumer properties

For citation: Shkolnikova M.M., Rozhnov E.D., Kuzmina A.M. Prospects for the use of β -glucan from oats in pasta technology // *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 66-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-66-74>.

Введение

На сегодняшний день очевидна тенденция использования в качестве профилактической меры ряда заболеваний пищевых ингредиентов из растительного сырья, среди которых β -глюкан занимает лидирующие позиции, что обусловило повышенный интерес к его выделению из зернового сырья и исследованию функционально-технологических свойств. β -глюкан рекомендован к употреблению в ежедневном рационе питания в количестве от 1 до 3 г согласно МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.

Многочисленными исследованиями доказано, что регулярное употребление продуктов питания, содержащих в своем составе β -глюкан, обеспечивает поддержание нормальной концентрации холестерина в крови в составе липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), способствуя тем самым снижению риска заболеваний сердечно-сосудистой системы; способствует снижению уровня глюкозы в крови после еды, уменьшая риск развития сахарного диабета II типа; способствует синтезу низкомолекулярных жирных кислот, снижая риск возникновения рака толстой кишки; способствует развитию полезной микрофлоры кишечника (пребиотический эффект); улучшает иммунные функции организма [3, 8, 13, 16, 19].

Таким образом, доказано, что употребление в пищу овсяных продуктов, в том числе экстрактов из отрубей овса, содержащих β -глюкан, способствует уменьшению содержания в крови холестерина, в том числе в составе ЛПНП и снижению избыточной массы тела, снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний, улучшает функционирование печени. В связи с этим водорастворимые пищевые волокна, в том числе β -глюкан, рекомендуется включать в ежедневную диету как функциональные пищевые компоненты [2].

Биологическое действие β -глюканов определяется многими факторами, основные из которых: тип и конфигурация связей между остатками моносахаридов, разветвленность и конформация макромолекулы, степень ее полимеризации, растворимость в воде и др. [19]. Так, макромолекулы β -глюкана зерновых культур имеют линейное строение и содержат блоки из остатков β -D-глюкопираноз, связанных β -(1→4)-гликозидными связями. Молекулы β -глюкана дрожжей и грибов имеют разветвленное строение и состоят из остатков β -D-глюкопираноз, соединенных β -(1→3) гликозидными связями, а боковые ответвления соединены с основной цепью в положениях O-6 [18].

Наряду с профилактической направленностью, β -глюкан обладает и рядом технологических свойств – влагоудерживающий агент, антиоксидант, загуститель и стабилизатор консистенции и др. что позволяет рассматривать использование β -глюкана и β -глюкансодержащих концентратов в различных пищевых системах – сухие завтраки, хлебобулочные изделия, мясные изделия, заменители жира в мучных кондитерских изделиях, йогурты и молочные напитки и др. [8, 17], в том числе специализированных – для спортивного питания [11].

Ряд работ посвящен исследованию методов выделения и свойств β -глюкана из различных источников. Так, методы экстракции и очистки β -глюкана из различных источников систематизированы в статье [10], в работе А. Lazaridou и соавторов изучены реологические свойства и гелеобразующая способность растворов β -глюкана овса [14].

Вместе с тем недостаточно изучено использование β -глюкана в технологии продуктов питания ежедневного рациона, в частности – макаронных изделий, которые представлены в продовольственной корзине, а средний уровень их потребления в РФ составляет порядка 8 кг в год на одного человека. По производству макаронных изделий Россия занимает 5 место в мире и имеет тенденцию к росту (рис.1).

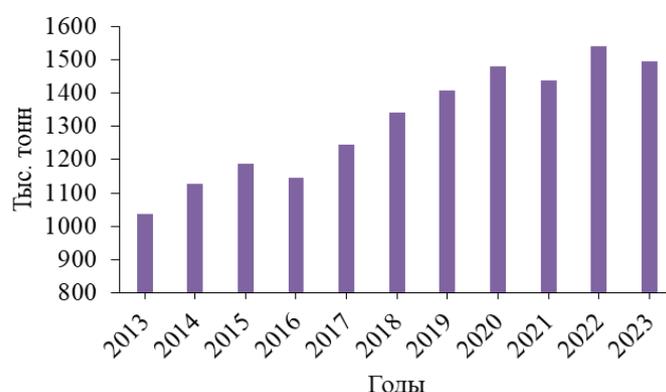


Рисунок 1. Производство макаронных изделий в России в 2013-2023 гг., тыс. т

Как видно из диаграммы, в 2022 г производство макаронных изделий всех видов достигло рекордных значений в 1540,0 тыс. т. Это во многом было связано с существенным удорожанием продовольствия в России и в мире – на фоне этого выросло потребление относительно недорогих продуктов, в том числе макаронных изделий. В первом квартале 2024 г произвели на 6,1 % больше макаронных изделий, чем за аналогичный период прошлого года. Оптовые цены на большинство видов макаронных изделий за прошедший год заметно выросли (особенно ощутимо выросла в цене лапша), однако в розничном сегменте цены на ключевые виды макаронных изделий практически не изменились (в частности, речь идет о макаронах и вермишели). Это может быть обусловлено тем, что некоторые виды макаронных изделий входят в число социально значимых продуктов питания.

Данные факты послужили предпосылкой для выбора β -глюкана в качестве пищевого ингредиента в рецептурах макаронных изделий, являющихся привычными продуктами ежедневного пищевого рациона 94 % россиян, что обусловило цель настоящей работы – исследовать влияние выделенного из зерен овса *Avenasativa* β -глюкана на потребительские свойства макаронных изделий.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2022-2023 гг. в научно-исследовательских лабораториях кафедр «Технологии питания» и «Пищевая инженерия» ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

Объектами исследования выступали:

– образец β -глюкана, выделенный из измельченных до 0,5 мм зерен овса посевного *Avenasativa* по технологии, предложенной в [1] с незначительными изменениями. В частно-

сти, для выделения β -глюкана были использованы ферментные препараты Протозим Н и Альфалад БН (ООО «Биопрепарат», г. Воронеж). Ферментативный гидролиз крахмала осуществляли в течение 6 часов при температуре 65 °С, ферментативный гидролиз белка – 6 часов при температуре 50 °С. Центрифугирование для отделения β -глюкана осуществляли при 3000 об/мин в течение 15 минут (при температуре 4 °С). Внешний вид высушенного и измельченного β -глюкана представлен на рисунке 2.



Высушенный β -глюкан (влажность 10,2%)



Измельченный β -глюкан

Рисунок 2. Внешний вид образцов β -глюкана (фотографии сделаны авторами)

– образцы макаронных изделий (итальянская паста феттучини), приготовленные с использованием макаронной муки из твердых сортов пшеницы по классической рецептуре и общепринятой технологии с частичной заменой муки измельченным β -глюканом в количестве от 5 до 20 %.

Функционально-технологические свойства образцов β -глюкана исследовали следующими методами:

– влажность по ГОСТ 31640–2012;

– растворимость в водной и жировой (подсолнечное масло) средах: навески образцов β -глюкана массой 1 г помещали в мерную колбу объемом 100 мл, затем заполняли колбу дистиллированной водой/маслом до метки и непрерывно встряхивали в течение 10 мин. Далее отфильтровывали полученный раствор под вакуумом на воронке Бюхнера, оставшийся осадок высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы и взвешивали;

– антиоксидантную активность (АОА) экстракта β -глюкана – в мерные колбы на 100 мл помещали 50 мл ацетона, 5 мл 0,01 М раствора железоаммонийных квасцов, 1 мл 1% спиртового раствора α, α' -дипиридила, добавляли анализируемое вещество (экстракт β -глюкана навеской 20 мг) доводили содержимое до метки ацетоном. Время реакции составляло 60 минут. Измерение оптической плотности растворов проводили при аналитической длине волны 522 нм (длина оптического пути 1 см) при вычитании оптической плотности контрольного раствора на двухлучевом спектрофотометре Shimadzu UV-1800 (Япония) [5];

– органолептические свойства доведенных до готовности варкой в подсоленной воде образцов макаронных изделий по [4].

Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе исследовали свойства высушенного и измельченного образца β -глюкана: по внешнему виду – рассыпчатый порошок белого цвета, без запаха и вкуса, массовая доля влаги в образце составила $10,2 \pm 0,4$ %. Установлено, что порошок растворим в воде и подсолнечном масле при температуре более 70 °С с образованием в воде гелеобразной текстуры.

При исследовании АОА полученного β -глюкана оценку количества образовавшихся хелатов Fe (II) с α, α' -дипиридилем проводили по оптической плотности раствора при 522 нм. В качестве референсного антиоксиданта была выбрана феруловая кислота, поскольку известно, что она является антиоксидантом, характерным для зерновых. В результате выполненных исследований установлено, что АОА 1 г β -глюкана соответствует АОА 7,05 г феруловой кислоты (АОА 14,18 % от референсного вещества).

Для определения оптимального количества β -глюкана в рецептуре и его влияния на свойства готового продукта были приготовлены образцы макаронных изделий с частичной

заменой муки β -глюканом: опытные – 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, контролем послужил образец феттучини без добавления β -глюкана. В табл. 1 приведены органолептические показатели готового теста.

Таблица 1. Органолептические показатели теста для феттучини

Показатель	0 % (контроль)	5 %	10 %	15 %	20 %
Цвет	Бежевый, характерный для данной рецептуры				
Запах	Характерный				
Эластичность	Слабая	Средняя	Средняя	Хорошая	Хорошая
Текстура	Однородная				

Из приведенных данных видно, что увеличение содержания β -глюкана делает тесто более эластичным. Готовое тесто оставляли на 3 ч для образования клейковины, после чего образцы теста раскатывали, нарезали на равные полоски и варили в кипящей воде в течение 4 мин. Далее, используя описательные термины из [4], провели оценку органолептических свойств образцов феттучини, результаты которой приведены в табл. 2.

Таблица 2. Органолептические свойства сваренных образцов макаронных изделий

Свойство	Характеристика образцов				
	Контроль	5 % β -глюкана	10 % β -глюкана	15 % β -глюкана	20 % β -глюкана
Внешний вид	Поверхность гладкая, форма правильная, изделия не слипаются, без следов непромеса				
					
Цвет	Однотонный, типичный для данного вида изделий				
	бежево-желтый	желтоватый	желтоватый	выраженный желтоватый	выраженный желтоватый
Запах	Типичный, хорошо выраженный, без посторонних запахов				
Вкус	Типичный, хорошо выраженный, без посторонних привкусов				
Консистенция	Упругая, без мучного ядра, плотнее опытных образцов, присутствуют неровности	Упругая, средняя плотность, присутствуют неровности	Упругая, но более эластичная, присутствуют неровности	Упругая, эластичная, однородная	Недостаточно упругая (уступает предыдущему образцу), эластичная
Состояние варочной воды	Слабо мутная, с небольшим количеством взвешенных частиц				

Как видно из представленных в табл. 2 данных, внешний вид и консистенция всех образцов привлекательные, образцы макаронных изделий целые, не разварились, сохранили первоначальную форму и цвет, типичные вкус и запах, что исключает нежелательное воздействие β -глюкана на кулинарные / потребительские достоинства феттучини и хорошо согласуется с литературными данными: пасты, приготовленные из 50 % стандартной муки из твердых сортов пшеницы и ячменной муки и обогащенные β -глюканом, показали лучшее качество в отношении твердости, объемности и липкости, превосходя макаронные изделия, произведенные без добавления β -глюкана. Также известно, что добавление β -глюкана из

амаранта мантегазианского не только улучшает характеристики макаронных изделий, но и положительно влияет на содержание пищевых волокон и гликемический индекс, улучшает усвояемость углеводов и белков [9].

Доказано, что добавление 30 % β -глюкана ячменя в макароны также снижает гликемический индекс, улучшает их цвет, запах и текстуру [14]. О положительном эффекте при добавлении β -глюкана в тесто для макаронных изделий на уровне 30 % сообщается и в [15].

Несмотря на сходство физиологических эффектов β -глюканов различного происхождения, они различаются профилактическим действием и усвояемостью в составе пищевых систем/матриц продуктов. В частности, усвояемость зависит как от вида и сорта сырья, технологических процессов получения (измельчение, температурно-рН-сдвиговое воздействие и т.д.), так и от взаимодействия с другими компонентами пищевой матрицы/продукта (полимерами или растворенными веществами с низкой молекулярной массой), что в совокупности, вероятно, влияет на концентрацию, структурные особенности и диспергируемость/растворимость β -глюканов и, в свою очередь, модулируют их физиологическое действие в желудочно-кишечном тракте [5]. Вышесказанное подтверждают исследования [6], в которых показано, что глюканы из дрожжей и грибов являются иммуномодуляторами, тогда как глюкан из овса регулирует в основном процессы воспаления и обмена холестерина.

Выводы

1. В эксперименте установлено, при добавлении β -глюкана в тесто для феттучини значительно повышается его эластичность и упрощается раскатка, цвет теста и макаронных изделий изменяются незначительно.

2. В большей степени β -глюкан влияет на консистенцию и мягкость готовых к употреблению макаронных изделий: по мере увеличения содержания β -глюкана изделия, оставаясь упругими, становились более эластичными и гладкими, а контрольный образец оказался самым плотным, с неровностями.

3. Установлено, что оптимальной концентрацией вносимого β -глюкана в тесто для феттучини является 15 %.

4. Таким образом, проведенные исследования дают возможность оптимизировать рекомендации по практическому применению глюканов в оздоровительных целях с точки зрения выбора их товарной формы и ожидаемых эффектов, в частности – в продуктах специального назначения для предотвращения образования излишнего холестерина, снижения гликемического индекса, улучшения усвояемости углеводов и белков.

Список источников

1. Гематдинова В.М., Канарская З.А., Канарский А.В. Ферментативное выделение бета-глюкана из овсяных отрубей // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 9. С. 16-19.

2. Красильников В.Н., Барсукова Н.В., Попов В.С. Бета-глюканы овса в функциональном и лечебном питании // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. Серия: Технические науки. Инновационные технологии в области продукции общественного питания. Качество и безопасность потребительских товаров. 2014. № 2 (6). С. 78-83.

3. Лоскутов И.Г, Полонский В.И. Селекция на содержание β -глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. С. 646-657.

4. Обрезкова М.В., Егорова Е.Ю. Зерно и зернопродукты. В 3 кн. Кн. 2. Хлебобулочные и макаронные изделия. Технология и оценка качества: учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 100800.62 «Товароведение» всех форм обучения; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. 165 с.

5. Параметры антиоксидантной активности соединений: относительная антиоксидантная активность чая / И.П. Анисимович, В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека, П.А. Фролов, П.А. Мясникова // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010. № 9 (80). Выпуск 11. С. 104-110.

6. Уткина А.С., Карагодин В.П. Коммерчески доступные глюканы разного сырьевого происхождения – оптимизация использования с позиций нутригеномики // *Индустрия питания*. 2023. Т. 8. № 2. С. 6-12.
7. Химич Т.Ю. Применение бета-глюкана в качестве иммуномодулирующей терапии у часто и длительно болеющих пациентов // *Современная педиатрия*. 2014. № 61. С. 106-110.
8. Школьников М.Н., Пономарев А.С. Применение концентратов β-глюканов из различных сырьевых источников в качестве пищевых добавок. Обзор. // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2021. Т. 10. № 2 (54). С. 109-112.
9. Ahmad A., Kaleem M. Chapter β-Glucan as a Food Ingredient // *Biopolymers for Food Design Handbook of Food Bioengineering*. 2018. Vol. 20. Pp. 351-381.
10. Ahmad A., Anjum F.M., Zahoor T., Nawaz H., Dilshad S.M.R. Beta Glucan: A Valuable Functional Ingredient in Foods // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2012. Vol. 52(3). Pp. 201-212.
11. Carpenter K. C., Breslin W. L., Davidson T., Adams, A., McFarlin B. K. Bakers Yeast B-Glucan Supplementation Increases Monocytes and Cytokines Post-Exercise: Implications for Infection Risk? // *British Journal of Nutrition*. 2012. Vol. 10. Pp. 1-9.
12. Izydorczyk M.S., Dexter J.E. Barley β-glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products-a Review // *Food Research International*. 2008. Vol. 41. No. 9. Pp. 850-868.
13. Lam K-L., Cheung P.C.-K. Non-digestible long chain beta-glucans as novel prebiotics // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2013. Vol. 2(1). Pp. 45-64.
14. Lazaridou A., Biliaderis C.G., Izydorczyk M.S. Molecular size effects on rheological properties of oat β-glucans in solution and gels // *Food Hydrocolloids*. 2003. Vol. 17. Pp. 693-712.
15. Martinez C. S., Ribotta P. D., Leon A. E. Influence of the addition of *Amaranthus mantegazzianus* flour on the nutritional and health properties of pasta // *Cogent Food & Agriculture*. 2016. Vol. 2. No. 1. Article: 1136097.
16. Naumann E., Van Rees A.-B., Önning G., Öste R., Wydra M., Mensink R.-P. β-Glucan incorporated into a fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentrations // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2006. Vol. 83(3). Pp. 601-605.
17. Sengül M., Ufuk S. Therapeutic and Functional Properties of Beta-Glucan and Its Effects on Health // *Eurasian Journal of Food Science and Technology*. 2022. Vol. 6. Issue 1. Pp. 29-41.
18. Syed H.A. The world of β-glucans – a review of biological roles, applications and potential areas of research. Thesis for the requirement of master of Science // *Medical Biology*. 2009. Pp. 13-18.
19. Zhu F., Bin Du, Zhaoxiang Bian, Baojun Xu Beta-glucans from edible and medicinal mushrooms: Characteristics, physicochemical and biological activities // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. Vol. 41. Pp. 165-173.

References

1. Gematdinova V.M., Kanarskaya Z.A., Kanarsky A.V. Enzymatic isolation of beta-glucan from oat bran. Storage and processing of agricultural raw materials, 2017, no. 9, pp. 16-19.
2. Krasilnikov V.N., Barsukova N.V., Popov V.S. Beta-glucans of oats in functional and therapeutic nutrition. Problems of economics and management in trade and industry. Series: Technical Sciences. Innovative technologies in the field of public nutrition products. The quality and safety of consumer goods, 2014, no. 2 (6), pp. 78-83.
3. Loskutov I.G., Polonsky V.I. Selection for the content of β-glucans in oat grain as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials and forage (review). *Agricultural biology*, 2017, vol. 52, pp. 646-657.
4. Obrezkova M.V., Egorova E.Yu. Grain and grain products. In 3 books. Book 2. Bakery and pasta products. Technology and quality assessment: educational and methodical manual for students of training areas 100800.62 «Commodity science» of all forms of education; Alt. State Technical University, BTI. Biysk: Publishing House of Alt. State Technical University, 2013. 165 p.

5. Parameters of antioxidant activity of compounds: relative antioxidant activity of tea. I.P. Anisimovich, V.I. Deineka, L.A. Deineka, P.A. Frolov, P.A. Myasnikova. Scientific Ledger. The Natural Sciences series, 2010, no. 9 (80), vol. 11, pp. 104-110.
6. Utkina A.S., Karagodin V.P. Commercially available glucans of various raw materials – optimization of use from the standpoint of nutrigenomics. Food industry, 2023, vol. 8, no. 2, pp. 6-12.
7. Khimich T.Yu. The use of beta-glucan as immunomodulatory therapy in frequently and long-term ill patients. Modern pediatrics, 2014, no. 61, pp. 106-110.
8. Shkolnikova M.N., Ponomarev A.S. The use of β -glucan concentrates from various raw materials as food additives. Review. XXI century: the results of the past and the problems of the present plus, 2021, vol. 10, no. 2 (54), pp. 109-112.
9. Ahmad A., Kaleem M. Chapter β -Glucan as a Food Ingredient. Biopolymers for Food Design Handbook of Food Bioengineering, 2018, vol. 20, pp. 351-381.
10. Ahmad A., Anjum F.M., Zahoor T., Nawaz H., Dilshad S.M.R. Beta Glucan: A Valuable Functional Ingredient in Foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2012, vol. 52(3), pp. 201-212.
11. Carpenter K. C., Breslin W. L., Davidson T., Adams, A., McFarlin B. K. Bakers Yeast B-Glucan Supplementation Increases Monocytes and Cytokines Post-Exercise: Implications for Infection Risk? British Journal of Nutrition, 2012, vol. 10, pp. 1-9.
12. Izydorczyk M.S., Dexter J.E. Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products-a Review. Food Research International, 2008, vol. 41, no. 9, pp. 850-868.
13. Lam K-L., Cheung P.C.-K. Non-digestible long chain beta-glucans as novel prebiotics. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 2013, vol. 2(1), pp. 45-64.
14. Lazaridou A., Biliaderis C.G., Izydorczyk M.S. Molecular size effects on rheological properties of oat β -glucans in solution and gels. Food Hydrocolloids, 2003, vol. 17, pp. 693-712.
15. Martinez C. S., Ribotta P. D., Leon A. E. Influence of the addition of Amaranthus mante-gazzianus flour on the nutritional and health properties of pasta. Cogent Food & Agriculture, 2016, vol. 2, no. 1, article: 1136097.
16. Naumann E., Van Rees A.-B., Önning G., Öste R., Wydra M., Mensink R.-P. β -Glucan incorporated into a fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentrations. The American Journal of Clinical Nutrition, 2006, vol. 83(3), pp. 601-605.
17. Sengül M., Ufuk S. Therapeutic and Functional Properties of Beta-Glucan and Its Effects on Health. Eurasian Journal of Food Science and Technology, 2022, vol. 6, issue 1, pp. 29-41.
18. Syed H.A. The world of β -glucans – a review of biological roles, applications and potential areas of research. Thesis for the requirement of master of Science. Medical Biology, 2009, pp. 13-18.
19. Zhu F., Bin Du, Zhaoxiang Bian, Baojun Xu Beta-glucans from edible and medicinal mushrooms: Characteristics, physicochemical and biological activities. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, vol. 41, pp. 165-173.

Информация об авторах

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

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

А.М. Кузьмина – студент.

Information about the authors

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

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

A.M. Kuzmina – Student.

Научная статья

УДК 664.951.3

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-75-83

АНАЛИЗ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЫБОПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ЭЛЕКТРОКОПТИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ БАРАБАННОГО ТИПА

Шубкин Сергей Юрьевич^{1✉}, Шахов Сергей Васильевич²,
Калужских Александр Геннадьевич³, Заикин Александр Александрович⁴

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

²Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

^{3,4}Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

¹shubkin.92@mail.ru✉

²s_shahov@mail.ru

³alex.kaluzhskih@yandex.ru

⁴zaikina.marija1986@mail.com

Аннотация. В статье приводятся результаты анализа микробиологических показателей рыбопродуктов, полученных в электрокопительной установке барабанного типа. В качестве модельного продукта в экспериментах использовалось копченое мясо толстолобика в виде соломки, полученное с применением электростатического поля и режима постоянного перемешивания. Определение микробиологических показателей рыбопродуктов, подвергшихся процессу копчения в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания (проба «Анализ»), проводили в течение 20 суток: исходная проба (№1), через 2 суток хранения (№2), 7 суток (№3), 14 суток (№4) и 20 суток (№5). Параллельно оценивали микробиоту контрольного образца – рыбопродуктов, приготовленных по традиционной технологии копчения. Каждая проба анализировалась в двух повторностях с посевом трёх последних разведений. Установлено, что общая бактериальная обсемененность в 1 г рыбопродукта холодного копчения для пробы «Контроль» больше, чем для пробы «Анализ» на протяжении всего процесса хранения. Наиболее существенные различия микробиологического контроля характерны для пограничных точек наблюдения (7 и 14 сутки), в которых проба Контроль испортилась сильнее, нежели проба Анализ. Оценивая результаты исследования, а также проводя наблюдение за интенсивностью образования колоний микроорганизмов, можно говорить об увеличении срока хранения пробы «Анализ» с 10 до 14 суток.

Ключевые слова: рыбопродукты, электростатическое копчение, микробиологические показатели, режим постоянного перемешивания

Для цитирования: Анализ микробиологических показателей рыбопродуктов, полученных в электрокопительной установке барабанного типа / С.Ю. Шубкин, С.В. Шахов, А.Г. Калужских, А.А. Заикин // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 75-83. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-75-83>.

Original article

ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF FISH PRODUCTS OBTAINED IN A DRUM-TYPE ELECTRIC BOILER

Sergey Yu. Shubkin^{1✉}, Sergey V. Shakhov², Alexander G. Kaluzhskikh³, Alexander A. Zaikin⁴

¹Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

²Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

^{3,4}Kursk Southwestern State University, Kursk, Russia

¹shubkin.92@mail.ru✉

²s_shahov@mail.ru

³alex.kaluzhskih@yandex.ru

⁴zaikina.marija1986@mail.com

Abstract. The article presents the results of the analysis of microbiological indicators of fish products obtained in a drum-type electric boiler. Smoked carp meat in the form of straws, obtained using an electros-

tatic field and a constant stirring mode, was used as a model product in the experiments. Microbiological parameters of fish products subjected to the process of smoking in an electrostatic field using a constant stirring mode (sample "Analysis") were determined for 20 days: initial sample (No. 1), after 2 days of storage (No. 2), 7 days (No. 3), 14 days (No. 4) and 20 days (No. 5). In parallel, the microbiota of the control sample was evaluated – fish products prepared using traditional smoking technology. Each sample was analyzed in two repetitions with the sowing of the last three dilutions. It was found that the total bacterial contamination in 1 g of cold smoked fish products for the "Control" sample is greater than for the "Analysis" sample throughout the entire storage process. The most significant differences in microbiological control are characteristic of the borderline observation points (days 7 and 14), in which the Control sample is more spoiled than the Analysis sample. Evaluating the results of the study, as well as monitoring the intensity of microbial colony formation, we can talk about increasing the shelf life of the "Analysis" sample from 10 to 14 days.

Keywords: fish products, electrostatic smoking, microbiological parameters, constant stirring mode

For citation: Analysis of microbiological parameters of fish products obtained in a drum-type electric boiler. S.Yu. Shubkin, S.V. Shakhov, A.G. Kaluzhskikh, A.A. Zaikin. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 75-83. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-75-83>.

Введение

В последние десятилетия при производстве водных биоресурсов все большее предпочтение отдается методам аквакультуры, за счет расширения прудовых хозяйств, что находит отражение в законопроектах Российской Федерации по развитию рыбной отрасли на период до 2030 года.

Несмотря на спад в потреблении рыбопродуктов за период с 2010 г. по 2016 г. (с 15,2 кг на душу населения до 11,7 кг), их роль в питании по-прежнему довольно значительна: в общем балансе потребления животных белков (мясо, молоко, яйца) доля рыбных белков на данный момент составляет чуть более 10 % [8, 11, 13].

В последние годы массовое потребление и особую популярность приобрели рыбные закуски (снеки), которыми можно перекусить даже на ходу и быстро утолить голод. При этом лидирующую позицию в рейтингах наиболее потребляемых товаров данной группы занимает рыбная соломка [14]. Перспективным направлением для решения задач обеспечения потребителей оригинальными рыбопродуктами является расширение их ассортимента путем придания аромата натурального дымного копчения, обеспечивающего значительное увеличение сроков хранения [15].

Вызванный последствиями мирового финансового кризиса значительный спад в экономике отразился и на рынке снеков. С большой долей вероятности можно предположить, что развитие темпов роста сегмента снеков в высокой ценовой категории замедлится, и последует постепенное переключение спроса на недорогие, но качественные закуски. В частности, мясные и снеки из морепродуктов могут быть заменены, к примеру, копченой нарезкой с использованием мяса прудовых рыб [1, 2, 7].

Информация, приведенная выше, обуславливает актуальность создания, без привязки к сезону, копченой рыбопродукции из доступного сырья высокой биологической ценности, отвечающего требованиям здорового питания.

Соответствие таким условиям может обеспечить продукция из прудовых рыб, получаемая с применением технологии копчения.

Применение технологии копчения для обработки сырья прудовых рыб, в том числе с использованием вторичных продуктов, позволит обеспечить глубину переработки белоксодержащего сырья и расширить ассортимент выпускаемой продукции [4, 5].

Существующие тенденции развития технологии копчения связаны с созданием нового копильного оборудования. Одним из таких направлений повышения эффективности работы установок по производству копченых продуктов является использование элементов электростатики, что способствует существенной интенсификации осаждения компонентов дыма на поверхности продукта [3]. Продолжительность процесса копчения с применением электростатического поля сокращается в несколько десятков раз.

Применение электростатики в процессе копчения пищевых продуктов позволяет добиться ряда преимуществ: продолжительность технологического процесса производства коп-

ченных рыбных продуктов сокращается в несколько раз по сравнению с традиционными способами; для данной обработки характерно сохранение нативных свойств рыбных продуктов; наблюдается простота технологической оснастки и аппаратного оснащения технологического оборудования и т.д. [9, 10]. Однако, не смотря на все вышеуказанные достоинства электрофизических методов, необходимо принимать во внимание и факторы, ограничивающие их использование: неравномерность распределения копильных компонентов в толще продукта; неполнота реакции формирования цвета готового продукта, характерного для процесса копчения; присутствие запаха озона и т.п. [12].

Обработка копильным дымом, например, в поле высокого напряжения, встречается в практике получения копченых рыбопродуктов довольно часто [10]. Изучению данного вопроса посвящен ряд работ, в которых излагается сущность процесса копчения в поле высокого напряжения [3, 6, 13]. Как правило, механизм процесса электростатического копчения рыбных продуктов заключается в следующем. Поток аэродисперсной смеси (газ, воздух), получая отрицательный заряд от соответствующего электрода, передает его мелкодисперсным частицам дымовой смеси (копильному дыму). Далее образовавшиеся под действием электростатического поля ионизированные аэрочастицы копильного дыма начинают притягиваться к рыбопродукту, которому сообщается противоположный заряд. Находящиеся на поверхности продукта микроорганизмы погибают, при этом напряжение поля столь велико, что происходит разрыв клеточных структур, денатурация белка и белковой части ферментов, нарушение питания бактериальной клетки и её гибель.

Важным этапом, следующим после процесса копчения, является проведение микробиологического контроля, результаты которого позволяют оценивать показатели качества копченых рыбопродуктов, а также эффективность их хранения [12]. В связи с этим необходимо проводить дополнительные исследования. Следовательно, вопросы, связанные с обеспечением контроля показателей качества копченых рыбных продуктов, получаемых с применением новых технологий, актуальны, и необходимо проводить ряд исследований с последующей обработкой результатов.

Цель исследования – проведение анализа микробиологических показателей рыбопродуктов, полученных в электрокопильной установке барабанного типа.

Материалы и методы исследований

В качестве модельного продукта в экспериментах использовалось копченое мясо толстолобика в виде соломки, полученное с применением электростатического поля и режима постоянного перемешивания. При этом толщина соломки не превышала 5 мм, а длина 80 мм. Данный продукт содержит в 100 г: Белки - 19,5 г; Жиры – 0,9 г; Углеводы – 0,2 г; Зола – 1,096 г; Влага – 78,598 г. Энергетическая ценность составляет 114,307 ккал на 100 г продукта. Продукт богат витаминами А, В₁, В₂, Е, РР.

С целью проведения исследований и изучения процесса насыщения ароматическими компонентами дыма мелко нарезанных рыбопродуктов под действием электростатического поля в сочетании с режимом постоянного перемешивания была смоделирована, а затем смонтирована в условиях промышленного предприятия г. Воронежа экспериментальная установка электростатического копчения барабанного типа, общий вид модели которой представлен на рис. 1.

Микробиологические исследования.

При микробиологическом контроле рыбопродукции определяются, в первую очередь, мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (КМАФАнМ). Для этого использовали стандартный чашечный метод посева определенных разведений исходного материала на твердую питательную среду с последующим культивированием в течение 72 ч при (30 – 37) °С и подсчетом колонии образующих единиц (КОЕ) мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ).

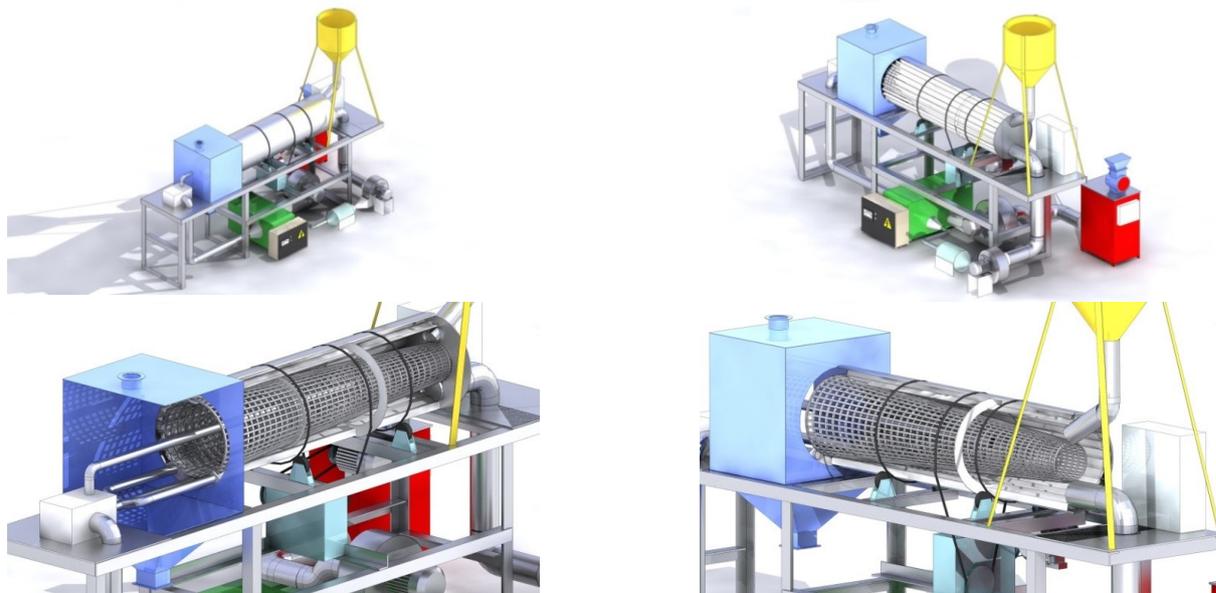


Рисунок 1. Внешний и внутренний вид установки электростатического копчения барабанного типа

Отбор проб. Отбор средних проб и подготовка их к анализу проводился с соблюдением условий асептики, исключающих возможность попадания микроорганизмов из внешней среды. Интервал во времени между отбором проб и исследованием был максимально сокращен.

Определение общей бактериальной обсемененности. Определение количества мезофильных аэробных и факультативно – анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) осуществляли в соответствии с СанПиН 5319-91 Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных.

Определение микробиологических показателей проводили в лаборатории кафедры биохимии и биотехнологии Воронежского государственного университета инженерных технологий в течение 20 суток: исходная проба (№1), через 2 суток хранения (№2), 7 суток (№3), 14 суток (№4) и 20 суток (№5). Параллельно оценивали микробиоту контрольного образца – рыбы, приготовленной по традиционной технологии. Каждая проба анализировалась в двух повторностях с посевом трёх последних разведений. Пробы хранили в течение периода эксперимента в холодильнике при температуре 6 °С.

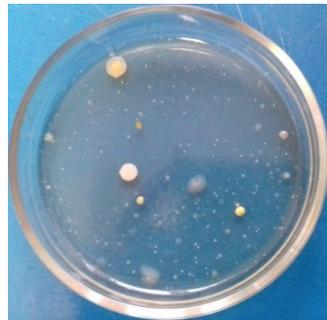
Результаты исследований и их обсуждение

Статистически обработанные данные эксперимента представлены в табл. 1 и на рис. 2-6.

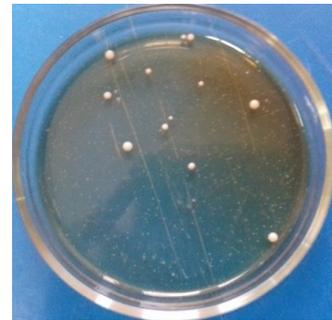
Таблица 1. Общая микробная обсемененность образцов, представленных на анализ, (кое/г)

Образец	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г			
проба № 1	1,0 x 10 ³			
проба № 1	1,5 x 10 ³			
среднее	1,2 x 10 ³			
контроль 1	1,3 x 10 ³			
проба № 2		1,0 x 10 ³		
проба № 2		1,7 x 10 ³		
среднее		1,3 x 10 ³		
контроль 2		1,5 x 10 ³		
проба № 3			0,2 x 10 ⁴	
проба № 3			0,5 x 10 ⁴	
среднее			0,3 x 10 ⁴	
контроль 3			0,7 x 10 ⁴	

проба № 4				$0,8 \times 10^4$	
проба № 4				$1,1 \times 10^4$	
среднее				$0,9 \times 10^4$	
контроль 4				$1,5 \times 10^4$	
проба № 5					$0,7 \times 10^6$
проба № 5					$1,1 \times 10^6$
среднее					$0,9 \times 10^6$
контроль 5					$1,1 \times 10^6$



а



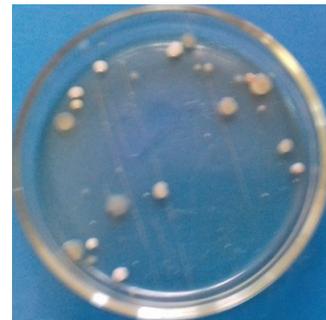
б

Рисунок 2. Колонии микроорганизмов, выросшие на поверхности питательного агара через 48ч роста, при посеве исходной пробы (проба №1):

а – копчение в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания («Анализ»); б – традиционное копчение («Контроль»)



а



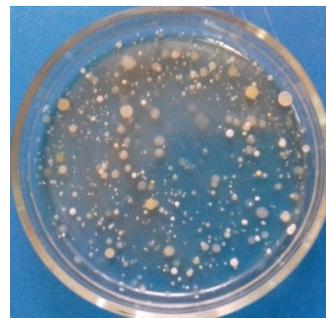
б

Рисунок 3. Колонии микроорганизмов, выросшие на поверхности питательного агара через 48ч роста, при посеве пробы, хранившейся 2 суток (проба №2):

а – копчение в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания («Анализ»); б – традиционное копчение («Контроль»)



а



б

Рисунок 4. Колонии микроорганизмов, выросшие на поверхности питательного агара через 48ч роста, при посеве пробы, хранившейся в течение 7 суток (проба №3):

а – копчение в электростатическом поле с применением режимом постоянного перемешивания («Анализ»); б – традиционное копчение («Контроль»)

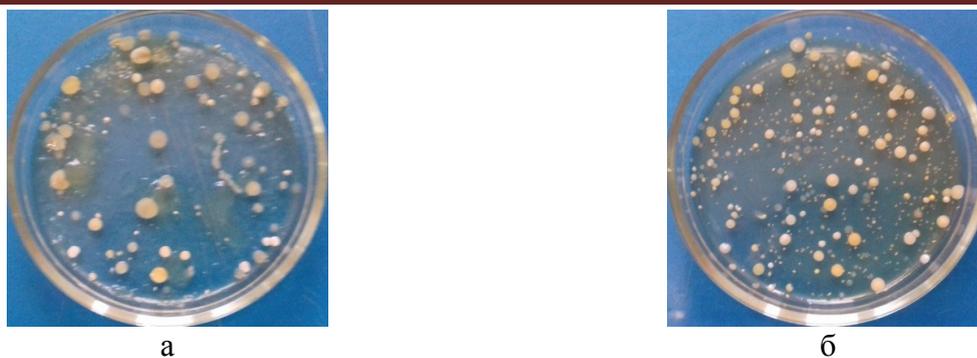


Рисунок 5. Колонии микроорганизмов, выросшие на поверхности питательного агара через 48ч роста, при посеве пробы, хранившейся в течение 14 суток (проба №4): а – копчение в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания («Анализ»); б – традиционное копчение («Контроль»)



Рисунок 6. Колонии микроорганизмов, выросшие на поверхности питательного агара через 48ч роста, при посеве пробы, хранившейся в течение 20 суток (проба №5): а – копчение в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания («Анализ»); б – традиционное копчение («Контроль»)

Проводя анализ данных, представленных в табл. 1 и на рис. 2-6, следует отметить, что общая бактериальная обсемененность в 1 г мяса толстолобика холодного копчения для пробы Контроля больше, чем для пробы Анализ на протяжении всего процесса хранения. Наиболее существенные различия микробиологического контроля характерны для пограничных точек наблюдения (7 и 14 сутки), в которых проба Контроль испорчена сильнее, нежели проба Анализ. Оценивая результаты исследования, а также проводя наблюдение за интенсивностью образования колоний микроорганизмов, можно говорить об увеличении срока хранения пробы Анализ с 10 до 14 суток.

В результате исследования отмечено, что КМАФАнМ в исследуемых образцах рыбы до и после обработки в ЭСП не превышает значений, установленных в нормативно-технической документации, распространяющихся на солёную рыбную продукцию, а также значительно снижается в образцах, исследуемых после обработки электростатическим полем по сравнению с КМАФАнМ в рыбе до обработки ЭСП. В ходе исследования проводились определения видового состава микроорганизмов данных образцов различных видов рыб методом выявления микроорганизмов с помощью дифференциально-диагностических сред. Определяли наиболее вероятное число колиформных бактерий. Метод основан на высеве разведений навески продукта в жидкую селективную среду с лактозой (Кода), инкубировании посевов, пересеве культуральной жидкости на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды (Эндо) для подтверждения по культуральным признакам роста принадлежности выделенных колоний к колиформным бактериям. Роста колиформных бактерий в ходе исследования не выявлено.

Сведем результаты определения микробиологических показателей мяса толстолобика, копченого в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания,

регламентируемых для данного продукта Гигиеническими требованиями к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов СанПиН 2.3.2.560 – 96 [24], в течение всего срока хранения продуктов в табл. 2.

Таблица 2. Микробиологическая характеристика мяса толстолобика, копченого в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания

Срок хранения, сут.	КМА-ФАНМ, КОЭ/г	БГКП (колиформы), в 1,0 г продукта	<i>S. aureus</i> , в 1,0 г продукта	Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются	Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г. продукта
1	$1,2 \cdot 10^3$	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
2	$1,3 \cdot 10^3$	-««-»	-««-»	-««-»	-««-»
7	$0,3 \cdot 10^4$	-««-»	-««-»	-««-»	-««-»
14	$0,9 \cdot 10^4$	-««-»	-««-»	-««-»	-««-»
20	$0,9 \cdot 10^6$	-««-»	-««-»	-««-»	-««-»

В анализируемой пробе мяса толстолобика процессы деструкции протекают существенно медленнее, чем в пробе контроль традиционного способа копчения.

Выводы

1. Исходя из требований к мясу толстолобика холодного копчения по бактериальной обсемененности, установленных нормативными документами [24, 25], и на основании полученных результатов, можно сделать вывод, что в течение 14 суток хранения образцы полностью соответствуют контрольным значениям (КМАФАНМ не более 1×10^4 ; бактерии группы кишечных палочек (БГКП) (колиформы) в 1,0 г продукта – отсутствуют; золотистые стафилококки (*S. aureus*) в 1,0 г продукта – отсутствуют; сульфитредуцирующие клостридии – отсутствуют; патогенные, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта – отсутствуют).

2. Копченое мясо толстолобика, приготовленное в электростатическом поле с применением режима постоянного перемешивания, следует рассматривать как доброкачественный в микробиологическом отношении.

Список источников

1. Астахова А.Н. Расчет норм расхода сырья при производстве балычных изделия холодного копчения из сиговых рыб // Вестник рыбохозяйственной науки. 2014. Т. 1. № 1. С. 1-9.
2. Бубырь И.В. Разработка технологии производства пресноводной рыбы холодного копчения // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 3-1 (47). С. 111-117.
3. Буторин В.А. Оптимизация электростатического способа копчения рыбы / В.А. Буторин, В.В. Селунский, Р.В. Банин, К.Ж. Ябыков // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 89-96.
4. Васюкова А.Т. Создание вкусо-ароматической гаммы копченой рыбы / А.Т. Васюкова, Д.Н. Фалин, М.В. Васюков, А.В. Подкорытова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2016. № 1 (1). С. 43-54.
5. Гроховский В.А. Исследования по установлению срока годности рыбы холодного бездымного электрокопчения // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2012. Т. 15. № 1. С. 35-44.
6. Лебедев Д.В., Рожков Е.А., Пивоваров М.И. Параметры и режимы работы оптико-электронной установки для контроля качества копчёной рыбы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 4 (36). С. 66-73.
7. Ловкис З.В., Бубырь И.В. Исследование накопления фенолов в пресноводной рыбе в процессе холодного копчения // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018. Т. 11. № 2 (40). С. 95-101.

8. Мезенова О.Я. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 2-3 (368-369). С. 68-71.
9. Мезенова О.Я. Инновации в копчении пищевых продуктов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 1. С. 31-46.
10. Петров Д.С. Использование инфракрасного способа сушки в совершенствовании процесса холодного копчения мелкой морской рыбы в электростатическом поле // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. № 1-1. С. 163а.
11. Петров Д.С., Лаптева Н.Г. Способ повышения эффективности процесса подсушки мелкой морской рыбы при подготовке её к холодному копчению // Вестник Новгородского государственного университета. 2014. № 76. С. 48-51.
12. Симонян Н.С., Шариати М.А. Паразитические исследования рыбы холодного и горячего копчения при проведении ветеринарно-санитарной экспертизы // Агробизнес и экология. 2016. Т. 3. № 1. С. 89-93.
13. Сухарев И.Н. и др. Исследование процесса электростатического копчения мелкокусковых рыбопродуктов в пересыпающемся слое / И.Н. Сухарев, С.Ю. Шубкин, С.В. Елецких, М.А. Родионова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 127-134.
14. Шахов С.В. и др. Математическое моделирование процесса электростатического копчения мелкокусковых продуктов в пересыпающемся слое / С.В. Шахов, С.Ю. Шубкин, И.Н. Сухарев, В.В. Торопцев // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 1 (60). С. 7-16.
15. Шахов С.В., Сухарев И.Н., Шубкин С.Ю. Изменение pH копченой рыбопродукции при различных способах обработки // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. 2018. С. 301-303.

References

1. Astakhova A.N. Calculation of the consumption rates of raw materials in the production of baluch smoked products from whitefish. Bulletin of fisheries science, 2014, vol. 1, no. 1, pp. 1-9.
2. Bubyr I.V. Development of technology for the production of cold-smoked freshwater fish. Current scientific research in the modern world, 2019, no. 3-1 (47), pp. 111-117.
3. Butorin V.A. Optimization of the electrostatic method of smoking fish. V.A. Butorin, V.V. Selunsky, R.V. Banin, K.Zh. Yabikov. Agroindustrial Complex of Russia, 2018, vol. 25, no. 1, pp. 89-96.
4. Vasyukova A.T. Creation of a flavor and aromatic range of smoked fish. A.T. Vasyukova, D.N. Falin, M.V. Vasyukov, A.V. Podkorytova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2016, no. 1 (1), pp. 43-54.
5. Grokhovsky V.A. Studies on the establishment of the shelf life of cold smokeless smoked fish. Bulletin of the Moscow State Technical University. Proceedings of the Murmansk State Technical University, 2012, vol. 15, no. 1, pp. 35-44.
6. Lebedev D.V., Rozhkov E.A., Pivovarov M.I. Parameters and modes of operation of an optoelectronic installation for quality control of smoked fish. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy, 2020, no. 4 (36), pp. 66-73.
7. Lovkis Z.V., Bubyr I.V. Investigation of the accumulation of phenols in freshwater fish during cold smoked. Food industry: science and technology, 2018, vol. 11, no. 2 (40), pp. 95-101.
8. Mezenova O.Ya. Biotechnological methods of obtaining protein and protein-mineral additives from secondary fish raw materials of smoky industries. News vysshchih uchebnykh uchebnykh zavody. Food technology, 2019, no. 2-3 (368-369), pp. 68-71.
9. Mezenova O.Ya. Innovations in food smoking. Bulletin of Science and education of the North-West of Russia, 2017, vol. 3, no. 1, pp. 31-46.

10. Petrov D.S. The use of the infrared drying method in improving the process of cold smoking of small marine fish in an electrostatic field. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2012, no. 1-1, p. 163a.

11. Petrov D.S., Lapteva N.G. A method for increasing the efficiency of the drying process of small marine fish in preparing it for cold smoking. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2014. no. 76, pp. 48-51.

12. Simonyan N.S., Shariati M.A. Parasitic studies of cold and hot smoked fish during veterinary and sanitary examination. *Agribusiness and ecology*, 2016, vol. 3, no. 1, pp. 89-93.

13. Sukharev I.N. et al. Investigation of the process of electrostatic smoking of small-scale fish products in an interstitial layer. I.N. Sukharev, S.Yu. Shubkin, S.V. Yeletskikh, M.A. Rodionova. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - products of healthy nutrition*, 2019, no. 3 (29), pp. 127-134.

14. Shakhov S.V. et al. Mathematical modeling of the process of electrostatic smoking of small-sized products in a crumbling layer. S.V. Shakhov, S.Yu. Shubkin, I.N. Sukharev, V.V. Toroptsev. *Technology and commodity science of innovative food products*, 2020, no. 1 (60), pp. 7-16.

15. Shakhov S.V., Sukharev I.N., Shubkin S.Yu. Change in the pH of smoked fish products with various processing methods. In the collection: *Engineering support of innovative technologies in agriculture. Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. Under the general editorship of V.A. Solopov*, 2018, pp. 301-303.

Информация об авторах

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, и.о. директора института агробиотехнологий и технических систем;

С.В. Шахов – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств;

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

А.А. Заикин – студент.

Information about the authors

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Director of the Institute of Agro-Biotechnologies and Technical Systems;

S.V. Shakhov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machinery and Apparatus of Food Production;

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

A.A. Zaikin – Student.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 632.954:34.2

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-84-90

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В КОСТОЧКОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Алиев Таймасхан Гасан Гусейнович^{1✉}, Мишина Мария Николаевна²,
Струкова Римма Анатольевна³, Мацнев Игорь Николаевич⁴

^{1,2,3,4}Мичуринский государственный аграрный университет, Тамбовская область, Мичуринск, Россия

¹aliev.t.g@yandex.ru✉

²mascha2308@yandex.ru

³strukovariemma@yandex.ru

⁴min74@mail.ru

Аннотация. Проблема борьбы с сорной растительностью является актуальной и возникает ежегодно, с наступлением вегетации в насаждениях любой культуры. Биологические особенности сорняков позволяют им конкурировать с сельскохозяйственными растениями и снижать их урожайность и качество продукции. Одним из эффективных и перспективных методов борьбы с сорняками является использование обработок гербицидами. Данные препараты эффективно сдерживают рост и развитие сорных растений, снижают затраты ручного труда при производстве сельскохозяйственных культур. В статье представлены результаты исследований по изучению видового состава сорных растений в насаждениях вишни, определению их принадлежности к агробиологическим группам, влияния исследуемых препаратов Раундап – 36% ВР и Лонтрел 300 – 30% ВР на засоренность насаждений вишни различных сортов, а также оценка состояния деревьев после опрыскивания. На обследуемых участках выявлено 19 видов сорных растений, принадлежащих к различным агробиологическим группам. Тип засоренности – смешанный. Под действием обработок исследуемыми препаратами существенно снижалось общее количество сорняков по сравнению с контролем. Изучаемые препараты оказывали различное влияние на *Taraxacum officinale* L. и *Agropyrum repens* P.V. Для эффективной защиты культуры от сорных растений в статье даны краткие рекомендации по применению вышеуказанных препаратов в косточковом саду. Состояние растений вишни после обработок исследуемыми препаратами оценивалось близким к отличному (4,5-5 баллов), то есть препараты не оказывали значительного негативного влияния на культурные растения. В заключении статьи приводятся краткие выводы.

Ключевые слова: косточковый сад, вишня, сорные растения, гербициды

Для цитирования: Применение гербицидов в косточковых насаждениях / Т.Г.Г. Алиев, М.Н. Мишина, Р.А. Струкова, И.Н. Мацнев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 84-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-84-90>.

Original article

THE USE OF HERBICIDES IN STONE PLANTATIONS

Taymaskhan G.G. Aliyev^{1✉}, Maria N. Mishina², Rimma A. Strukova³, Igor N. Matsnev⁴

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

¹aliev.t.g@yandex.ru✉

²mascha2308@yandex.ru

³strukovariemma@yandex.ru

⁴min74@mail.ru

Abstract. The problem of weed control is urgent and occurs annually, with the onset of vegetation in the plantations of any crop. The biological characteristics of weeds allow them to compete with agricultural

plants and reduce their yield and product quality. One of the most effective and promising methods of weed control is the use of herbicide treatments. These drugs effectively restrain the growth and development of weeds, reduce the cost of manual labor in the production of crops. This article presents the results of studies on the species composition of weeds in cherry plantations, determining their belonging to agrobiological groups, the effect of the studied drugs Roundup – 36% BP and Lontrel 300 – 30% BP on the contamination of cherry plantations of various varieties, as well as an assessment of the condition of trees after spraying. 19 species of weeds belonging to various agrobiological groups were identified in the surveyed areas. The type of blockage is mixed. Under the influence of treatments with the studied drugs, the total number of weeds significantly decreased compared to the control. The studied drugs had different effects on *Taraxacum officinale* L. and *Agropyrum repens* P.B. For effective protection of crops from weeds, the article provides brief recommendations on the use of the above drugs in a stone garden. The condition of cherry plants after treatment with the studied drugs was estimated to be close to excellent (4.5-5 points), that is, the drugs did not have a significant negative effect on cultivated plants. The article concludes with brief conclusions.

Keywords: stone garden, cherry, weeds, herbicides

For citation: The use of herbicides in stone plantations / T.G.G. Aliyev, M.N. Mishina, R.A. Strukova, I.N. Matsnev. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 84-90. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-84-90>.

Введение

Вишня является достаточно распространенной косточковой культурой ЦЧЗ. Она обладает рядом достоинств, благодаря которым пользуется популярностью как у населения, так и у сельскохозяйственных производителей. Это высокая зимостойкость, засухоустойчивость, скороплодность, нетребовательность к условиям произрастания, раннее созревание плодов, их ценный в биохимическом отношении состав. Плоды вишни употребляют в летний период в свежем виде, а также используют для переработки, сушки, замораживания [5].

При возделывании косточковых культур, как, впрочем, и при возделывании любой сельскохозяйственной культуры, ежегодно возникает проблема борьбы с сорной растительностью. Вредоносность сорняков заключается в том, что они значительно снижают урожайность сельскохозяйственных культур.

Ю.Я. Спиридонов [6] отмечает, что при высокой засоренности полей урожайность сельскохозяйственных культур снижается на 20-30% и более от потенциально-возможных значений. При этом ухудшается и качество получаемой продукции.

Биологические особенности сорняков позволяют им успешно конкурировать с культурными растениями. Сорняки малотребовательны к условиям произрастания, имеют способность быстро расти и развивать мощную корневую систему и надземную массу.

Угнетая культурные растения, сорняки ухудшают условия их питания и водоснабжения. Например, корнеотпрысковый сорняк осот розовый (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) при наличии 10 шт/м² расходует N – 140, P – 30 и K – 120 кг/га [4].

Еще одной биологической особенностью сорных растений является их высокая семенная продуктивность и способность к формированию значительного запаса семян в почве. Семена сорняков, попавшие в почву, длительное время сохраняют всхожесть и могут прорасти при наступлении благоприятных условий. Однако их прорастание может быть неодновременным, растянутым по времени и в почве всегда будут оставаться жизнеспособные семена, что значительно осложняет борьбу с сорными растениями.

Некоторые виды сорняков, кроме семенного размножения, имеют способность к вегетативному размножению. Такие сорные растения (многолетние корневищные, корнеотпрысковые и др.) представляют наибольшую опасность и вредоносность, с ними чрезвычайно сложно вести борьбу.

Сорняки снижают эффективность некоторых агротехнических приемов. К примеру, корневищные сорные растения развивают мощную корневую систему, что затрудняет механическую обработку приствольной полосы за счет наматывания корней на рабочие органы культиватора. Вместе с этим дробление корневищ на отрезки при обработке почвы нередко приводит к увеличению численности сорняков.

Часто сорные растения являются источником дополнительного питания для вредителей, способствуют сохранению и распространению инфекционных заболеваний, тем самым ухудшая фитосанитарную обстановку в насаждениях.

Все это в конечном итоге приводит к снижению продуктивности насаждений сельскохозяйственных культур и качества выращиваемой продукции.

В плодовых насаждениях в условиях ЦЧЗ видовой состав сорной растительности представлен более чем 35 видами, тип засоренности характеризуется как смешанный, с преобладанием многолетних сорняков [1].

Борьба с сорной растительностью агротехническими способами влечет за собой большие затраты трудовых и материальных ресурсов. За период вегетации для эффективного сдерживания развития и распространения сорных растений необходимо проводить механические обработки почвы 4-5 раз. При этом достаточно часто наблюдаются повреждения штамба и поверхностных корней. Прополки с использованием ручного труда являются трудоемкими и малоэффективными.

В настоящее время из всех возможных способов борьбы с сорняками в насаждениях садовых культур наиболее перспективным является химический метод.

По нашим многолетним данным, применение гербицидов в садовых насаждениях эффективно сдерживает рост сорных растений, повышает урожайность плодовых культур, снижает запас семян сорняков в почве. При этом затраты ручного труда снижаются на 80%.

Остаточные количества гербицидов в полученной продукции не превышают установленных санитарно-гигиенических норм, поэтому применение данных препаратов для борьбы с сорняками в насаждениях косточковых культур позволяет получить экологически чистую продукцию.

Таким образом, сдерживание развития и распространения сорных растений в садах с помощью гербицидных обработок является доступным, эффективным, экономически выгодным, а также экологически малоопасным (при условии соблюдения регламентов применения гербицидов) способом.

Поэтому появляется необходимость в изучении влияния гербицидов на сорняки и культурные растения, в том числе и вишни.

Следует отметить, что в своих исследованиях мы применяли препараты различные по принципу действия – гербицид сплошного (общеистребительного) действия – Раундап – 36% ВР и гербицид избирательного (селективного) действия – Лонтрел 300 – 30% ВР.

При применении препаратов сплошного действия происходит уничтожение любой вегетирующей растительности, поэтому их не применяют по культуре, а рекомендуют применять для подготовки почвы перед посевом (посадкой), по обочинам дорог, на парах, на плодовых культурах возможно применение только при условии защиты культуры.

Гербициды селективного действия, напротив, уничтожают лишь определенные виды растений, при этом не оказывают влияния на другие. Поэтому их возможно применять по вегетирующим культурам, соблюдая нормы расхода, сроки обработок, способы внесения и т.д.

Гербицид Раундап является системным неселективным гербицидом из класса фосфорорганических пестицидов. Эффективен против комплекса засорителей, в том числе и против злостных многолетних сорняков, но особенно хорошо действует на злаковые сорняки. Уничтожает сорные растения в любой фазе их развития в широком температурном диапазоне.

Действующее вещество гербицида Раундап – глифосат кислоты (изопропиламинная соль) растворяет кутикулу на поверхности листа, проникает в лист, быстро передвигается по тканям и вызывает необратимые процессы и в конечном итоге гибель как надземной, так и подземной части растения.

Лонтрел 300 – это системный гербицид с избирательным действием из класса хлорорганических пестицидов. Он эффективен от злостных корнеотпрысковых сорняков (различные виды бодяка, осотов и др.), а также способен контролировать другие виды сорной растительности (виды ромашки, горца, одуванчика, чертополоха, амброзию полынолистную).

Гербицид высокоселективен к возделываемым культурам. Действующее вещество данного гербицида – клопиралид легко проникает в лист и распространяется по нему, достигая корневой системы и точек роста, нарушает механизмы деления клеток и процессы роста сорных растений. Данный препарат рекомендуется применять по молодым, активно растущим сорнякам при температуре 8-25°C.

Материалы и методы исследований

Исследования по применению вышеуказанных препаратов проводились нами в 2018-2022 гг. в насаждениях косточковых культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Изучались растения вишни сортов Лебедянская, Прима, Харитоновская, Тургеневка, на подвоях – Владимирская и Антипка. Схема посадки – 4,5 x 2,0, 2,5 м и 5,5 x 3,0, размер делянки 10...20 м², количество учёных растений в делянке не менее 5, ширина обрабатываемой полосы 100 см.

Нами была проведена оценка засоренности опытных делянок вишни, определен видовой состав сорных растений.

Гербицидные обработки проводились Лонтрелом-300 – 30% ВР и Раундапом – 36% ВР (в различных нормах расхода и сочетаниях) по вегетирующим сорнякам при их высоте 8-10 см. Перед опрыскиванием удаляли корневую поросль. Учёт сорняков проводили по методу А. Расиньша.

Состояние плодовых деревьев оценивали спустя 1 месяц после проведенных обработок, а также в конце вегетации по 5-и балльной шкале: 1 балл – состояние очень плохое, 2 – плохое, 3 – среднее, 4 – хорошее, 5 – отличное.

Результаты исследований и их обсуждение

Всего на обследуемых участках нами было отмечено 19 видов сорных растений из 8 ботанических семейств. Тип засоренности характеризуется как смешанный.

Встречались такие сорные растения, как подмаренник цепкий, горчица полевая, ярутка полевая, щетинник сизый, ежовник обыкновенный, пастушья сумка обыкновенная, ромашка непахучая, донник лекарственный, одуванчик лекарственный, пырей ползучий, осот полевой, бодяк полевой, вьюнок полевой и другие.

Выявленные виды мы сгруппировали согласно общепринятой агробиологической классификации сорных растений (рис. 1).

Малолетние сорняки были представлены 10 видами, что составило 52,7%, в это число входят и двулетние сорняки (1 вид). Наибольшее количество видов было отмечено среди яровых ранних сорняков, меньшее – среди яровых поздних и двулетних.

Многолетние сорняки были представлены 9 видами, что составило 47,4%. Следует отметить, что наиболее многочисленными и распространенными из многолетних сорняков были пырей ползучий и одуванчик лекарственный.

Проведенные обработки гербицидами оказывали влияние на сорные растения. Визуально изменение внешнего вида сорняков (характерный хлороз листьев и стеблей) было обнаружено в среднем спустя 2-3 недели после обработки в зависимости от условий погоды.

Засоренность насаждений вишни в контрольном варианте была достаточно высокой и составила в среднем 189 шт/м² при учете 10 мая. При этом количество сорных растений по вариантам опыта с применением гербицидов составило 100-133 шт/м², то есть была ниже показателей контроля в 1,4-1,9 раз. При последующих учетах, проводимых через 1 и 2 месяца во всех вариантах, включая контроль, наблюдалась тенденция к снижению количества сорняков на квадратном метре. К 10 июля плотность сорняков в вариантах с применением гербицидов составила 4-10 шт/м², что было существенно ниже контроля – 74 шт/м² (НСР₀₅=17шт/м²), что указывает о достаточно высокой эффективности обработок исследуемыми препаратами.

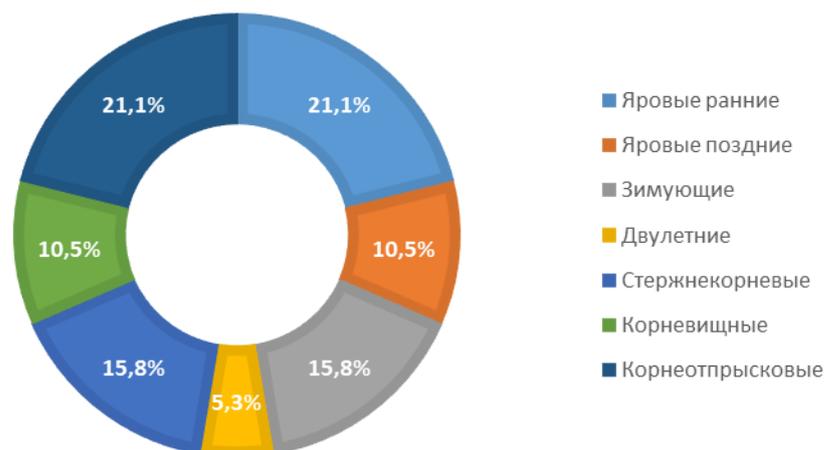


Рисунок 1. Сорняки в насаждениях вишни ФГБНУ «ФНЦ имени И.В. Мичурина» по агробиологическим группам (% от общего количества видов), 2018 г.

Изучаемые препараты с разным механизмом действия Раундап – 36% ВР и Лонтрел 300 – 30% ВР оказывали различное влияние на *Taraxacum officinale* L. (Одуванчик лекарственный) и *Agropyrum repens* P.V. (Пырей ползучий).

Количество *Taraxacum officinale* L. через один месяц после обработки стало меньше по сравнению с контролем только в варианте с применением Лонтрел-300. При применении данного препарата в норме расхода 0,4 кг/га по д.в. количество *Taraxacum officinale* L. было существенно ниже, чем при использовании Раундапа 1,5кг/га по д.в. К концу вегетации в вариантах с применением Раундапа количество данного сорняка даже увеличилось по сравнению с контрольным вариантом.

Лонтрел-300 *Agropyrum repens* P.V. не уничтожал. При обследовании опытного участка спустя один месяц после обработки в вариантах с применением Раундапа 1,0 и 1,5 л/га по д.в. мы наблюдали снижение количества *Agropyrum repens* P.V., а к концу вегетации данные сорняки отрастали, но их количество было существенно ниже по сравнению с контрольным вариантом.

По результатам наших исследований можно утверждать, что за вегетационный период для эффективной защиты насаждений вишни от сорных растений Раундапом необходимо проводить опрыскивания двукратно: при высоте сорняков 8...10 см и через 2-3 месяца в зависимости от погодных условий с нормой расхода 1,0 и 1,5 л/га.

При преобладающем распространении на участке *Taraxacum officinale* L. наиболее эффективен Лонтрел-300 в норме расхода 0,4кг/га по д.в.

Также нами было изучено влияние обработок гербицидами на состояние растений вишни. Оно отличалось незначительно и зависело от сорта, варианта опыта и срока обследования.

При осмотре растений спустя один месяц после опрыскивания состояние деревьев практически по всем сортам вишни было отличным (5 баллов). Исключение составил сорт Харитоновская. Состояние растений этого сорта составило 4,8-4,9 баллов в зависимости от варианта опыта.

В конце вегетации состояние растений сортов Лебедянская, Прима, Тургеневка было близким к отличному и составило 4,8-4,9 балла, а растений сорта Харитоновская – 4,5-4,7 балла.

Таким образом, обработки гербицидами не оказали значительного негативного влияния на растения вишни всех изучаемых сортов. Состояние их было близким к отличному как через месяц после обработки, так и в конце вегетации.

Выводы

1. На обследуемых участках было выявлено 19 видов сорняков из различных агробиологических групп. Тип засоренности – смешанный. Из многолетних сорных растений наиболее распространенными были Пырей ползучий и Одуванчик лекарственный.

2. Изучаемые гербициды Раундап- 36% ВР и Лонтрел 300 – 30% ВР существенно снижали общее количество сорняков. Раундап в норме расхода 1,0 и 1,5 л/га по д.в. оказался эффективен от комплекса сорных растений, включая и *Agropyrum repens* P.V., тогда как Лонтрел-300 этот сорняк не уничтожал.

3. При преобладающем распространении на участке *Tagetes officinale* L. рекомендуем использовать Лонтрел-300 в норме расхода 0,4кг/га по д.в.

4. Обработки исследуемыми гербицидами Раундап – 36% ВР и Лонтрел 300 – 30% ВР не оказывали значительного негативного влияния на деревья вишни всех изучаемых сортов.

Список источников

1. Алиев Т.Г.Г., Мишина М.Н., Струкова Р.А. Способы борьбы с сорной растительностью в садовых агрофитоценозах // В сборнике: Парадигма устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях современных реалий. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию создания ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Красноярск, 2022. С. 243-245.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

3. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / Ю.Я. Спиридонов, Г.Е. Ларина, В.Г. Шестаков; под ред. М.С. Соколова. Москва: Печатный Город, 2009. 247 с.

4. Мишина М.Н., Алиев Т.Г.Г., Струкова Р.А. Вынос сорняками элементов минерального питания из почвы садового агроценоза // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 2.

5. Сборник информационных материалов по теме: «Выращивание косточковых культур в Центрально-Черноземном регионе» ОГАУ «ИКЦ АПК», Белгород, 2014. 37 с.

6. Спиридонов Ю.Я. Особенности видового состава сорной растительности в современных агроценозах Российского Нечерноземья // Вестник защиты растений. 2004. № 2. С. 15-24.

References

1. Aliyev T.G.G., Mishina M.N., Strukova R.A. Methods of weed control in garden agrophytocenoses. In the collection: The paradigm of sustainable development of the agro-industrial complex in the context of modern realities. Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the establishment of the Krasnoyarsk State Agrarian University. Krasnoyarsk, 2022, pp. 243-245.

2. Dospikhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agro-industrialpubl., 1985. 351 p.

3. Methodological guidelines for the study of herbicides used in plant growing. Yu.Ya. Spiridonov, G.E. Larina, V.G. Shestakov; edited by M.S. Sokolov. Moscow: Printing City, 2009. 247 p.

4. Mishina M.N., Aliyev T.G.G., Strukova R.A. The removal of mineral nutrition elements from the soil of garden agrocenosis by weeds. Science and Education, 2022, vol. 5, no. 2.

5. Collection of information materials on the topic: «Cultivation of stone crops in the Central Black Earth region» OSAU «ICC AIK», Belgorod, 2014. 37 p.

6. Spiridonov Yu.Ya. Features of the species composition of weed vegetation in modern agrocenoses of the Russian Non-Black Earth region. Bulletin of Plant Protection, 2004, no. 2, pp. 15-24.

Информация об авторах

Т.Г.Г. Алиев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии

М.Н. Мишина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии;

Р.А. Струкова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии;

И.Н. Мацнев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

Information about the authors

T.G.G. Aliyev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology;

M.N. Mishina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology;

R.A. Strukova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology;

I.N. Matsnev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, head of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology.

Научная статья

УДК 633.11

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-91-98

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СРЕДСТВА ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Балыков Данил Вениаминович^{1✉}, Пазин Максим Анатольевич², Линник Анна Игоревна³

^{1,2}Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого,
Кемеровская область, Кемерово, Россия

³Кера-Тех, Кемерово, Россия

¹danil42rus@gmail.com✉

²mister.pazin@mail.ru

³linnik@kera-tech.ru

Аннотация. В 2024 году известны разнообразные формы комплексных органических, минеральных, органоминеральных удобрений для сельскохозяйственных культур, применяя которые возможно получение высокого урожая с высокими показателями. В статье приведены результаты полевого опыта, проводившегося в 2022-2023 году с применением органического удобрения ДАН-1 для предпосевной обработки озимой пшеницы. Изложена информация о применяемом средстве предпосевной обработки, используемом в дозировке 2 литра на тонну посевного материала, которое включает в себя как микроэлементы, связанные с аминокислотами и гуминовыми кислотами, так и комплекс микроорганизмов антагонистов фитопатогенов. Приведены даты и дозировки применения используемых средств защиты растений и гербицидов (Систива 0,6 л/га, Иншур Перформ 0,6 л/га, Сабля КС 0,75 л/га, Глифосат 4 л/га, Агростар 0,03 кг/га, Альтаир 1 л/га, Рекс Плюс 1 л/га, Дишанс 1 л/га). Описаны способы и сроки обработки почвы, характеристики опытного участка (НРК 13,3:75,2:208,9 мг/1000 г) и методы, в соответствии с которыми проводились исследования, используемая сельскохозяйственная техника и ее технические характеристики. Показано сравнение полученной урожайности опытного и контрольного вариантов, которая составила 12,5% (2,16 т/га – контроль, 2,77 т/га – опыт), и структурных показателей сельскохозяйственной культуры, таких как масса тысячи семян (48 г. – контроль, 52 г. – опыт), высота стебля (37,1 см. – контроль, 45,5 см. – опыт), масса колосьев (270,8 г. – контроль, 309,6 г. – опыт), количество зерен в колосе (10 г. – контроль, 16 г. – опыт). Отмечено наблюдение, что предпосевная обработка озимой пшеницы удобрением ДАН-1 совместно химическими фунгицидами положительно влияет на урожайность и снижает заболевания культуры. Получен положительный экономический эффект от применения удобрения ДАН-1 в полевых условиях действующего хозяйства, который составил 2-2,5 тыс. рублей/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, микроудобрения, регуляторы роста, предпосевная обработка, протравливание семян

Для цитирования: Балыков Д.В., Пазин М.А., Линник А.И. Влияние микроэлементного средства предпосевной обработки на показатели озимой пшеницы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 91-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-91-98>.

Original article

INFLUENCE OF MINERAL-ORGANIC FERTILIZER DAN ON THE INDICATORS OF WINTER WHEAT

Danil V. Balykov^{1✉}, Maksim A. Pazin², Anna I. Linnik³

^{1,2}Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletsky, Kemerovo region, Kemerovo,
Russia

³Kera-Tech, Kemerovo, Russia

¹danil42rus@gmail.com✉

²mister.pazin@mail.ru

³linnik@kera-tech.ru

Abstract. In 2024, various forms of complex organic, mineral, organomineral fertilizers for agricultural crops are known, the use of which makes it possible to obtain high yields with high indicators. The ar-

article presents the results of a field experiment conducted in 2022-2023 using the organic fertilizer DAN-1 for pre-sowing treatment of winter wheat. Information is presented on the pre-sowing treatment agent used at a dosage of 2 liters per ton of seed material, which contains both microelements associated with amino acids and humic acids, and a complex of microbial antagonists of phytopathogens. The dates and dosages of application of the plant protection products and herbicides used are presented (Sistiva 0.6 l/ha, Inshur Perform 0.6 l/ha, Sabre KS 0.75 l/ha, Glyphosate 4 l/ha, Agrostar 0.03 kg/ha, Altair 1 l/ha, Rex Plus 1 l/ha, Dishans 1 l/ha). The methods and timing of soil treatment, the characteristics of the experimental plot (NPK 13.3:75.2:208.9 mg/1000 g) and the methods according to which the studies were conducted, the agricultural machinery used and its technical characteristics are described. The comparison of the obtained yield of the experimental and control variants is shown, which was 12.5% (2.16 t/ha – control, 2.77 t/ha – experiment), and structural indicators of the agricultural crop, such as the weight of a thousand seeds (48 g – control, 52 g – experiment), stem height (37.1 cm – control, 45.5 cm – experiment), weight of ears (270.8 g – control, 309.6 g – experiment), the number of grains in an ear (10 g – control, 16 g – experiment). It is noted that pre-sowing treatment of winter wheat with DAN-1 fertilizer together with chemical fungicides has a positive effect on the yield and reduces crop diseases. The positive economic effect of using DAN-1 fertilizer in the field conditions of an operating farm amounted to 2-2.5 thousand rubles/ha.

Keywords: winter wheat, microfertilizers, growth regulators, pre-sowing treatment, seed dressing

For citation: Balykov D.V., Pazin M.A., Linnik A.I. Influence of mineral-organic fertilizer dan on the indicators of winter wheat. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 91-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-91-98>.

Введение

В современных условиях интенсивности сельского хозяйства, а соответственно растениеводства, как для пищевой промышленности, так и для кормопроизводства, важным показателем является повышение показателей качества урожая различных сельскохозяйственных культур без потери количественных показателей. Основным ингибирующим фактором качества урожая служит несбалансированность питания растений в процессе их культивирования, за счет сбалансированного микро и макроэлементного питания на всех этапах роста растения возможно получить высокую урожайность без потери качественных показателей. Высокие результаты на крупных хозяйствах достигаются благодаря применению комплексных средств, а именно: удобрений, средств защиты растений, регуляторов роста, прилипателей, биопрепаратов, удерживающих влагу компонентов [4].

Микроудобрения, содержащие микроэлементы необходимые для растений в своем составе Fe, Cu, B, Zn, Mn, Co, Mo, улучшают эффективность стандартных минеральных удобрений в составе макро- N, P, K и мезо- S, Mg, Ca элементов. Микроэлементы – часть физиологических комплексов жизненно важных для растений, они могут выступать в качестве веществ, необходимых в биологическом плане, принимают участие в синтезе аминокислот и белков, углеводов, жиров. Микроэлементные комплексы несут различные функции, например устойчивость растений к неблагоприятным факторам, таким как засуха или повышенная влага, высокие или низкие температуры, а также другого рода климатические или антропогенные стрессы. Здоровье и устойчивость растений напрямую зависит от обеспеченности микроэлементным питанием, которое своего рода формирует иммунную систему растений [5].

Актуальность создания новых экологически чистых технологий для снижения вредности (негативное влияние на здоровье) фунгицидов и пестицидов, а также уменьшения количества обработок в процессе вегетации культур, на фоне «гонки» за увеличением продуктивного потенциала, с каждым годом возрастает [8].

Абдуазимов А.М., Вафоева М.Б., Вильдфлуш И.Р., Саскевич П.А., Гришечкина Л. Д., Долженко В. И. и многие другие авторы современных исследовательских работ в области сельского хозяйства делают в своих работах акцент на ряд фактов, а именно: 1) применение щадящих для микробного консорциума почвы фунгицидов на основе ксенобиотиков, имеющих естественное природное происхождение, лучше справляются с защитой растений от возбудителей заболеваний; 2) за счет периодической замены опасных фунгицидов 1-2 класса на 3-4 класс опасности в севооборотах удается снижать негативное влияние на здоровье че-

ловека; 3) новые препараты природного или микробиологического происхождения, направленные на запуск и поддержание в процессе роста растения естественных для него защитных механизмов, позволят снизить влияние различных стрессовых факторов, что даст возможность повысить качество получаемой продукции и восприимчивость растений к заболеваниям [1, 2, 7]. Поэтому исследование влияния новых комплексных органоминеральных удобрений, а также механизмов влияния на урожайность культур остается актуальным и востребованным в настоящее время.

Цель исследования – повышение урожайности озимой пшеницы за счет применения микроэлементного средства предпосевной обработки ДАН-1 в условиях среднесуглинистого чернозема Кемеровской области.

Материалы и методы исследований

Оценка влияния удобрения ДАН-1 при предпосевной обработке мягкой озимой пшеницы сорт Скипетр 2022 на урожайность проводилась в 2022-2023 гг. на базе «Азот-Агро» (Кемеровская область - Кузбасс).

В проведенных исследованиях использовался среднеспелый сорт Скипетр 2022 года (мягкая озимая пшеница), который включен в Госреестр и рекомендован для возделывания во всех регионах страны, кроме Северного региона (1), а также относится к ценным сортам в Северо-Западном регионе (2). Автор сорта и патентообладатель Полетаев А.М. и Полетаев Г.М.

Сорт обладает хорошей устойчивостью к разным показателям плодородия почв и экологической гибкостью (зимостойкость 4 балла), устойчивостью к полеганию (4,5 балла), осыпанию, не прихотлив к срокам высева, весной быстро восстанавливает стеблестой за счет хорошего кущения. Вегетационный период варьируется от 297 до 338 дней, высота растений средней длины и достигает от 79 до 96 см, масса тысячи зерен от 38 до 49 грамм [10].

Оболочка флагового листа имеет средний восковой слой, прочный на колосе и прочный между верхними узлами. Колосья белые, цилиндрические, коротко-средней длины, рыхлые, средней плотности. Колосья имеют на концах спиральные выступы средней длины. Перемычка верхушечного сегмента цапфы с выступающей стороны средняя. Плечи: круглые, средней ширины. Зубцы прямые и короткие. Опушение внутренней стороны нижних чешуек очень слабое. Показатели зерен важные для хлебопекарной промышленности по белку хорошие и составляют 12,3-15,6 % (13 % по данным центра оценки качества 2019 года), по клейковине 22,1-30,8 %, ИДК составляет 65-79 е.п. [9,10].

Сорт устойчив к возбудителям заболеваний *Ustilago tritici*, умеренно устойчив к *Puccinia recondit*, *Blumeria graminis*, *Zymoseptoria tritici*, *Zymoseptoria nodorum*, не устойчив к грибам *Microdochium nivale* и *Microdochium majus* [9,10].

Урожайность варьируется в зависимости от региона культивирования от 32,5 ц/га до 91,4 ц/га, в условиях Орловской области в 2019-2020 гг. 81,8-60,3 ц/га соответственно [9].

Предпосевная обработка почвы проводилась с целью выравнивания поверхности почвы и борьбы с сорной растительностью трактором Massey Ferguson 7726 с использованием борона Catros RUSA009, глубина обработки составляла 4-5 см перед посевом. Обработка гербицидами производилась самоходным опрыскивателем Jacto Uniport 4530. Посев осуществлялся с использованием трактора Massey Ferguson 7726 в комбинации с сеялкой Horsch Pronto NT. Норма высева 5 млн./га (пять миллионов семян на один гектар). Для обеспечения плотного контакта семян с почвой использовались гидрофицированные катки (12 м.) с помощью трактора Massey Ferguson 7726.

Обработка посадочного материала проводилась непосредственно перед посевом, с помощью оборудования комплекса средством предпосевной обработки ДАН-1, которое обладает эффектом стимулятора роста и предназначено для обеспечения растений природными элементами питания, повышения здоровья, устойчивости к фитопатогенам, энергии прорастания и всхожести семян, обработки семян и корней (в т.ч. корнеплодов) зерновых, овощных, кормовых, плодово-ягодных, цветочных и декоративных культур [3]. Комплексный во-

дорастворимый препарат содержит в составе природные аминокислоты, гуминовые и фульвовые кислоты, комплекс микроорганизмов антагонистов фитопатогенов, микроэлементы в органической форме (рН 6.3) [3]. Расход рабочего раствора 10 л/т (2 литра ДАН-1 на тонну).

Для разрушения почвенной корки и создания благоприятного водно-воздушного режима почвы использовался трактор РСМ-2400 и тяжелая борона Veles БС-15.

Для внекорневой обработки (подкормки) использовался самоходный опрыскиватель Jacto Uniport 4530, с шириной захвата 36 метров (18 метров на каждое крыло), дозировка КАС-32 составляла 50 л/га.

Уборка урожая производилась комбайном зерноуборочным Claas Tucano 560, ширина захвата 6,8 м.

Ширина захвата посевного комплекса HORSCH PRONTO NT – 12 метров, ширина междурядий 20 см, площадь опыта 12 га (6 га×2 варианта). Предшественник – ячмень. Повторность вариантов – трехкратная, размещение вариантов – сплошное организованное повторение, форма делянок удлиненная.

Отбор проб почвы опытного участка производился в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019, на глубину 30 см. Определение азота по ГОСТ Р 58596-2019 «Почвы. Методы определения общего азота». Определение фосфора и калия по ГОСТ 26204-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО».

Принципиальные различия обработки вариантов опыта озимой пшеницы заключаются в дополнительном внесении средства предпосевной обработки зерна ДАН-1 и представлены в табл. 1.

Таблица 1. Варианты опыта

Вариант	НПК, кг/га	Предпосевная обработка зерна	Внекорневая обработка
Контроль	100	СИСТИВА (0,6 л/га) Иншур Перформ (0,6 л/га) Сабля КС (0,75 л/га)	Отрастание: 50 л/га КАС-32 Конец кущения: 70 л/га КАС-32
Опыт		СИСТИВА (0,6 л/га) Иншур Перформ (0,6 л/га) Сабля КС (0,75 л/га) ДАН-1 (2 л/т)	Отрастание: 50 л/га КАС-32 Конец кущения: 70 л/га КАС-32

24 августа 2022 года обработка почвы, выравнивание поверхности.

4 сентября 2022 года обработка гербицидами перед посевом. Использовался глифосат (IUPAC: N-(фосфометил)-глицин) в дозировке 4 л/га. Сроки обработки обусловлены производственными возможностями действующего хозяйства (погодные и технические условия), являются едиными для всех делянок и не нарушают принцип единообразия эксперимента.

9 сентября 2022 года произведен посев озимой пшеницы.

17 октября 2022 года на стадии прорастания произведена оценка всхожести.

20 мая 2023 года боронование по всходам с целью разрушения почвенной корки и создания благоприятного водно-воздушного режима почвы.

27 мая 2023 года перед началом кущения проведена обработка КАС-32 в дозировке 50 л/га.

2 июня 2023 года на стадии кущения проведена обработка гербицидом в комбинации с инсектицидом в дозировке Агростар 0,03 кг/га (действующее вещество трибенурон-метил 750 г/кг) и Альтаир 1 л/га (действующее вещество альфа-циперметрин 100 г/л).

16 июня 2023 года на стадии выхода в трубку применялась комбинация фунгицида с инсектицидом препаратами Рекс Плюс 1 л/га (действующие вещества фенпропиморф 250 г/л и эпоксиконазол 84 г/л) и Дишанс 1 л/га (действующее вещество диметоат 400 г/л).

2 августа 2023 года на стадии колошения однократно применялся препарат Дикошанс в дозировке 2 л/га (действующее вещество дикват 150 г/л).

13 августа 2023 года – уборка урожая, произведен отбор снопов для оценки продукции.

Результаты исследований и их обсуждение

Описание характеристик опытного участка, включая содержание макроэлементов и органического вещества, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Агрохимические показатели почвы

Почва	pH _(водная)	Органическое вещество, %	N, мг/1000 г	P ₂ O ₅ , мг/1000 г	K ₂ O, мг/1000 г
Чернозем обыкновенный, маломощный, среднегумусовый, среднесуглинистый.	6,8±0,1	8,30±0,3	13,3	75,2±1,8	208,9±1,55

Почва опытного участка содержала высокий уровень органического вещества 8,30±0,3 %, близкую к нейтральной реакцию водородного показателя 6,8±0,1, среднее содержание подвижного фосфора (P₂ O₅), высокое содержание обменного калия (K₂ O). Оценка показателей всхожести приведена в табл. 3.

Таблица 3. Показатели всхожести

Вариант	Среднее кол-во, шт.
Контроль	429
Опыт	428

Структурные характеристики полученного урожая приведены в табл. 4.

Таблица 4. Оценка образцов

Вариант	Средняя длина, мм.	Длина колоса, мм.	Наличие поражений, шт.	Зерен в колосе, шт.	Масса снопа, гр.	Масса колосьев, гр.	Масса сорняков, гр.
Контроль	371	46	26	10	475,9	270,8	90,1
Опыт	455	55	0	16	526,0	309,6	91,7

Проведение исследований в полевых условиях подтвердило гипотезу о том, что предпосевная обработка посадочного материала минерально-органическим удобрением ДАН-1 повысит урожайность и окажет влияние на снижение заболеваний озимой пшеницы.

Влияние на всхожесть не обнаружено, предположительно, для достижения воспроизводимых результатов требуется увеличить количество измерений для вариантов опыта, что связано со значительным влиянием, которое оказывает почвенная микрофлора каждого участка. Возможно, средство оказывает положительный эффект на сам агробиоценоз, который положительно влияет на здоровье и рост культуры. В связи с этим актуально прямое изучение влияния удобрений на агробиоценоз почвы как объект исследований, вместо исследования косвенного влияния на саму культуру.

Вегетационный период у образцов, подвергавшихся обработке (опыт), незначительно увеличился в сравнении с контрольным вариантом. Такая же закономерность была отмечена в работах Виноградова Д. В. и Зубковой Т. В., в которых применялись биологические удобрения при обработке зерна, и срок вегетации озимой пшеницы увеличился на 6 и 8 дней [6].

Проведенный отбор снопов пшеницы для оценки урожайности показал увеличение массы колосьев на 12,5 % для опытного варианта (использование средства предпосевной обработки ДАН-1) относительно контрольного варианта.

Масса 1000 зерен составила 48 г для контрольного варианта, 52 г для опытного варианта. Масса опытного варианта больше контрольного варианта на 4 г.

Средняя высота образцов озимой пшеницы для экспериментальных вариантов, с использованием средства ДАН-1, составляла 455 мм, что выше контрольного образца на 18,6 %.

Суммарное наличие поражений (фузариоз, головня, плесени) у контрольного варианта наблюдалось значительно большее при сравнении с опытным вариантом (единичные случаи).

Пересчитывая полученные результаты на 1 га, средняя масса урожая для опытного варианта составила 27,7 ц (2,77 тонны), а также 21,6 ц (2,16 тонны) для контрольного варианта.

Таким образом, применение удобрения ДАН-1 в схеме повлияло на повышение урожая, увеличение относительно контроля составляет 6 ц/га (0,60 тонна/га). При оптовой стоимости 1 тонны пшеницы 11-14 тыс. рублей производитель получает выгоду в 6,6-8,4 рублей с 1 га, при дополнительных затратах 110 руб./га. Использование средства предпосевной обработки ДАН-1 дало прибыль с каждого вложенного рубля в 75 рублей.

Выводы

1. Предпосевная обработка озимой пшеницы удобрением ДАН-1 совместно с химическими фунгицидами положительно влияет на урожайность +28,2 % (+6 ц/га), массу 1000 зерен +8,3 % (+4 г).

2. Получен положительный экономический эффект от применения удобрения ДАН-1 в полевых условиях действующего хозяйства от +6,6 до +8,4 тыс. руб./га. Прибыль с каждого вложенного рубля в 75 рублей.

3. Обнаружено значительное снижение заболеваемости культуры (опыт 0, контроль 26), исследование которого не входило в поставленные задачи опыта.

4. Проведение дополнительных практических полевых исследований, направленных на изучение влияния средства предпосевной обработки ДАН-1 на всхожесть культуры и агробиоценоз почвы расширит полученную информацию и даст понимание последствий его применения для осуществления прогнозированного сельского хозяйства.

Список источников

1. Абдуазимов А.М., Вафоева М.Б., Хазраткулова Ш.У. Влияние предпосевной обработки и внекорневой подкормки на первоначальные биометрические показатели озимой пшеницы // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 2(65). С. 13-16.

2. Абдуазимов А.М., Вафоева М.Б. Эффективность инновационных форм удобрений при возделывании озимой пшеницы // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Соленое Займище, 10-12 августа 2021 года. Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. Соленое Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, 2021. С. 294-297.

3. Балыков Д.В. Применение органического протравителя ДАН-1 как средства предпосевной обработки семян // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: Материалы XXI Международной научно-практической конференции, Кемерово, 7-8 декабря 2022 года. Кемерово, 2022. С. 673-677.

4. Вильдфлуш И.Р. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур // учебно-методическое пособие под ред. И.Р. Вильдфлуша, П.А. Саскевича. Горки: БГСХА, 2016. 383 с.

5. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. Минск: Беларус. наука, 2011. 293 с.

6. Виноградов Д.В., Зубкова Т.В. Влияние способов обработки почвы и биологических удобрений на урожайность ярового рапса и озимой пшеницы в условиях лесостепи // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 21-28.

7. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И. Эффективность и экологическая безопасность современных фунгицидов для защиты зерновых культур // Журнал Агрохимия 2013. № 12. С. 28-33.

8. Еськов И.Д., Теняева О.Л., Шаповалов А.Г. Защита картофеля от болезней при гребневой технологии возделывания в лесостепной зоне Поволжья // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2022. Т. 14. № 4. С. 319-322.

9. Сидорова Е.К. Оценка новых сортов пшеницы мягкой озимой немчиновской и Краснодарской селекций в условиях Орловской области // Научный журнал молодых ученых. 2022. № 1(26). С. 41-49.

10. Фотосинтетическая деятельность посевов озимой пшеницы в зависимости от стимуляторов роста, микробиологических удобрений и биофунгицида в условиях среднего Поволжья / В. Н. Фомин, А. М. Козин, И. И. Мардиев, Р. Г. Хуснутдинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 3-13.

References

1. Abduazimov A.M., Vafoeva M.B., Khazratkulova Sh.U. The influence of pre-sowing and foliar top dressing on the initial biometric indicators of winter wheat. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University, 2021, No. 2(65), pp. 13-16.

2. Abduazimov A.M., Vafoeva M.B. The effectiveness of innovative forms of fertilizers in the cultivation of winter wheat. Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex: a collection of materials of the International scientific and practical conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences V.P. Zvolinsky and the 30th anniversary of the creation of the Federal State Budgetary Scientific Institution «PAFSC RAS», Saline Zaymishche, August 10-12 In 2021. Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Salty Zaymishche: Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2021, pp. 294-297.

3. Balykov D.V. Application of the organic mordant DAN-1 as a means of pre-sowing seed treatment. Modern trends in agricultural production in the global economy: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, December 7-8, 2022. Kemerovo, 2022, pp. 673-677.

4. Wildflush I.R. Modern technologies of cultivation of agricultural crops. Educational and methodical manual edited by I.R. Wildflush, P.A. Saskevich. Slides: BSAA, 2016. 383 p.

5. Wildflush I.R. The effectiveness of the use of micronutrients and growth regulators in the cultivation of agricultural crops. I.R. Wildflush [et al.]. Minsk: Belarusian science, 2011. 293 p.

6. Vinogradov D.V., Zubkova T.V. The influence of soil tillage methods and biological fertilizers on the yield of spring rapeseed and winter wheat in forest-steppe conditions. Agrarian Scientific Journal, 2023, no. 11, pp. 21-28.

7. Grishechkina L.D., Dolzhenko V.I. Efficiency and environmental safety of modern fungicides for the protection of grain crops. Journal of Agrochemistry, 2013, no. 12, pp. 28-33.

8. Eskov I.D., Tanyaeva O.L., Shapovalov A.G. Protection of potatoes from diseases with advanced cultivation technology in the forest-steppe zone of the Volga region. Interdisciplinary scientific and applied journal «Biosphere», 2022, vol. 14, no. 4, pp. 319-322.

9. Sidorova E.K. Evaluation of new varieties of soft winter wheat of Nemchinovskaya and Krasnodar breeding in the conditions of the Oryol region. Scientific Journal of Young Scientists, 2022, no. 1(26), pp. 41-49.

10. Photosynthetic activity of winter wheat crops depending on growth stimulators, microbiological fertilizers and biofungicide in the conditions of the Middle Volga region. V. N. Fomin, A.M. Kozin, I. I. Mardiev, R. G. Khusnutdinov. News Samara State Agricultural Academy, 2022, no. 3, pp. 3-13.

Информация об авторах

Д.В. Балыков – аспирант;

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

А.И. Линник – кандидат технических наук, генеральный директор.

Information about the authors

D.V. Balykov – Postgraduate student;

M.A. Pazin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production;

A.I. Linnik – Candidate of Technical Sciences, General Director.

Научная статья

УДК 633.14: 631.5

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-99-107

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ РЖИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

Шкуркина Анна Сергеевна¹

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

¹anna.agroeco@mail.ru

Аннотация. С целью улучшения условий выращивания гибридов озимой ржи в Нечерноземной зоне применяются регуляторы роста растений, комплексные органические и минеральные удобрения. Благодаря биологическим органическим и органоминеральным удобрениям улучшается усвояемость макро- и микроэлементов из минеральных и органических удобрений, что в свою очередь повышает стрессоустойчивость озимой ржи к внешним воздействиям различных факторов. В статье представлены результаты исследования продуктивности гибридов озимой ржи на фоне применения жидких органоминеральных удобрений Фолирус Актив, Фолирус Макси, Аресоил ККР, Лебозол в виде некорневых подкормок в условиях Центральной части Нечерноземья. Предложен анализ перезимовки ржи, корреляционно-регрессивный анализ в зависимости от варианта опыта. Выявлено, что весенняя обработка агрохимикатами в фазу кущения повышала перезимовку озимой ржи, где высокий показатель отмечен на варианте гибрида ЗУ Форзетти на фоне действия Фолирус Актив – 72,1%, на фоне действия Аресоил ККР – 66,9%. Максимальная урожайность зерна ржи получена на вариантах ЗУ Форзетти + Фолирус Актив (41,4 ц/га), Этерно + Фолирус Актив (32,6 ц/га), Раво + Фолирус Актив (35,7 ц/га).

Ключевые слова: озимая рожь, урожайность, структура урожая, Нечерноземная зона, биоудобрения

Для цитирования: Шкуркина А.С. Формирование урожая озимой ржи при применении некорневых подкормок удобрениями в Центральном Нечерноземье // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 99-107. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-99-107>.

Original article

THE FORMATION OF A WINTER RYE CROP WITH THE USE OF NON-ROOT FERTILIZING FERTILIZERS IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

Anna S. Shkurkina¹

¹Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹anna.agroeco@mail.ru

Abstract. In order to improve the growing conditions of winter rye hybrids in the non-black earth zone, plant growth regulators, complex organic and mineral fertilizers are used. Thanks to biological organic and organomineral fertilizers, the assimilation of macro- and microelements from mineral and organic fertilizers is improved, which in turn increases the stress resistance of winter rye to external effects of various factors. The article presents the results of studies of the productivity of winter rye hybrids against the background of the use of liquid organomineral fertilizers Folirus Active, Folirus Maxi, Arksoyl KKR, Lebozol in the form of foliar top dressing in the conditions of the Central part of the non-black earth region. The analysis of rye overwintering, correlation and regression analysis depending on the variant of the experiment is proposed. It was revealed that spring treatment with agrochemicals in the tillering phase increased the overwintering of winter rye, where a high indicator was noted on the variant of the ZU Forzetti hybrid against the background of Folirus Active action – 72.1%, against the background of the action of Arksoyl KKR – 66.9%. The maximum yield of rye grain was obtained on the variants of Forzetti + Folirus Active (41.4 c/ha), Eterno + Folirus Active (32.6 c/ha), Ravo + Folirus Active (35.7 c/ha).

Keywords: winter rye, yield, crop structure, non-black earth zone, biofertilizers

For citation: Shkurkina A.S. The formation of a winter rye crop when using non-root fertilizing fertilizers in the Central Non-Black Earth region. *Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 99-107. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-99-107>.*

Введение

Важным фактором получения качественного и количественного урожая озимых зерновых культур является обоснованный расчет уровня питания растений с учетом агрохимического обеспечения почвы, технологии выращивания, климатической зоны, а также качество сорта или гибрида [2, 4, 7, 11]. Для обеспечения стабильного производства зерна важно культивирование высокозимостойких сортов с соблюдением технологических требований. Приоритетным направлением селекции новых сортов озимой ржи является зимостойкость.

Отметим, что гибридная рожь дает высокий урожай при меньших затратах на средства защиты и минеральные удобрения. Поэтому в России наблюдаются схожие тенденции: посевные площади различных гибридов этой культуры ежегодно увеличиваются на фоне сокращения посевных площадей популяционных сортов ржи. В научной литературе нет единого мнения по этим вопросам. Некоторые исследователи утверждают, что на более плодородных почвах лучшие результаты урожайности зерна достигаются при более высоких нормах высева, а на бедных почвах - при более низких. Кроме того, при высокой цене минеральных удобрений особую важность приобретает поиск оптимальных доз и способов их внесения для получения максимального эффекта, рационального использования, учета потенциала растений и имеющихся ресурсов [9, 12, 13].

В Нечерноземной зоне снижение урожайности зерновых культур связано с содержанием нитратного азота в почве. Внесение азотных удобрений, содержание гумуса и погодные условия – факторы, определяющие количество нитратного азота в пахотном слое.

Озимая рожь особо отзывчива на применение минеральных удобрений. Обеспечение растений необходимыми питательными веществами в фазы кущения и выхода в трубку имеет большое значение [1, 3]. Важно отметить, что избыток азотных соединений может привести к полеганию растений, в результате чего снижается урожай зерна. Использование дробного внесения азотных удобрений как в основное удобрение, так и в виде подкормки помогает избежать негативных последствий от избытка азота, таких как осеннее перерастание, плохая зимовка и полегание. В то же время, подпитка растений азотом в ранневесенний период обеспечивает их развитие в момент весеннего отрастания, так как низкие температуры в это время замедляют микробиологическую активность почвы и накопление минерального азота [8, 9].

Последние десятилетия при выращивании озимых зерновых культур как элемента агротехнологии применяют различные биологические, органические и органоминеральные удобрения в виде обработки семян и некорневых подкормок, которые неизменно способствуют увеличению продуктивности культур и повышению качества.

Биологические удобрения различной природы воздействия на сельскохозяйственные культуры существенно увеличивают усвояемость элементов из минеральных и органических удобрений, повышая устойчивость к неблагоприятным факторам, в том числе вредителям и болезням. При применении некорневых подкормок в агроценозах озимой ржи повышается зимостойкость и морозоустойчивость растений, устойчивость к сухим и жарким периодам развития, стрессоустойчивость культуры [5, 6, 10].

Цель исследований – выявить эффективность использования некорневых подкормок удобрений на урожайность различных гибридов озимой ржи в условиях Центральной части Нечерноземной зоны.

Материалы и методы исследований

Полевой опыт с озимой рожью заложен в условиях Домодедовского района, Московской области на базе Центральной опытной станции (ЦОС) ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова в 2022-2023 гг. (рис. 1). Агрохимическая характеристика опытной дерново-

подзолистой тяжелосуглинистой почвы (средние значения): содержание гумуса 2,2%; N-NO₃ – 7,60 мг/кг; N-NH₄ – 1,38 мг/кг; P₂O₅ – 160 мг/кг; K₂O – 173 мг/кг; рН_{KCl} – 5,49.

Опыт был заложен по методике опытного дела в изложении Б.А. Доспехова по двухфакторной схеме. Фактор А – гибриды озимой ржи ЗУ Форзетти, Раво, Этерно. Фактор Б – обработка растений по вегетации агрохимикатами Лебозол, Арксойл ККР, Фолирус Актив, Фолирус Макси, которые вносили в качестве листовой подкормки два раза за вегетацию культуры: в ранне-осенний период – в фазе кущения в дозе 2 л/га, весной – при развитии флагового листа – начала колошения – по 3 л/га. Арксойл ККР обрабатывали в те же фазы в дозе 0,15 л/га. Внесение агрохимикатов осуществляли совместно с пестицидами при расходе жидкости 300 л/га. По вегетации применяли инсектицид Борей Нео, 0,2 л/га; Титул ККР, 390, 0,26 л/га; Примадонна Супер, ККР, 0,7 л/га.



Рисунок 1. Мониторинг опытных посевов озимой ржи в различные фазы роста и развития

Выращивали озимую рожь по общепринятой технологии для условий Нечерноземья. Предшественник – горох на зерно. Доза минеральных удобрений (фон) – N₁₁₅P₄₅K₄₅. Посев сеялкой СЗ-5,4, с нормой высева всех гибридов ржи 2,5-2,6 млн. семян на 1 гектар.

Общая площадь делянки 120 м², учетной 100 м², размещение вариантов систематическое. Повторность четырехкратная.

Результаты исследований и их обсуждение

Использование всех органоминеральных жидких удобрений в опыте позволило повысить перезимовку и сохранность гибридов озимой ржи; выживаемость культуры наблюдалась на уровне 71,2-61,5% (ЗУ Форзетти), 56,4-49,3% (Этерно), 66,0-56,2% (Раво). Учитывая, что вегетационный период 2022-2023 гг. для озимых зерновых культур сложился существенно неблагоприятным по условиям перезимовки, вследствие образования ледяной корки, потери к весеннему периоду у опытной культуры доходили до 48%.

Лучшая перезимовка выявлена у ржи гибрида ЗУ Форзетти на фоне действия агрохимикатов Фолирус Актив (72,1%), Арксойл ККР (66,9%); наименьшие показатели перезимовки наблюдались на контрольных вариантах (без обработки агрохимикатом) от 48,4% до 62,2%, в зависимости от гибрида.

К уборке показатель количества растений ржи составил 147,4-171,9 шт./м² (ЗУ Форзетти), 115,3-132,7 шт./м² (Этерно), 136,6-160,8 шт./м² (Раво).

В целом по вариантам обработки агрохимикатами агроценозов озимой ржи, максимальные в опыте показатели структуры урожая выявлены на делянках с действием препаратов Фолирус Актив и Арксойл ККР, минимальные – на контроле (рис. 2, 3).

Максимальные показатели числа зерен в колосе определены на вариантах Арксойл ККР + ЗУ Форзетти (35,5 шт.), Фолирус Актив + ЗУ Форзетти (34,4 шт.), Фолирус актив + Раво (36,2 шт.).

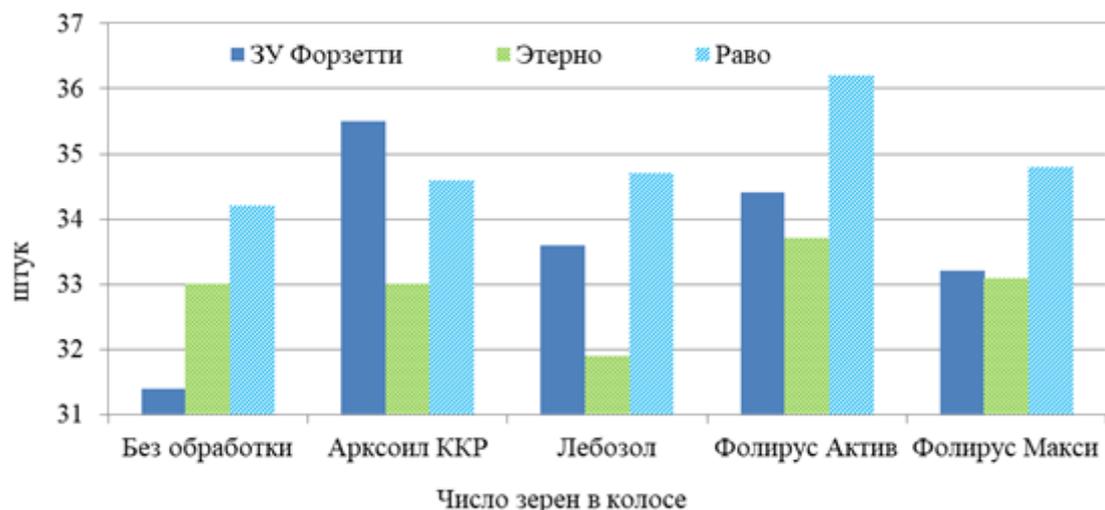


Рисунок 2. Значения показателя числа зерен в колосе (шт./1 растение) у гибридов озимой ржи в зависимости от обработки агрохимикатами

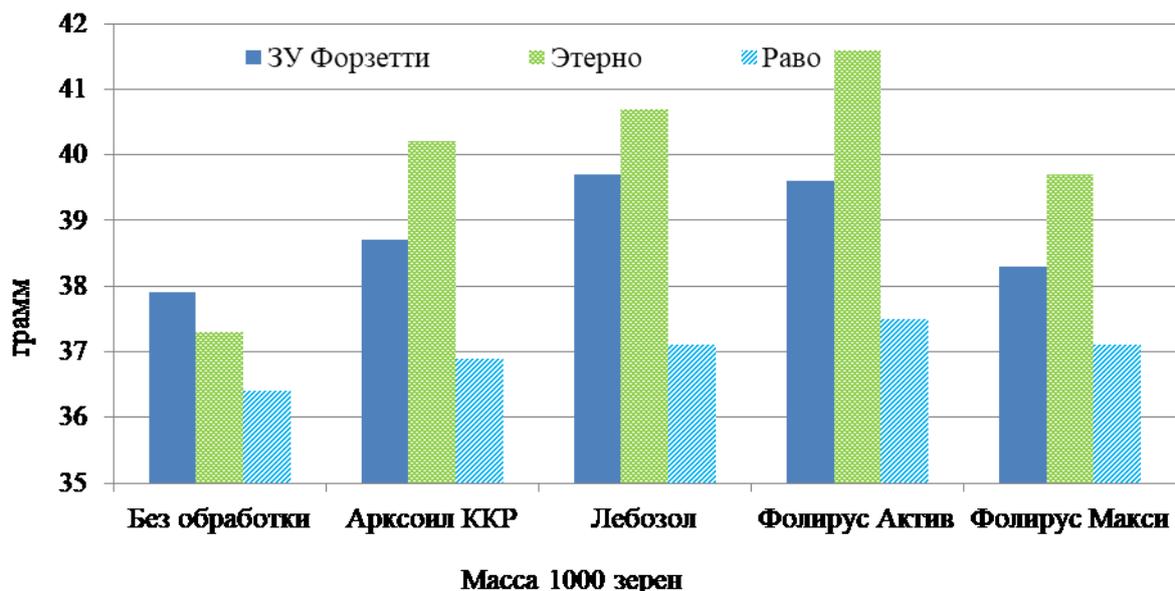
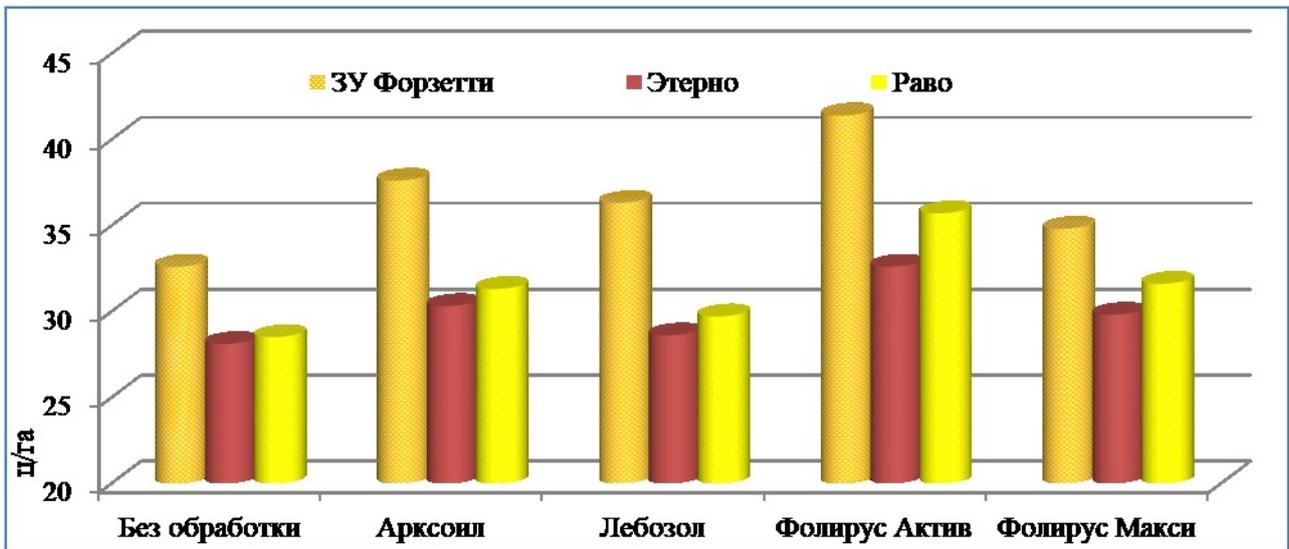


Рисунок 3. Значения показателя массы 1000 семян (грамм) у гибридов озимой ржи в зависимости от обработки агрохимикатами

Более крупные зерновки отмечены у сорта Этерно, где масса 1000 семян варьировала от 37,3г на контроле до 41,6г по варианту Фолирус Актив. В целом, высокие прибавки по показателю массы 1000 семян к контрольному варианту составили для гибрида ЗУ Форзетти +1,8г (Лебозол), +1,7г (Арксоил ККР); для гибрида Этерно +4,3г (Фолирус Актив), +3,4г (Лебозол), +3,0г (Арксоил ККР); для гибрида Раво +1,1г (Фолирус Актив), +0,7г (Лебозол и Фолирус Макси).

Увеличение значений структуры урожая в зависимости от двукратной обработки органо-минеральными удобрениями по вегетации гибридов ржи вело к повышению урожая культуры. Урожайность варьировала от 28,5 до 41,4 ц/га в зависимости от варианта исследований (табл. 4).



НСР₀₅ взаимодействия факторов АВ – 2,16

Рисунок 4. Урожайность озимой ржи в зависимости от обработки агрохимикатами, ц/га

Высокую семенную продуктивность ржи давали варианты по гибриду ЗУ Форзетти, от 32,6 до 41,4 ц/га. И наоборот, более низкие показатели урожайности выявлены по гибриду Этерно, от 28,1 ц/га до 32,6 ц/га.

В эксперименте, наиболее эффективным в повышении продуктивности ржи агрохимикатом являлся Фолирус Актив, на котором была зафиксирована максимальная по гибридам урожайность: ЗУ Форзетти + Фолирус Актив (41,4 ц/га), Этерно + Фолирус Актив (32,6 ц/га), Раво + Фолирус Актив (35,7 ц/га). Также, высокие показатели урожайности выявлены на вариантах с действием Арксиол ККР по всем гибридам (37,6-30,3 ц/га) и Лебозол (36,3 ц/га, по гибриду ЗУ Форзетти), Фолирус Макси (29,3 ц/га, Этерно и 31,6 ц/га Рапо).

На рис. 5 представлена графическая интерпретация уравнения множественной регрессии зависимости урожайности озимой ржи (Z) от числа зерен в колосе (Y) и продуктивной кустистости (X).

$$Z = -9,5284 + 22,7257 * x + 0,4325 * y$$

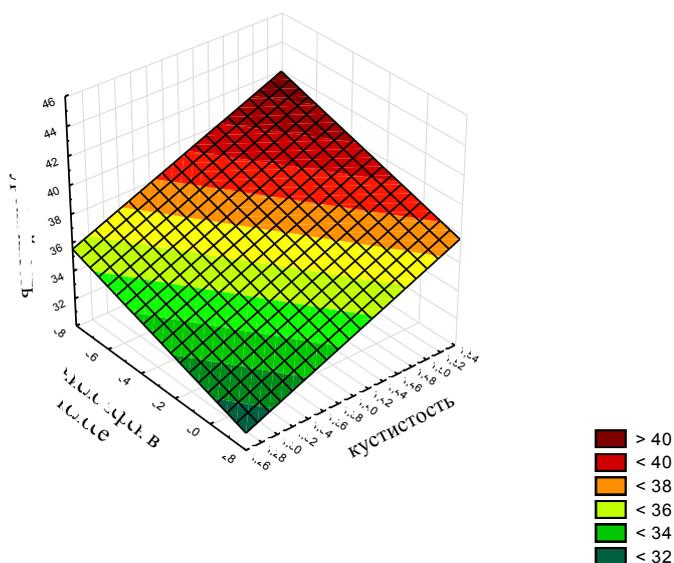


Рисунок 5. Зависимость урожайности озимой ржи от числа зерен в колосе и продуктивной кустистости на гибриде ЗУ Форзетти

Исходя из значений коэффициентов регрессии – 22,7 ц/га и 0,4 ц/га для двух переменных, можно предположить, что на формирование урожайности культуры гибрида ЗУ Форзетти наибольший вклад обеспечивает продуктивная кустистость, так как при увеличении ее на единицу урожайность может повыситься на 22,7 ц/га. Аналогично в отношении числа зерен – на 0,4 ц/га. Предположим, что рожь сформировала продуктивную кустистость 1,5 ед. и число зерен 30 шт., тогда, согласно уравнению, прогнозируемая урожайность составит 36 ц/га. Если кустистость равна 1,3 ед, (уменьшится относительно первого уровня на 13%), то при том же числе зерен урожайность снизится до 31 ц/га, то есть на 5 ц/га. При неизменной величине кустистости 1,5 ед и уменьшении числа зерен на 13%, составит 26 шт.; урожайность ржи окажется меньше первоначального уровня (36 ц/га) всего на 2 ц/га.

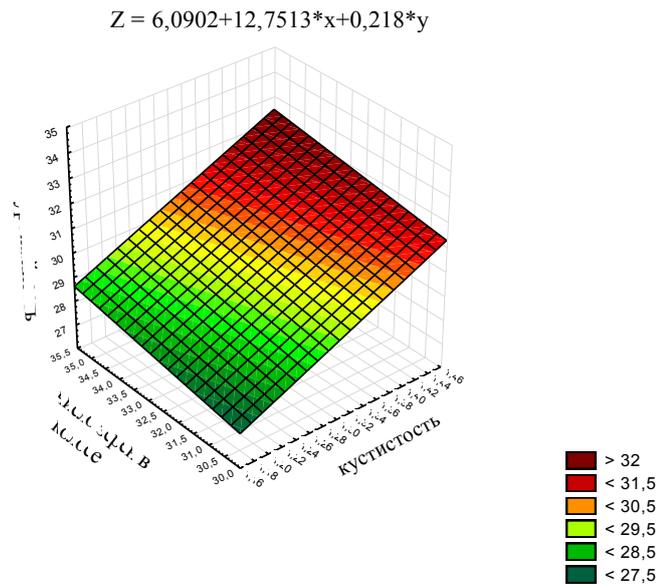


Рисунок 6. Зависимость урожайности озимой ржи от числа зерен в колосе и продуктивной кустистости на гибриде Этерно

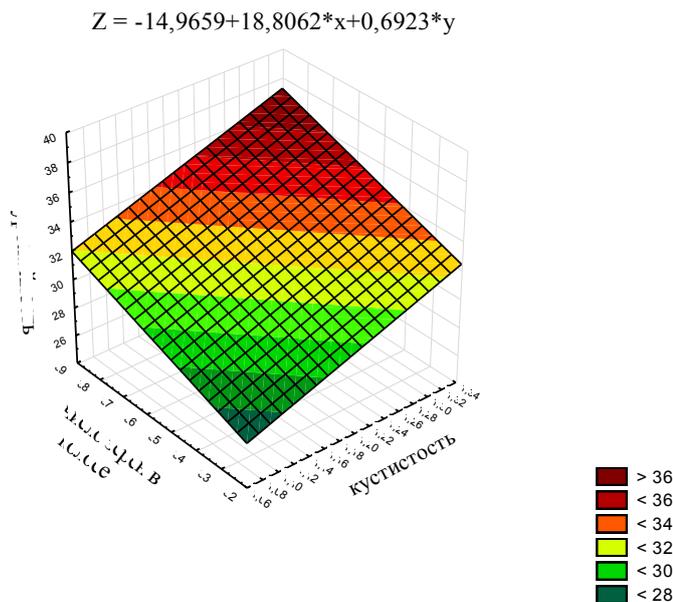


Рисунок 7. Зависимость урожайности озимой ржи от числа зерен в колосе и продуктивной кустистости на гибриде Раво

По-видимому, формирование урожайности ржи сорта Этерно в меньшей степени зависит от продуктивной кустистости и числа зерен. При относительно близкой в среднем по обработкам урожайности при сравнении с сортом ЗУ Форзетти значения коэффициентов регрессии оказались меньше – 12,7 и 0,2 ц/га (рис. 6), при значении показателей 1,5 ед и 30 шт. урожайность гибрида Этерно прогнозируется на уровне 31 ц/га, в то время, как на гибриде ЗУ Форзетти она составит 36 ц/га. Констатируем, что Этерно – гибрид в большей степени подвержен влиянию неблагоприятных факторов – погодным условиям (в том числе вымерзанию и выпреванию), действию вредителей и болезней, или имеет место завуалированное влияние неучтенного фактора из списка каких-то других структурных элементов урожая.

По гибриду Раво можно предположить (рис. 7), что число зерен в колосе усиливает продукционный процесс формирования урожайности. Коэффициент регрессии оказался самым максимальным из трех сравниваемых сортов – 0,69 ц/га.

Эффект от кустистости был меньше по сравнению с ЗУ Форзетти, но выше при сравнении с гибридом Этерно. Варианты с Раво заняли промежуточное положение между двумя гибридами. Программируя при тех же исходных условиях кустистости и числа зерен, урожайность составит 34 ц/га. Здесь можно предположить, что обработки в большей степени оказали влияние на показатель числа зерен в колосе. В меньшей степени это проявилось на гибриде Этерно, на ЗУ Форзетти – проявился исключительный эффект от продуктивной кустистости.

Выводы

1. Подтверждена положительная эффективность применения жидких органоминеральных удобрений Фолирус Актив, Фолирус Макси, Арксоил ККР, Лебозол в повышении урожайности гибридов озимой ржи в условиях Московской области. Осенняя обработка агрохимикатами в фазу кущения повышала перезимовку озимой ржи, где высокий показатель отмечен на варианте гибрида ЗУ Форзетти на фоне действия Фолирус Актив – 72,1%, на фоне действия Арксоил ККР – 66,9%.
2. Получена максимальная урожайность зерна ржи на вариантах ЗУ Форзетти + Фолирус Актив (41,4 ц/га), Этерно + Фолирус Актив (32,6 ц/га), Раво + Фолирус Актив (35,7 ц/га).
3. Результаты корреляционно-регрессивного анализа доказывают существенную роль в формировании урожайности культуры, таких показателей структуры урожая, как количество зерен в колосе и продуктивную кустистость ржи.

Список источников

1. Виноградов Д.В. и др. Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области / Д.В. Виноградов, А.А. Соколов, Е.И. Лупова, И.С. Питюрина // Международный технико-экономический журнал. 2016. № 5. С. 57-63.
2. Воронов С.И., Киричкова И.В., Новиков С.Ю. Возделывание озимой ржи при различных уровнях интенсификации в Центральном Нечерноземье // Аграрная Россия, 2023. № 11. С. 3-6.
3. Габибов М.А., Троц Н.М., Виноградов Д.В. Практикум по агрохимии. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2022. 222 с.
4. Гулидова В.А. Ресурсосберегающая технология озимой пшеницы // Липецк: ООО «Центр полиграфии», 2006. 400 с.
5. Гулидова В.А., Зубкова Т.В. Технохимический контроль растениеводческой продукции. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2020. 74 с.
6. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Технология хранения и переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур. Елец-Рязань: ИП Колупаева Е.В., 2023. 168 с.
7. Пеньшин А.А. и др. Качество пшеничной муки в зависимости от условий ее хранения / А.А. Пеньшин, Д.В. Виноградов, Е.И. Лупова, М.В. Евсенина // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: IV Межд. науч.-практич. конф. Рязань: РГАТУ, 2020. С. 329-334.

8. Практикум по растениеводству / Д.В. Виноградов, Н.В. Вавилова, Н.А. Дуктова, П.Н. Ванюшин. Рязань: РГАТУ, 2014. 320 с.
9. Рысев М.Н., Волкова Е.С., Федотова Е.Н. [и др.]. Закономерности действия удобрений под озимую рожь на дерново-подзолистых почвах // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 18-25.
10. Системы обработки почв / М.М. Крючков, А.С. Мастеров, Д.В. Виноградов [и др.]. Горки-Рязань: Book Jet, 2021. 268 с.
11. Соколов А.А., Сазонкин К.Д., Виноградов Д.В. [и др.] Выращивание зерновых культур // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Рязань: РГАТУ, 2023. С. 394-399.
12. Трушкина Ю.С., Сазонкин К.Д., Виноградов Д.В. Фитосанитарное состояние посевов как фактор повышения урожайности // Матер. нац. науч.-практич. конф. «Наука и молодежь: актуальные вопросы и пути инновационного развития АПК». П. Майский: Белгородский ГАУ, 2023. С. 302-303.
13. Физико-химическая модель плодородия серой лесной почвы как информационной основы ее устойчивости к неблагоприятным воздействиям / Р.Н. Ушаков, Д.В. Виноградов, В.И. Гусев, А.Н. Зубец // Почвы Азербайджана: генезис, мелиорация, рациональное использование и экология: Межд. науч. конф. Том 2. Баку-Габала, 2012. С. 1013-1018.

References

1. Vinogradov D.V. et al. Phytosanitary condition of grain crops in the conditions of the Ryazan region. D.V. Vinogradov, A.A. Sokolov, E.I. Lupova, I.S. Pityurina. International Technical and Economic Journal, 2016, no. 5, pp. 57-63.
2. Voronov S.I., Kirichkova I.V., Novikov S.Yu. Cultivation of winter rye at various levels of intensification in the Central Non-Black Earth region. Agrarian Russia, 2023, no. 11, pp. 3-6.
3. Gabibov M.A., Trots N.M., Vinogradov D.V. Practicum on agrochemistry. Kinel: Samara State Agrarian University, 2022. 222 p.
4. Gulidova V.A. Resource-saving technology of winter wheat. Lipetsk: LLC «Center of polygraphy», 2006. 400 p.
5. Gulidova V.A., Zubkova T.V. Technochemical control of crop production. Yelets: Bunin Yelets State University, 2020. 74 p.
6. Zubkova T.V., Vinogradov D.V. Technology of storage and processing of cereals, legumes and oilseeds. Yelets-Ryazan: IP Kolupaeva E.V., 2023. 168 p.
7. Penshin A.A. et al. The quality of wheat flour depending on its storage conditions. A.A. Penshin, D.V. Vinogradov, E.I. Lupova, M.V. Evsenina. Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agricultural technologies: IV International Scientific and Practical Conference. Ryazan: RSATU, 2020, pp. 329-334.
8. Workshop on crop production. D.V. Vinogradov, N.V. Vavilova, N.A. Duktova, P.N. Vanyushin. Ryazan: RSATU, 2014. 320 p.
9. Rysev M.N., Volkova E.S., Fedotova E.N. [et al.]. Regularities of the action of fertilizers for winter rye on sod-podzolic soils. News Velikiye Luki State Agricultural Academy, 2018, no. 4, pp. 18-25.
10. Soil treatment systems. M.M. Kryuchkov, A.S. Masters, D.V. Vinogradov [et al.]. Gorki-Ryazan: Book Jet, 2021. 268 p.
11. Sokolov A.A., Sazonkin K.D., Vinogradov D.V. [et al.] Cultivation of grain crops. The ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agricultural technologies. Ryazan: RSATU, 2023, pp. 394-399.
12. Trushkina Yu.S., Sazonkin K.D., Vinogradov D.V. Phytosanitary condition of crops as a factor of increasing productivity // Mater. national scientific and practical conf. «Science and youth: current issues and ways of innovative development of the agro-industrial complex». Village Maysky: Belgorod State Agrarian University, 2023, pp. 302-303.

13. Physico-chemical model of fertility of gray forest soil as an information basis for its resistance to adverse effects. R.N. Ushakov, D.V. Vinogradov, V.I. Gusev, A.N. Zubets. Soils of Azerbaijan: genesis, land reclamation, rational use and ecology: International scientific Conference, vol. 2, Baku-Gabala, 2012, pp. 1013-1018.

Информация об авторах

Шкуркина А.С. – соискатель кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

Shkurkina A.S. – Researcher of the Department of Agrotechnologies, Storage and Processing of Agricultural Products.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 663.55

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-108-114

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ САХАРНОГО ДИСТИЛЛЯТА В ПЕРЕГОННОМ КУБЕ С УЧЕТОМ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛОПЕРЕНОСА

**Бунеев Сергей Сергеевич^{1✉}, Шубкин Сергей Юрьевич², Елецких Сергей Витальевич³,
Клапп Анатолий Владимирович⁴, Родионова Марина Александровна⁵**

^{1,2,3,4,5}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

¹limes88@mail.ru✉

²shubkin.92@mail.ru

³esv8@yandex.ru

⁴klappanat@yandex.ru

⁵florenskay@mail.ru

Аннотация. В данной статье предлагается математическая модель процесса получения дистиллята (спирта) в перегонном кубе, которая учитывает законы гидродинамики и теплопередачи. Полученная в процессе исследования система дифференциальных уравнений позволяет описывать изменение концентрации спирта в жидкости и паре, а также температуру жидкости и пара, и их объем в течение времени. Для более точного описания динамики системы модель учитывает основные законы термодинамики. Численное решение системы дифференциальных уравнений получено с помощью системы компьютерной математики Maple. Получена геометрическая интерпретация решений в виде двумерных графиков, отражающих концентрации спирта, температуры и объема жидкости и пара с течением времени. Анализ модели дает представление о поведении основных показателей системы, таких как: концентрация спирта в жидкости и паре, температура и объем жидкости и пара. Изменения с течением времени этих показателей происходят в соответствии с законами термодинамики. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации процесса дистилляции спирта и повышения его эффективности.

Ключевые слова: математическая модель, дистилляция, перегонка, гидродинамика, динамика системы

Для цитирования: Математическое моделирование процесса получения сахарного дистиллята в перегонном кубе с учетом гидродинамики и теплопереноса / С.С. Бунеев, С.Ю. Шубкин, С.В. Елецких, А.В. Клапп, М.А. Родионова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 108-114. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-108-114>.

Original article

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF OBTAINING SUGAR DISTILLATE IN A DISTILLATION CUBE, TAKING INTO ACCOUNT HYDRODYNAMICS AND HEAT TRANSFER

**Sergey S. Buneev^{1✉}, Sergey Yu. Shubkin², Sergey V. Yeletskikh³, Anatoly V. Klapp⁴,
Marina A. Rodionova⁵**

^{1,2,3,4,5}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹limes88@mail.ru✉

²shubkin.92@mail.ru

³esv8@yandex.ru

⁴klappanat@yandex.ru

⁵florenskay@mail.ru

Abstract. This article proposes a mathematical model of the process of obtaining distillate (alcohol) in an alembic, which takes into account the laws of hydrodynamics and heat transfer. The system of differential

equations obtained in the course of the study allows us to describe the change in alcohol concentration in liquid and steam, as well as the temperature of liquid and steam, and their volume over time. For a more accurate description of the dynamics of the system, the model takes into account the basic laws of thermodynamics. The numerical solution of the system of differential equations is taught using the Maple computer mathematics system. A geometric interpretation of the solutions is obtained in the form of two-dimensional graphs reflecting the alcohol concentration, temperature and volume of liquid and steam over time. The analysis of the model gives an idea of the behavior of the main indicators of the system, such as: alcohol concentration in liquid and steam, temperature and volume of liquid and steam. Changes in these indicators over time occur in accordance with the laws of thermodynamics. The obtained results can be used to optimize the alcohol distillation process and increase its efficiency.

Keywords: *mathematical model, distillation, hydrodynamics, system dynamics*

For citation: *Mathematical modeling of the process of obtaining sugar distillate in a distillation cube, taking into account hydrodynamics and heat transfer. S.S. Buneev, S.Yu. Shubkin, S.V. Yeletsikh, A.V. Klapp, M.A. Rodionova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 108-114. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-108-114>.*

Введение

Основным процессом производства в алкогольной, химической и биотехнической продукции является дистилляция спиртов [1, 3, 4, 11]. Эта технология позволяет, пользуясь разными температурами кипения жидкостей в смесях получать высококачественные продукты [5, 6]. В том числе и при производстве биотоплива [9]. В связи с тем, что в последние годы спрос на экологические и эффективные технологии возрастает, исследования в этой области становятся все более актуальными.

Главная проблема производителя для достижения эффективности и минимизации затрат - оптимизация процесса дистилляции. Существующие методы дистилляции не дают должного экологического и экономического эффектов, потому что требуют значительных энергетических и временных затрат. В связи с этим математическое моделирование процесса дистилляции становится одним из главных инструментов для достижения вышеуказанных целей [2, 10].

Разработка и анализ математической модели дистилляции спиртов позволяет оптимизировать процесс дистилляции спиртов для уменьшения затрат и увеличения производительности установок для дистилляции. В рамках исследования рассмотрены различные параметры, которые оказывают влияние на процесс дистилляции спиртов, такие как температура, давление, концентрация спирта в исходной смеси [7, 8].

Исследование направлено на решение важных практических задач и имеет значительный потенциал для применения в различных отраслях промышленности. Внедрение математического моделирования в процесс дистилляции спиртов может стать одним из основных инструментов для создания более эффективных и экологически чистых технологий.

Цель исследования – математическое моделирование процесса получения сахарного дистиллята в перегонном кубе с учетом гидродинамики и теплопереноса.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2023-2024 гг. на базе кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина.

Для проведения исследований использовалась установка для непрерывной однократной дистилляции, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

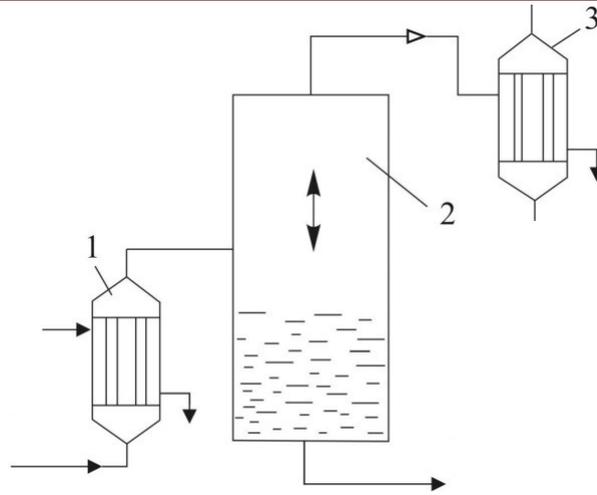


Рисунок 1. Принципиальная схема установки для непрерывной однократной дистилляции:
1 - испаритель; 2 - сепаратор; 3 - конденсатор

В табл. 1 приведена информация о содержании веществ в сахарном дистилляте, полученном после однократной перегонки.

Таблица 1. Вещества, входящие в состав сахарного дистиллята

Вещество	Концентрация (г/л)	Процентное содержание (%)
Этанол	700	70,0
Вода	250	25,0
Метанол	0,5	0,05
Пропанол	1,0	0,1
Бутанол	0,2	0,02
Ацетон	0,1	0,01
Ацетальдегид	0,3	0,03
Этиловый эфир	0,2	0,02
Высшие спирты	1,5	0,15
Органические кислоты	0,5	0,05
Неорганические соли	0,1	0,01
Прочие примеси	0,6	0,06

При проведении исследований установка позволяет поддерживать следующие основные параметры технологического процесса получения сахарного дистиллята: мощность нагревательного элемента установки - 2кВт (однократная перегонка осуществлялась при 80% от мощности); диапазон температур при отборе продукта составил от 73° до 100° С; температура окружающей среды 22° С; температура охлаждающей жидкости при подаче в кожухотрубный теплообменник 20° С.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате синтеза математической модели дистилляции спирта в перегонном кубе с учетом законов гидродинамики получим аналитические зависимости для изменения объема жидкости, изменения объема пара, а также процессов массопереноса и теплопереноса.

Запишем уравнение массопереноса, которые будут описывать изменение концентрации спирта в жидкости и изменение концентрации спирта в паре соответственно:

$$\frac{dC_{жс}}{dt} = -k_m A (C_{жс} - C_n), \quad (1)$$

$$\frac{dC_n}{dt} = k_m A (C_{жс} - C_n), \quad (2)$$

здесь $C_{жс}$ - концентрация спирта в жидкости, %; C_n - концентрация спирта в паре, %; k_m - коэффициент массопереноса, $\frac{\kappa\mathcal{Z}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$; A - площадь поверхности испарения, 1 м^2 .

Далее запишем уравнения теплопереноса, описывающие изменение температуры жидкости и изменение температуры пара соответственно:

$$\rho_{жс} c_{жс} V_{жс} \frac{dT_{жс}}{dt} = -k_h A (T_{жс} - T_n) - L k_m A (C_{жс} - C_n), \quad (3)$$

где $\rho_{жс}$ - плотность жидкости, $\kappa\mathcal{Z} / \text{м}^3$; $c_{жс}$ - теплоемкость жидкости, $\kappa\mathcal{Z} / \text{м}^3$; $V_{жс}$ - объем жидкости, м^3 ; $T_{жс}$ - температура жидкости, К; T_n - температура пара, К; k_h - коэффициент теплопереноса, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; L - энтальпия испарения (теплота парообразования), $\frac{\text{Дж}}{\kappa\mathcal{Z}}$.

$$\rho_n c_n V_n \frac{dT_n}{dt} = -k_h A (T_{жс} - T_n) + L k_m A (C_{жс} - C_n), \quad (4)$$

где ρ_n - плотность пара, $\kappa\mathcal{Z} / \text{м}^3$; c_n - теплоемкость пара, $\kappa\mathcal{Z} / \text{м}^3$; V_n - объем пара, м^3 .

Теперь составим уравнения гидродинамики, учитывающие изменение объема жидкости и изменение объема пара соответственно:

$$\frac{dV_{жс}}{dt} = -k_m A (C_{жс} - C_n), \quad (5)$$

$$\frac{dV_n}{dt} = k_m A (C_{жс} - C_n). \quad (6)$$

Таким образом, система дифференциальных уравнений для модели дистилляции спирта в перегонном кубе с учетом гидродинамики будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{жс}}{dt} = -k_m A (C_{жс} - C_n) \\ \frac{dC_n}{dt} = k_m A (C_{жс} - C_n) \\ \rho_{жс} c_{жс} V_{жс} \frac{dT_{жс}}{dt} = -k_h A (T_{жс} - T_n) - L k_m A (C_{жс} - C_n) \\ \rho_n c_n V_n \frac{dT_n}{dt} = -k_h A (T_{жс} - T_n) + L k_m A (C_{жс} - C_n) \\ \frac{dV_{жс}}{dt} = -k_m A (C_{жс} - C_n) \\ \frac{dV_n}{dt} = k_m A (C_{жс} - C_n) \end{array} \right. , \quad (7)$$

Получившаяся в результате математического моделирования система обыкновенных дифференциальных уравнений является довольно сложной, и решить ее аналитическими методами, не прибегая к значительным упрощениям, не удастся.

В связи с вышеизложенными обстоятельствами, очевидно, для решения системы нужно воспользоваться каким-либо из численных методов решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Для выполнения поставленной задачи была выбрана система компьютерной алгебры Maple, в которой численное решение можно получить, например, методом Рунге – Кутты.

В расчетах примем следующие значения параметров:

$$k_m = 0,1 \frac{\kappa\mathcal{Z}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}; \quad k_h = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}; \quad A = 1 \text{ м}^2; \quad \rho_{жс} = 1500 \kappa\mathcal{Z} / \text{м}^3; \quad \rho_n = 0,514 \kappa\mathcal{Z} / \text{м}^3; \\ c_{жс} = 2,3 \frac{\kappa\text{Дж}}{\kappa\mathcal{Z} \cdot \text{К}}; \quad c_n = 1,15 \frac{\kappa\text{Дж}}{\kappa\mathcal{Z} \cdot \text{К}}; \quad L = 10 \frac{\text{Дж}}{\kappa\mathcal{Z}}.$$

Для получения графической иллюстрации численного решения использовалась команда `odeplot`, которая позволяет осуществить построение искомых графиков. Сами же графики, представленные ниже, показывают изменение концентрации спирта в жидкости, паре, а также изменение их температуры и изменение объема жидкости и пара в течение заданного промежутка времени ($t=100$ мин).

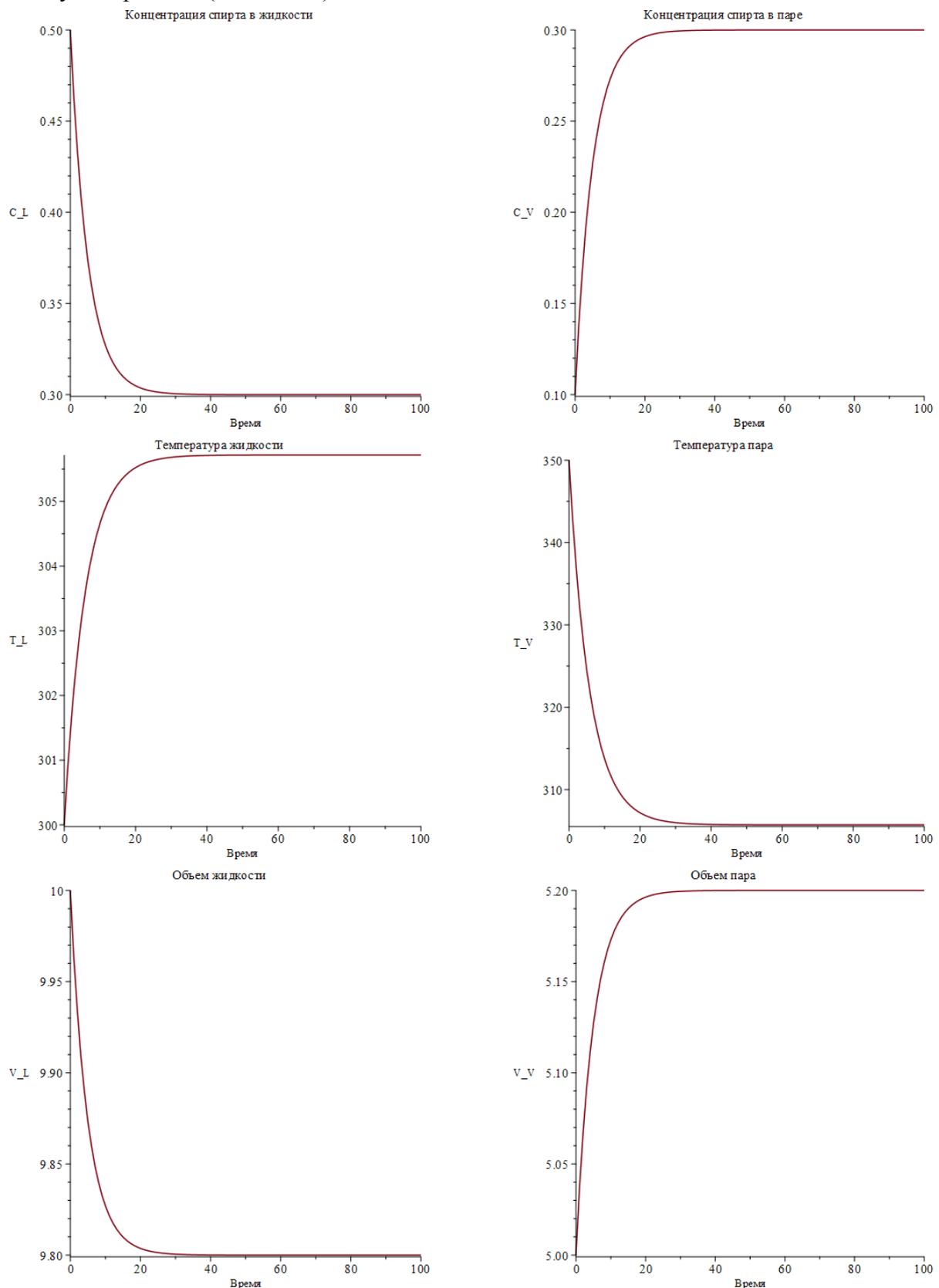


Рисунок 2. Геометрическая интерпретация численного решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений (7) методом Рунге-Кутты

Результаты, полученные в ходе исследования, позволят производителям алкогольной и фармацевтической продукции повысить эффективность процесса дистилляции, снизить энергетические затраты и, соответственно, оптимизировать процесс дистилляции спиртов. Благодаря разработанной математической модели можно быстро реагировать на изменения в условиях производства и адаптировать процесс под конкретные требования.

Выводы

1. В ходе проведенных исследований по изучению гидродинамики в установке для дистилляции спиртов была получена математическая модель рассматриваемого процесса в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Такая система трудноразрешима в аналитическом виде, в виду этого решение ее было получено с помощью численного метода Рунге-Кутты с использованием пакета символьной математики Maple.

2. Получена геометрическая интерпретация решения в виде двумерных графиков в декартовой системе координат. Полученная модель может быть полезна для дальнейших исследований процесса дистилляции спирта и его оптимизации, что может повлечь за собой более высокий экономический эффект, а также снизить количество выбросов вредных соединений в атмосферу и тем самым достичь более экологически чистой технологии.

Список источников

1. Аскарбеков Э.Б., Байгазиева Г.И. Использование сахарного сорго в производстве спирта // Вестник Алматинского технологического университета. 2015. № 4. С. 77-79.

2. Васылык А.В. Оптимизация технологии получения молодых коньячных дистиллятов с использованием математического моделирования // Магарац. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 2(108). С. 162-167.

3. Величко Н.А., Шароглазова Л.П., Рыгалова Е.А. Новые ингредиенты в рецептурах ягодных настоек // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2(155). С. 103-107.

4. Головачева Н.Е., Абрамова И.М., Морозова С.С. О возможности получения спиртных напитков на основе зернового и плодового сырья // Пищевая промышленность. 2023. № 7. С. 18-23.

5. Крикунова Л.Н., Дубинина Е.В. Способ повышения эффективности производства зерновых дистиллятов // Пиво и напитки. 2019. № 3. С. 15-19.

6. Песчанская В.А., Крикунова Л.Н., Дубинина Е.В. Сравнительная характеристика способов производства зерновых дистиллятов // Пиво и напитки. 2015. № 6. С. 40-43.

7. Переработка клубней топинамбура в дистилляты для производства оригинальных спиртных напитков / А.О. Соловьев, М.В. Туршатов, В.В. Кононенко [и др.] // Индустрия питания. 2022. Т. 7. № 4. С. 36-43.

8. Попов Д.С. Производство ректификационного этилового спирта из крахмалосодержащего сырья // Академическая публицистика. 2021. № 6. С. 62-83.

9. Спиридонов А.В., Сафронова Е.В., Урванцев В.В. Методы анализа фракционного состава бензинов с кислородсодержащими компонентами // Булатовские чтения. 2017. Т. 4. С. 205-214.

10. Методология оптимизации режимов дистилляции на основе критериев оценки качества продукта / Л.Н. Крикунова, Е.В. Дубинина, Д.А. Свиридов, С.М. Томгорова // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 2. С. 326-334.

11. Sanap P.P., Mahajan Y.S. Ethyl alcohol - water separation by extractive distillation: Simulation using Aspen Plus™ and experimental validation // ChemChemTech. 2024. Vol. 67. No. 3. Pp. 86-93.

References

1. Askarbekov E.B., Baigazieva G.I. The use of sugar sorghum in alcohol production. Bulletin of the Almaty Technological University, 2015, no. 4, pp. 77-79.

2. Vasylyk A.V. Optimization of technology for producing young cognac distillates using mathematical modeling. *Magarach. Viticulture and winemaking*, 2019, vol. 21, no. 2(108), pp. 162-167.
3. Velichko N.A., Sharoglazova L.P., Rygalova E.A. New ingredients in berry tinctures formulations. *Bulletin of KrasSAU*, 2020, no. 2(155), pp. 103-107.
4. Golovacheva N.E., Abramova I.M., Morozova S.S. On the possibility of obtaining alcoholic beverages based on grain and fruit raw materials. *Food industry*, 2023, no. 7, pp. 18-23.
5. Krikunova L.N., Dubinina E.V. A method for increasing the efficiency of grain distillate production. *Beer and beverages*, 2019, no. 3, pp. 15-19.
6. Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Dubinina E.V. Comparative characteristics of methods of production of grain distillates. *Beer and beverages*, 2015, no. 6, pp. 40-43.
7. Processing Jerusalem artichoke tubers into distillates for the production of original alcoholic beverages. A.O. Solovyov, M.V. Turshatov, V.V. Kononenko [et al.]. *Food industry*, 2022, vol. 7, no. 4, pp. 36-43.
8. Popov D.S. Production of rectification ethyl alcohol from starch-containing raw materials. *Academic journalism*, 2021, no. 6, pp. 62-83.
9. Spiridonov A.V., Safronova E.V., Urvantsev V.V. Methods of analyzing the fractional composition of gasoline with oxygen-containing components. *Bulatov readings*, 2017, vol. 4, pp. 205-214.
10. Methodology for optimizing distillation modes based on product quality assessment criteria. L.N. Krikunova, E.V. Dubinina, D.A. Sviridov, S.M. Tomgorova. *Technique and technology of food production*, 2023, vol. 53, no. 2, pp. 326-334.
11. Sanap P.P., Mahajan Y.S. Ethyl alcohol – water separation by extractive distillation: Simulation using Aspen Plus™ and experimental validation. *ChemChemTech*, 2024, vol. 67, no. 3, pp. 86-93.

Информация об авторах

С.С. Бунеев – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, и.о. директора института агробиотехнологий и технических систем;

С.В. Елецких – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

А.В. Клапп – старший преподаватель кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем;

М.А. Родионова – старший преподаватель кафедры агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем.

Information about the authors

S.S. Buneev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering, Mechatronics and Radioelectronic Systems;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Director of the Institute of Agro-Biotechnologies and Technical Systems;

S.V. Yeletsikh – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering, Mechatronics and Radioelectronic Systems;

A.V. Klapp – Senior Lecturer at the Department of Agroengineering, Mechatronics and Radioelectronic Systems;

M.A. Rodionova – Senior Lecturer at the Department of Agroengineering, Mechatronics and Radioelectronic Systems.

Научная статья

УДК 633.002.68:620.9

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ В КАСТОРОВОЕ МАСЛО

Стручаев Николай Иванович¹, Чебанов Андрей Борисович^{2✉},
Адамова Светлана Викторовна³, Чебанова Юлия Васильевна⁴,
Стручаев Константин Николаевич⁵

^{1,2,3,4,5} Мелитопольский государственный университет, Запорожская обл., Мелитополь, Россия

¹ takaytokey@mail.ru

² chebanov-ab@yandex.ru✉

³ adamova164@yandex.ru

⁴ Chebanovafeb@gmail.com

⁵ strucaevkonstantin@gmail.com

Аннотация. Энергетические аспекты разработки технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло предусматривают необходимость энергосбережения на всех этапах, в том числе и замены части топлива, сжигаемого в котлах, или полный переход на сжигание лузги клещевины. Выход лузги, которая может использоваться как топливо при обрушении клещевины составляет 17...22 % от массы семян. Лузга клещевины обладает достаточно высокой теплотой сгорания – 14,4-16,8 МДж/кг. В настоящее время промышленность выпускает котлы в основном на лузге подсолнечника. Применение дополнительной выносной топки к серийному котлу типа КВ-300 при работе на лузге клещевины для малотоннажного предприятия по переработке клещевины, позволит не только сократить расходы на топливо и утилизировать токсичные отходы производства, но также оперативно переходить с основного топлива, предусмотренного для котла на лузгу и наоборот. Целью данной работы является обоснование параметров выносной топки котла при работе на лузге клещевины; проверка его работоспособности на реальном образце. Для достижения поставленной цели установлены технические показатели цехов мини-завода по очистке семян, производству касторового масла и детоксикации жмыха семян клещевины. Установлены основные методы сжигания лузги. Предложена методика расчета выносной топки к серийно выпускаемой котельной установке для сжигания лузги клещевины на малотоннажном предприятии по переработке клещевины. Обоснованы параметры выносной топки котла при работе на лузге клещевины. Подтверждена его работоспособность на реальном образце.

Ключевые слова: лузга клещевины, выносная топка, котел, тепловой расчет, малотоннажное предприятие.

Финансирование: исследования выполнены в соответствии с государственным заданием в сфере научной деятельности в рамках базовой части (фундаментальная наука) по научному проекту № FRRS-2023-0023 «Разработка технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло».

Для цитирования: Энергетические аспекты комплексной технологии переработки семян клещевины в касторовое масло / Н.И. Стручаев, А.Б. Чебанов, С.В. Адамова, Ю.В. Чебанова, К.Н. Стручаев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 115-124. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124>.

Original article

ENERGY ASPECTS OF INTEGRATED TECHNOLOGY PROCESSING CASTOR SEEDS INTO CASTOR OIL

*Nikolay I. Struchaev*¹, *Andrey B. Chebanov*^{2✉}, *Svetlana V. Adamova*³, *Yulia V. Chebanova*⁴,
*Konstantin N. Struchaev*⁵

^{1,2,3,4,5}Melitopol State University, Zaporizhia region, Melitopol, Russia

¹takaytokey@mail.ru

²chebanov-ab@yandex.ru✉

³adamova164@yandex.ru

⁴Chebanovafeb@gmail.com

⁵struchaevkonstantin@gmail.com

Abstract. *The energy aspects of the technology development, experimental equipment of the technological line for the deep processing of castor seeds into castor oil, provide for the need for energy saving at all stages, including replacement, of part of the fuel burned in boilers or a complete transition to burning castor husks. The yield of husk, which can be used as fuel, in case of castor collapse is 17...22% of the seed weight. Castor husk has a sufficiently high heat of combustion – 14.4-16.8 MJ/kg. Currently, the industry produces boilers mainly on sunflower husks. The use of an additional remote furnace to a serial boiler of the KV-300 type, when working on a castor husk for a low-tonnage castor processing enterprise, will not only reduce fuel costs and dispose of toxic production waste, but also quickly switch from the main fuel provided for the boiler to the husk and vice versa. The purpose of this work is to substantiate the parameters of the remote boiler furnace when working on a castor husk; to check its operability on a real sample. To achieve this goal, the technical indicators of the workshops of the mini plant for seed purification, castor oil production and detoxification of castor oil cake have been established. The main methods of husk burning have been established. A method for calculating a remote furnace for a mass-produced boiler plant for burning castor husk at a low-tonnage castor processing plant is proposed. The parameters of the boiler's external furnace are justified when working on castor husk. Its operability has been confirmed on a real sample.*

Keywords: *castor husk, remote furnace, boiler, thermal calculation, low-tonnage enterprise.*

Funding: *the research was carried out in accordance with the state task in the field of scientific activity within the framework of the basic part (fundamental science) under the scientific project No. FRRS-2023-0023 «Development of technology, experimental equipment for the technological line of deep processing of castor oil castor seeds».*

For citation: *Energy aspects of integrated technology processing castor seeds into castor oil. N.I. Struchaev, A.B. Chebanov, S.V. Adamova, Yu.V. Chebanova, K.N. Struchaev. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 115-124. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124>.*

Введение

Значительная доля на рынке сельскохозяйственной продукции принадлежит семенам таких масличных культур, как подсолнечник, рапс, клещевина [8, 9]. В нашей стране с каждым годом растет потребность различных отраслей промышленности, АПК и транспорта в маслах технического назначения отечественных производителей. Одним из них является касторовое масло, которое получают из семян клещевины. Его содержание в семенах составляет 52-57% [5]. Касторовое масло – важное сырье, применяемое в авиации, на транспорте, электротехнической, химической, полиграфической, медицинской, косметической, лакокрасочной промышленности и в сельском хозяйстве. Касторовое масло не застывает при минусовых температурах. Это делает его непревзойденной по качеству смазкой. Основными частями семян клещевины являются ядро и оболочка (лузга). Лузга клещевины содержит рицинин, клетчатку и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ). Выход лузги, которая может использоваться как топливо, при обрушении клещевины составляет 17...22 % от массы семян [5].

Лузга обладает малой плотностью – до 100-150 кг/м³, что делает затратными ее транспортировку и складирование, но обладает достаточно высокой теплотой сгорания – 12,4-16,8 МДж/кг [1]. На обмолоченные семена клещевины установлены следующие базисные кондиции: по влажности – 9%, по сорной примеси (включая плодовые оболочки на семенах) – 2%

и по масляной примеси – 4%. На семена клещевины установлены следующие ограничительные кондиции: по влажности семян обмолоченных – 20%; в коробочках и третинках или в смеси с обмолоченными – 30%; по сорной примеси (без плодовых оболочек) – 10%, масляной примеси – 20% [13].

Отделение лузги от ядра значительно повышает качество касторового масла при одновременном использовании лузги в качестве топлива в технологическом процессе переработки семян клещевины. Аналогичное утверждение имеется в работах [3, 10, 11]. В работах [4, 6, 7, 15, 16] приведены сведения о составе семян клещевины, о технологическом оборудовании производства растительных масел, подготовительных процессах переработки масляных семян, конструктивно-технологических параметрах пневмосепаратора рушанки клещевины, разрушении оболочки касторовых семян, использовании касторового масла в качестве топлива.

Цель исследования – обоснование параметров выносной топki котла при работе на лузге клещевины и подтверждение его работоспособности на реальном образце.

Материалы и методы исследований

Научные исследования выполнены в соответствии с государственным заданием в сфере научной деятельности в рамках базовой части (фундаментальная наука) по научному проекту № FRRS-2023-0023 «Разработка технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло» в 2023-2024 годах. В представленную работу включен вопрос комплексной технологии переработки семян клещевины. По технологии переработки масляных семян получают два самостоятельных потока: поток ядер, из которых получают касторовое масло, и поток лузги. Клещевинная лузга может быть использована в производстве кормовых дрожжей на гидролизном заводе, в кормопроизводстве в гранулированных и рассыпных кормах, в том числе с обогащением липидами [10]. Возобновляемость лузги клещевины и нулевой баланс свободного углерода при сжигании показывает перспективность её использования в качестве топлива для производства технологического пара.

Объектами являлись семена клещевины согласно ГОСТ 14944 «Семена клещевины (промышленное сырьё)» [11], лузга клещевины, полученная в соответствии с технологией [14] (рис. 1). В работе использованы методика теплового расчета котельных агрегатов (нормативный метод) [6] и методические указания по проектированию топчных устройств [2].



Рисунок 1. Материалы, использованные в исследованиях:
а – семена клещевины; б – ядра клещевины; в - лузга

Результаты исследований и их обсуждение

На малотоннажном предприятии (мини-заводе) по переработке клещевины для сжигания лузги семян клещевины можно использовать различные методы: сжигание в неподвижном слое, в кипящем слое, вихревые и камерные топки [2]. Выбор метода сжигания зависит от ряда факторов, основными из которых являются физико-механические и теплотехнические свойства лузги и экономическая привлекательность. Технические показатели цехов мини-завода по очистке семян, производству касторового масла и детоксикации жмыха семян клещевины, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические показатели цехов мини-завода по очистке семян, производству касторового масла и детоксикации жмыха семян клещевины [5]

Наименование показателей	Численные значения, единицы измерения		
	т/сутки	т/сутки	т/сутки
Суточная производительность			
По исходному сырью (семена клещевины)	15	30	45
Масло техническое касторовое, в том числе	7,58	15,16	22,74
Масло форпрессовое	6,9	13,8	20,7
Масло экспеллерное	0,68	1,36	2,04
Жмых кормовой обезвреженный	3,7	7,4	11,1
Лузга	2,5	5,0	7,5

Нами предложена для малотоннажного предприятия по переработке клещевины дополнительная выносная топка серийного котла типа *КВ-300* при работе на лузге клещевины (рис. 2).

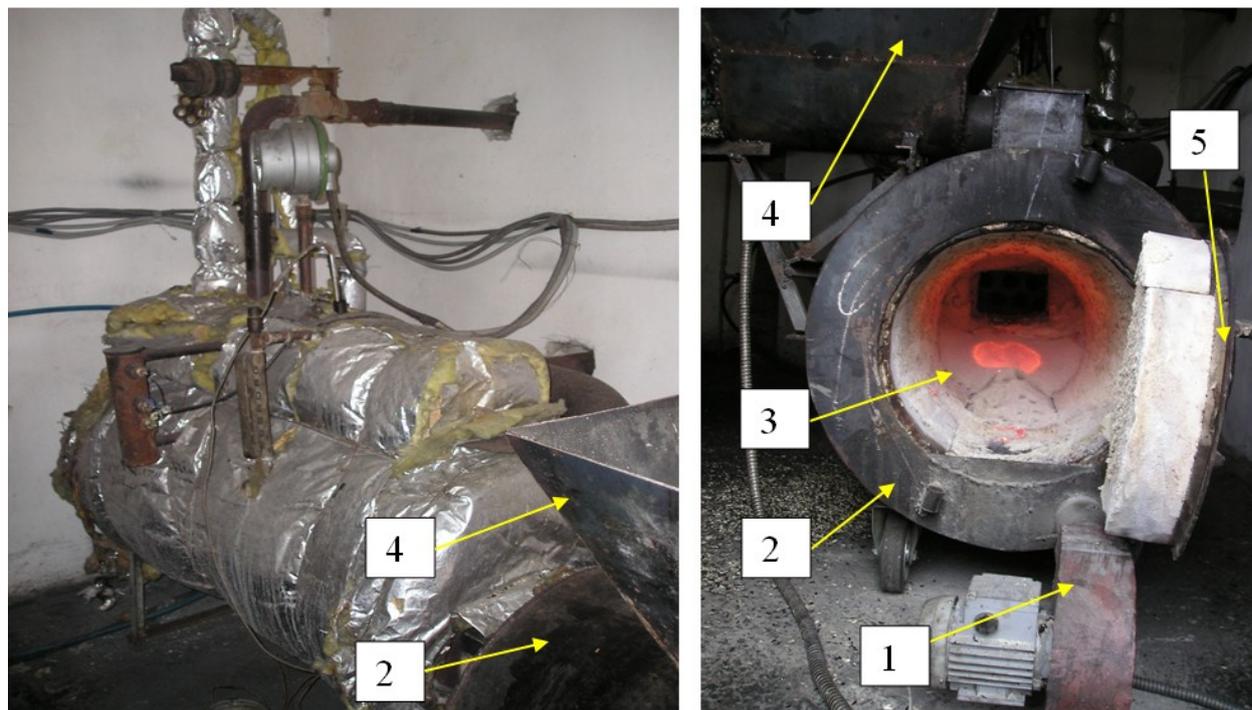


Рисунок 2. Внешний вид котельной установки с выносной топкой для сжигания лузги клещевины:

1 – топочный вентилятор с электродвигателем; 2 – корпус выносной топки; 3 – топка с шамотным экраном; 4 – бункер для лузги; 5 – передняя крышка топки

Для малотоннажного предприятия по переработке клещевины для цеха по производству касторового масла предусмотрен суточный расход семян клещевины: 15, 30, 45 т/сутки [13].

Определим массу перерабатываемой клещевины в час:

$$m = \frac{G_{\text{сут}}}{24}, \text{ кг / ч}, \quad (1)$$

где $G_{\text{сут}}$ – суточный расход семян клещевины, кг/сутки;

m – масса перерабатываемой клещевины в час, кг/ч.

Определим необходимое количество тепловой энергии для нагрева перерабатываемой массы клещевины:

$$Q_{\text{нагр.кл.}} = c \cdot m \cdot (t_k - t_n), \quad (2)$$

где c – теплоемкость семян клещевины, $c = 1,85 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$;

t_k – конечная температура, $t_k = 115^\circ\text{C}$ [13];

t_n – начальная температура, $t_n = 20^\circ\text{C}$.

Определим расход пара, вырабатываемого котлом для обеспечения необходимого количества тепловой энергии для нагрева перерабатываемой массы клещевины:

$$D = \frac{Q_{\text{нагр.кл.}}}{(h_n - h_{\text{н.в.}})}, \quad (3)$$

где D – расход пара необходимый для обработки клещевины, кг / час;

h_n – удельная энтальпия пара начальная, кДж / кг.

$h_{\text{н.в.}}$ – удельная энтальпия конденсата после обработки клещевины, кДж / кг.

Принимаем удельную энтальпию пара при температуре 115°C и давлении $1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$ по $h-s$ диаграмме [5]: $h_n = 2698,9 \text{ кДж} / \text{кг}$.

Удельная энтальпия конденсата после обработки клещевины $h_{\text{н.о.}}$ будет [5]:

$$h_{\text{н.о.}} = c_{\text{конд.}} \cdot t_{\text{конд.}}, \quad (4)$$

где $c_{\text{конд.}}$ – теплоемкость конденсата, кДж/(кг·К);

$t_{\text{конд.}}$ – температура конденсата, $^\circ\text{C}$.

Находим необходимую теплопроизводительность котла:

$$Q_{\text{н.к.}} = \frac{Q}{3600 \cdot \tau}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

Для обеспечения необходимого количества тепловой энергии для нагрева перерабатываемой массы клещевины с запасом для выполнения других операций технологического цикла малотоннажного предприятия по переработке клещевины: цехов по очистке семян, производству касторового масла и детоксикации жмыха семян клещевины выбираем серийный котел типа *KB-300*.

Определим расход луги клещевины B , при сжигании которого будет обеспечена необходимая паропроизводительность котла.

Низшая теплота сгорания луги клещевины равна: $Q_n^p = 12,4 - 16,8 \text{ МДж} / \text{кг}$ [1].

При коэффициенте полезного действия котлов данного типа равном $\eta = 0,82$ [12] и низшей теплоте сгорания луги клещевины равной $Q_n^p = 12,4 \text{ МДж} / \text{кг}$ расход топлива - луги клещевины будет:

$$B = \frac{D(h_n - h_{\text{н.в.}})}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (6)$$

Выполним расчет тепловых потерь.

Для уменьшения тепловых потерь выполняют обмуровку, которая состоит из трёх слоёв: огнеупорного, теплоизоляционного и защитного. Определим параметры этих слоёв.

У котлов *KB-300* внутренний цилиндр (труба жаровая) диаметром 900 мм изготовлен из 5 мм стали, внешний барабан (кожух) имеет диаметр 1260 мм и изготовлен из 3 мм стали [12].

Для обеспечения сопряжения элементов топки и котла определим радиус внутренней поверхности футеровки (огнеупорного слоя) выносной топки, увеличенный на 5 мм:

$$R_{н.т.} = R_n / 2 + 5, \text{ мм.} \quad (7)$$

Определим объём топочного пространства по величине его теплового напряжения $q_m = 75058,45 \text{ Вт} / \text{м}^3$ по формуле:

$$q_m = \frac{B \cdot Q_n^p}{V_m} = \frac{Q_{н.к.}}{V_m}, \text{ Вт} / \text{м}^3. \quad (8)$$

Откуда:

$$V_\tau = \frac{Q_{н.к.}}{q_m}, \text{ м}^3. \quad (9)$$

Геометрический объём цилиндрической части выносной топки равен:

$$V_m = \pi \cdot R_{вн.}^2 \cdot l_m, \quad (10)$$

Откуда длина выносной топки при известном радиусе внутренней поверхности будет:

$$l_m = V_m / \pi \cdot R_{вн.}^2, \quad (11)$$

Находим площадь внутренней поверхности $F_{вн.}$ футеровки выносной топки:

$$F_{вн.} = 2 \cdot \pi \cdot R_{вн.} \cdot l_m, \quad (12)$$

где $F_{вн.}$ – площадь внутренней поверхности футеровки выносной топки, м^2 ;

$R_{вн.}$ – радиус внутренней поверхности футеровки выносной топки, м;

l_m – длина цилиндрической части футеровки выносной топки, м.

Находим площадь наружной поверхности F_n футеровки выносной топки при толщине шамотного кирпича $\delta = 0,13 \text{ м}$:

$$F_n = 2 \cdot \pi \cdot R_n \cdot l_m = \pi \cdot (R_n + 2\delta) \cdot l_m, \quad (13)$$

где F_n – площадь наружной поверхности футеровки выносной топки, м^2 ;

R_n – радиус наружной поверхности футеровки выносной топки, м;

l_m – длина цилиндрической части футеровки выносной топки, м.

В качестве теплоизоляционного слоя выносной топки принимаем маты минераловатные. Коэффициент теплопроводности минераловатных матов не более $0,05 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$, толщина минераловатных матов $\delta = 0,06 \text{ м}$.

Находим площадь наружной поверхности теплоизоляционного слоя выносной топки:

$$F_{н.т.и.} = 2 \cdot \pi \cdot R_{н.т.и.} \cdot l_m = 2 \cdot \pi \cdot (R_{вн.} + \delta_{м.мв.}) \cdot l_m, \quad (14)$$

где $F_{н.т.и.}$ – площадь наружной поверхности теплоизоляционного слоя выносной топки, м^2 ;

$R_{н.т.и.}$ – радиус наружной поверхности теплоизоляционного слоя выносной топки, м;

l_m – длина цилиндрической части футеровки выносной топки, м.

В качестве третьего, защитного слоя, принимаем стальную обшивку, изготовленную из стали толщиной 3 мм. Находим площадь наружной поверхности защитного слоя выносной топки:

$$F_{з.с.} = 2 \cdot \pi \cdot R_{з.с.} \cdot l_m = 2 \cdot \pi \cdot (R_{н.т.и.} + \delta_{з.с.}) \cdot l_m, \quad (15)$$

где $F_{з.с.}$ – площадь наружной поверхности защитного слоя выносной топки, м^2 ;

$R_{н.т.и.}$ – радиус наружной поверхности защитного слоя выносной топки, м;

l_m – длина цилиндрической части футеровки выносной топки, м.

Находим тепловые потери выносной топки:

$$Q_{пот.} = \frac{\pi \cdot l_\tau \cdot (t_\tau - t_{з.с.})}{\frac{1}{\alpha_m \cdot d_{вн.ф.}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_\phi} \cdot \ln \frac{d_{н.ф.}}{d_{вн.ф.}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{м.и.}} \cdot \ln \frac{d_{н.т.и.}}{d_{вн.т.и.}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{ст.}} \cdot \ln \frac{d_{н.ст.}}{d_{вн.ст.}} + \frac{1}{\alpha_{ст.} \cdot d_{ст.}}}, \text{ кВт.} \quad (16)$$

После упрощения можно записать:

$$Q_{ном.} = \frac{(t_{\tau} - t_{з.с.})}{\frac{1}{\alpha_{\tau}} + \frac{\delta_{\phi}}{\lambda_{\phi} \cdot F_{\phi}} + \frac{\delta_{м.и.}}{\lambda_{м.и.} \cdot F_{м.и.}} + \frac{\delta_{ст.}}{\lambda_{ст.} \cdot F_{ст.}} + \frac{1}{\alpha_{ст.}}}, \text{ кВт.} \quad (17)$$

где α_m – коэффициент теплоотдачи из топочных газов к футеровке топки, $\alpha_m = 580,6 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

λ_{ϕ} – теплопроводность шамотной футеровки, $\lambda_{\phi} = 0,84 \frac{Вт}{м \cdot К}$;

$\lambda_{м.и.}$ – теплопроводность теплоизоляции, $\lambda_{м.и.} = 0,05 \frac{Вт}{м \cdot К}$;

δ_{ϕ} – толщина футеровки из шамотных кирпичей, $\delta_{\phi} = 0,06 м$;

$\delta_{м.и.}$ – толщина теплоизоляционного слоя, $\delta_{м.и.} = 0,06 м$;

$\delta_{ст.}$ – толщина стальной обшивки, $\delta_{ст.} = 0,003 м$;

$\alpha_{ст.}$ – коэффициент теплоотдачи из стальной обшивки к окружающей среде,

$$\alpha_{ст.} = 12,0 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Находим расход теплоты необходимый для нагрева клещевины в стационарном режиме:

$$Q = Q_{пол.} + Q_{ном.} \quad (18)$$

Расчет температуры наружной стенки выносной топки:

$$t_{ст} = t_{к} - Q_{ном.} \cdot \left(\frac{\delta_{и.}}{\lambda_{и.} \cdot F_{и.}} + \frac{\delta_{м.и.}}{\lambda_{м.и.} \cdot F_{м.и.}} \right), \quad (19)$$

Температура наружной поверхности топки, исходя из требований техники безопасности, не должна превышать 60° С. По приведенным уравнениям выполнены расчеты для мини-завода по очистке семян, производству касторового масла и детоксикации жмыха семян клещевины, суточной производительностью 15, 30 и 45 тонн в сутки (табл. 1), результаты которых представлены в виде табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчета выносной топки для сжигания лузги клещевины

№	Величина, единицы измерения	Значение		
		625	1250	1875
1	Масса перерабатываемой клещевины, кг/час.	625	1250	1875
2	Количество тепловой энергии для нагрева перерабатываемой массы клещевины, кДж/час.	109843,8	219687,5	329531,3
3	Расход пара, вырабатываемого котлом, кг/час	49,57072	99,14143	148,7121
4	Необходимая теплопроизводительность котла, кВт.	30,51215	61,02431	91,53646
5	Расход топлива - лузги клещевины, кг/час	10,80289	21,60577	32,40866
6	Радиус внутренней поверхности выносной топки, м	0,455	0,455	0,455
7	Длина выносной топки, м	0,406512	0,813024	1,219536
8	Объем топочного пространства, м ³	0,625347	1,250693	1,476038
9	Площадь наружной поверхности выносной топки, м ²	2,780441	5,560882	6,562821
10	Тепловые потери выносной топки, кВт	1,034	1,153	1,289
11	Температура наружной стенки выносной топки, °С	56,98	57,87	58,63

Проверка работоспособности котельной установки с выносной топкой для сжигания лузги клещевины на реальном образце (рис.1) подтвердила возможность использования лузги клещевины в качестве дополнительного топлива на мини-заводах по ее переработке.

Необходимо также отметить, что на мини-заводах суточной производительностью 15, 30 и 45 т/сутки выход лузги равен 2,5; 5,0 и 7,5 т/сутки соответственно (см. табл. 1), тогда часовой выход лузги составит 104,2, 208,3 и 312,5 кг/час. Сопоставив производительность по лузге для указанных мини-заводов с необходимым расходом топлива – лузги клещевины: 10,8, 21,6 и 32,5 кг/час (см. табл. 2), отметим десятикратное превышение выхода лузги над ее потребностью. Таким образом, приведенная методика показывает не только возможность обеспечения тепловой энергией основных технологических процессов мини-заводов по переработке клещевины, но и использование лузги клещевины в качестве топлива при выполнении вспомогательных процессов и, возможно, отопления цехов или офисных помещений.

Выводы

1. Предложена методика расчета выносной топки к серийно выпускаемой котельной установке для сжигания лузги клещевины на малотоннажном предприятии по переработке клещевины. Определена необходимая теплопроизводительность котла от 30 до 92 кВт, при расходе топлива – лузги клещевины от 10 до 32 кг/час, что меньше часового выхода лузги от перерабатываемой клещевины.

2. Обоснованы параметры выносной топки котла при работе на лузге клещевины. Так, объем топочного пространства составляет от 0,62 до 1,5 м³.

3. Подтверждена его работоспособность на реальном образце.

Список источников:

1. Андреев Т.И., Киселёва С.В., Шакун В.П. К оценке энергетического потенциала отходов растениеводства: зерновое хозяйство // АЭЭ. 2014. №12 (152). С. 84 -95.

2. Вербовецкий Э.Х., Жмерик Н.Г. Методические указания по проектированию топочных устройств энергетических котлов. Санкт-Петербург: НПО ЦКТИ-ВТИ, 1996. 270 с.

3. Дидур В.А., Зубкова К. В. Обоснование конструктивных параметров и технологических режимов оборудования для обрушивания семян клещевины // Известия международной академии аграрного образования. 2010. Вып. 9. С. 17-25.

4. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование производства растительных масел: учеб. пособие. изд. 2-е, исправл. и доп. Москва: Юрайт, 2017. 365 с.

5. Ольховатов Е.А. Совершенствование технологии комплексной переработки плодов клещевины: специальность 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Краснодар, 2013. 146 с.

6. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Санкт-Петербург: ЦКТИ, 1998. 256 с.

7. Chebanov A.B. Substantiation of the design and technological parameters of the pneumatic separator of the castor towel with a dust collecting device: abstract. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Melitopol, 2013. 188 p.

8. Conejero M. A., César A. D. S., Batista A. P. The organizational arrangement of castor bean family farmers promoted by the Brazilian Biodiesel Program: a competitiveness analysis // Energy Policy. 2017. Vol. 110. Pp. 461-470.

9. Deb A., Ferdous J., Ferdous K., Uddin M. R., Khan M. R., Rahman M. W. Prospect of castor oil biodiesel in Bangladesh: Process development and optimization study // International Journal of Green Energy. 2017. Vol. 14. No. 12. Pp. 1063-1072.

10. Didur V.V. Mechanical and technological basis of deep processing of castor seeds in the conditions of a small-tonnage enterprise: abstract. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Melitopol, 2021. 513 p.

11. Didur V. V., Chebanov A.B., Grushetskiy S.M., Petrishenko E.A. Technical-technological justification of castor oil processing at a small-scale enterprise // *Technology and energy of agricultural industry*. 2020. Vol.11. No. 2. Pp. 87-94.
12. Didur V.A., Struchaev N.I. Heat engineering, heat supply and the use of heat in agriculture. Kiev: Agroosvita Publ., 2008. 233 p.
13. Didur V. A., Tkachenko V. O., Markelova S. M. Technology of waste-free (deep) processing of castor seeds // *Proceedings of TSATA*. 2003. Vol. 15. Pp. 3-10.
14. Didur V.A., Zubkova K.V. Improvement of the method of obtaining the huskless kernel of castor seeds // *Proceedings of TSATA*. 2006. Vol. 42. Pp. 83-91.
15. Hou Junming, Yang Yong, Zhu Hongjie, Hu Weixue. Experiment on impact damage of castor capsule and its influencing factors optimization // *INMATEH Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 61. No. 2. Pp. 87-96.
16. Zhu, Q. L., Gu, H., & Ke, Z. Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed // *Renewable Energy*. 2018. Vol. 120. Pp. 51-59.

References

1. Andreenko T.I., Kiseleva S.V., Shakun V.P. To assess the energy potential of crop production waste: grain farming. *AEE*, 2014, no. 12 (152), pp. 84-95.
2. Verbovetsky E.H., Zhmerik N.G. Methodological guidelines for the design of furnace devices of power boilers. St. Petersburg: NPO CCTI-VTI, 1996. 270 p.
3. Didur V.A., Zubkova K. V. Substantiation of design parameters and technological modes of equipment for castor seed collapse. *Proceedings of the International Academy of Agricultural Education*, 2010, vol. 9, pp. 17-25.
4. Koshevoy E.P. Technological equipment for the production of vegetable oils: textbook. manual. 2nd edition, corrected. and add. Moscow: Yurait, 2017. 365 p.
5. Olkhovатов E.A. Improvement of the technology of complex processing of castor fruits: specialty 05.18.06 «Technology of fats, essential oils and perfumery and cosmetic products»: Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Krasnodar, 2013. 146 p.
6. Thermal calculation of boiler units (standard method). St. Petersburg: CCTI, 1998. 256 p.
7. Chebanov A.B. Substantiation of the design and technological parameters of the pneumatic separator of the castor towel with a dust collecting device: abstract. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Melitopol, 2013. 188 p.
8. Conejero M. A., César A. D. S., Batista A. P. The organizational arrangement of castor bean family farmers promoted by the Brazilian Biodiesel Program: a competitiveness analysis. *Energy Policy*, 2017, vol. 110, pp. 461-470.
9. Deb A., Ferdous J., Ferdous K., Uddin M. R., Khan M. R., Rahman M. W. Prospect of castor oil biodiesel in Bangladesh: Process development and optimization study. *International Journal of Green Energy*, 2017, vol. 14, no. 12, pp. 1063-1072.
10. Didur V.V. Mechanical and technological basis of deep processing of castor seeds in the conditions of a small-tonnage enterprise: abstract. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Melitopol, 2021. 513 p.
11. Didur V. V., Chebanov A.B., Grushetskiy S.M., Petrishenko E.A. Technical-technological justification of castor oil processing at a small-scale enterprise. *Technology and energy of agricultural industry*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 87-94.
12. Didur V.A., Struchaev N.I. Heat engineering, heat supply and the use of heat in agriculture. Kiev: Agroosvita Publ., 2008. 233 p.
13. Didur V. A., Tkachenko V. O., Markelova S. M. Technology of waste-free (deep) processing of castor seeds. *Proceedings of TSATA*, 2003, vol. 15, pp. 3-10.
14. Didur V.A., Zubkova K.V. Improvement of the method of obtaining the huskless kernel of castor seeds. *Proceedings of TSATA*, 2006, vol. 42, pp. 83-91.

15. Hou Junming, Yang Yong, Zhu Hongjie, Hu Weixue. Experiment on impact damage of castor capsule and its influencing factors optimization. INMATEH Agricultural Engineering, 2020, vol. 61, no. 2, pp. 87-96.

16. Zhu, Q. L., Gu, H., & Ke, Z. Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed. Renewable Energy, 2018, vol. 120, pp. 51-59.

Информация об авторах

Н. И. Стручаев – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко;

А. Б. Чебанов – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко;

С. В. Адамова – старший преподаватель кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко;

Ю. В. Чебанова – кандидат географических наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В.В. Калитки;

К. Н. Стручаев – старший преподаватель кафедры электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко.

Information about the authors

N.I. Struchaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko;

A.B. Chebanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko;

S.V. Adamova – Senior Lecturer of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko;

Yu.V. Chebanova – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production named after Professor V.V. Kalitka;

K.N. Struchaev – Senior Lecturer of the Department of Electrical Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko.

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Научная статья

УДК 632.51:581.93 (470.322)

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-125-131

ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА СОРНЫХ РАСТЕНИЙ, РАСТУЩИХ У ПОЛЕВЫХ ДОРОГ В АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Мысник Евгения Николаевна^{1✉}, Захаров Вячеслав Леонидович²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

²Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

¹vajra-sattva@yandex.ru✉

²zaxarov7979@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – выявление особенностей видового состава сорных растений полевых дорог в разных агроклиматических районах Липецкой области. Объект исследования – видовой состав сорных растений полевых дорог. Материалы получены при маршрутном обследовании полевых дорог в разных агроклиматических районах (2016 – 2018 гг.). Проведены систематизация данных мониторинга, флористический анализ видового состава. В зависимости от агрорайона выявлены 26 – 29 семейств, 74 – 102 рода и 84 – 136 видов сорных растений. В зависимости от агрорайона выделены 7 – 10 семейств, преобладающих по количеству видов. В зависимости от агрорайона выделены 6 – 8 семейств, преобладающих по количеству родов. Рассчитана встречаемость каждого вида. Оценено постоянство встречаемости каждого вида. Выделены группы из 7 – 12 доминирующих видов в зависимости от агрорайона. Выделены группы из 10 – 26 сопутствующих видов в зависимости от агрорайона.

Ключевые слова: сорные растения, агроклиматическое районирование, полевые дороги, видовой состав, доминирующие виды, сопутствующие виды.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания согласно бюджетному проекту ВИЗР по теме № FGEU-2022-0002 «Цифровизация, картирование, мониторинг и прогноз в области изучения биоразнообразия агроландшафтов и агроэкосистем с учетом новых угроз».

Для цитирования: Мысник Е.Н., Захаров В.Л. Особенности видового состава сорных растений, растущих у полевых дорог в агроклиматических районах Липецкой области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 125-131. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-125-131>.

Original article

FEATURES OF SPECIES COMPOSITION OF WEEDS OF FIELD ROADS IN AGROCLIMATIC AREAS OF LIPETSK REGION

Evgeniya N. Mysnik^{1✉}, Vyacheslav L. Zakharov²

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²Bunin Yelets State University, Yelets, Russia

¹vajra-sattva@yandex.ru✉

²zaxarov7979@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to identify the features of the species composition of weeds of field roads in different agroclimatic areas of the Lipetsk region. The object of research is the species compo-

sition of weeds on field roads. The materials were obtained during route inspection of field roads in different agroclimatic areas (2016 - 2018). Systematization of monitoring data, floristic analysis of species composition were carried out Depending on the agricultural district, 26-29 families, 74-102 genera and 84-136 species of weeds were identified. Depending on the agricultural district, 7-10 families are distinguished, prevailing in the number of species. Depending on the agricultural district, 6-8 families are distinguished, prevailing in the number of genera. The occurrence of each species is calculated. The constancy of occurrence of each species is estimated. Groups of 7-12 dominant species are distinguished, depending on the agricultural district. Groups of 10-26 related species have been identified, depending on the agricultural district.

Keywords: weeds, agroclimatic zoning, field roads, species composition, structure, dominant species, concomitant species.

Funding: the work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of a state assignment in accordance with the VIZR budget project on topic No. FGEU-2022-0002 «Digitalization, mapping, monitoring and forecasting in the field of studying the biodiversity of agroland shafts and agroecosystems, taking into account new threats».

For citation: Mysnik E.N., Zakharov V.L. Features of species composition of weeds of field roads in agroclimatic areas of Lipetsk region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 125-131. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-125-131>.

Введение

Территория Липецкой области, как и территория любого региона, неоднородна по почвенно-климатическим условиям. В соответствии с природными условиями на территории области учеными выделены три агроклиматических района.

Агроклиматический район I расположен в северо-западной части области. Он включает в себя части Измалковского, Лебедянского, Становлянского, Чаплыгинского, Данковского, Краснинского, Лев-Толстовского административных районов.

Агроклиматический район II расположен в центральной части области. Он включает в себя Тербунский, Воловский, Долгоруковский административные районы, а также части Лев-Толстовского, Становлянского, Данковского, Елецкого, Чаплыгинского, Задонского, Добровского, Измалковского, Лебедянского, Краснинского, Липецкого административных районов.

Агроклиматический район III расположен в юго-восточной части области. Он включает в себя Грязинский, Добринский, Усманский административные районы, а также части Липецкого, Чаплыгинского, Хлевинского, Добровского, Задонского, Елецкого административных районов [1, 2]. Очевидно, что видовой состав сорных растений в разных агроклиматических районах будет иметь свои особенности.

Сорные растения полевых дорог, как одного из неотъемлемых элементов агроэкосистемы любого хозяйства, также нуждаются в изучении, как и сорные растения на полях [7, 10]. Исходя из вышеизложенного, цель исследования – выявление особенностей видового состава сорных растений полевых дорог в агроэкосистемах хозяйств разных агроклиматических районов Липецкой области.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования выбран видовой состав сорных растений полевых дорог в агроэкосистемах хозяйств в разных агроклиматических районах Липецкой области. Полевые дороги на территории всех агроклиматических районов были обследованы в 2016 – 2018 гг., в ходе чего получены материалы для анализа. Полевые дороги обследовались по методике изучения распространенности видов сорных растений [4]. Систематизация и цифровизация данных обследования полевых дорог выполнены с помощью гербологической базы данных «Сорные растения Российской Федерации на разных типах местообитаний» [8]. Метод флористического анализа применен для установления таксономической структуры видового состава сорных растений [9]. Названия таксономических единиц приведены в соответствии с современными научными источниками [5]. Проведена математическая обработка данных: для каждого вида на полевых дорогах каждого агроклиматического района рассчи-

тана встречаемость [6] и проведена оценка ее постоянства по методике Казанцевой А.С. [3], после чего выделены доминирующие и сопутствующие виды сорных растений.

Результаты исследований и их обсуждение

На полевых дорогах Липецкой области в зависимости от агроклиматического района выявлено 89 – 136 видов, 74 – 102 рода и 26 – 29 семейств сорных растений. Наибольшим таксономическим разнообразием по всем позициям отличается агрорайон II (табл. 1).

Таблица 1. Структура видового состава сорных растений полевых дорог в разных агроклиматических районах (Липецкая обл., 2016–2018 гг.).

Показатели	Агроклиматические районы		
	Агрорайон I	Агрорайон II	Агрорайон III
Количество видов	89	136	101
Количество родов	74	102	84
Количество семейств	26	29	26

В группы ведущих по числу видов семейств сорных растений входят 7 – 10 семейств в зависимости от агроклиматического района. Во всех районах в эту группу входят 5 семейств: Сложноцветные, Злаки, Крестоцветные, Бобовые, Губоцветные. Дополнительно для агрорайонов I и II являются общими семейства Бурачниковые и Гвоздичные, а для агрорайонов II и III – Гречиховые и Зонтичные (табл. 2). Остальные семейства во всех агрорайонах представлены 1 – 3 видами.

Таблица 2. Состав групп ведущих числу видов семейств сорных растений полевых дорог в разных агроклиматических районах (Липецкая обл., 2016 – 2018 гг.)

Агрорайон I		Агрорайон II		Агрорайон III	
Название семейства	Количество видов	Название семейства	Количество видов	Название семейства	Количество видов
Сложноцветные <i>Compositae</i> Giseke	21	Сложноцветные <i>Compositae</i> Giseke	24	Сложноцветные <i>Compositae</i> Giseke	23
Бобовые <i>Leguminosae</i> Juss.	13	Злаки <i>Gramineae</i> Juss.	20	Злаки <i>Gramineae</i> Juss.	16
Злаки <i>Gramineae</i> Juss.	10	Крестоцветные <i>Cruciferae</i> Juss.	17	Крестоцветные <i>Cruciferae</i> Juss.	7
Крестоцветные <i>Cruciferae</i> Juss.	6	Бобовые <i>Leguminosae</i> Juss.	19	Губоцветные <i>Labiatae</i> Juss.	7
Губоцветные <i>Labiatae</i> Juss.	5	Бурачниковые <i>Boraginaceae</i> Juss. (incl. <i>Hydrophyllaceae</i> R. Br.)	13	Гречиховые <i>Polygonaceae</i> Juss.	6
Бурачниковые <i>Boraginaceae</i> Juss. (incl. <i>Hydrophyllaceae</i> R. Br.)	4	Гвоздичные <i>Caryophyllaceae</i> Juss.	6	Зонтичные <i>Umbelliferae</i> Juss.	5
Гвоздичные <i>Caryophyllaceae</i> Juss.	4	Губоцветные <i>Labiatae</i> Juss.	5	Бобовые <i>Leguminosae</i> Juss.	4
–	–	Гречиховые <i>Polygonaceae</i> Juss.	5	–	–
–	–	Зонтичные <i>Umbelliferae</i> Juss.	4	–	–
–	–	Мареновые <i>Rubiaceae</i> Juss.	4	–	–

В группы ведущих по числу родов семейств сорных растений входят 6 – 8 семейств в зависимости от агроклиматического района. Во всех районах в эту группу входят 3 семейства: Сложноцветные, Злаки, Крестоцветные. Дополнительно для агрорайонов I и II являются общими семейства Бурачниковые и Гвоздичные, для агрорайонов I и III – Гречиховые и Зонтичные, для агрорайонов II и III – семейство Губоцветные. Остальные семейства во всех агрорайонах представлены 1 – 3 родами.

Для каждого выявленного вида сорного растения была рассчитана его встречаемость на полевых дорогах в разных агроклиматических районах Липецкой области. Виды были распределены по классам постоянства (1 класс – встречаемость 0,01 – 20,99 %; 2 класс – встречаемость 21,00 – 40,99 %; 3 класс – встречаемость 41,00 – 60,99 %; 4 класс – встречаемость 61,00 – 80,99 %; 5 класс – встречаемость 81,00 – 100 %) в соответствии с значениями показателей их встречаемости [3]. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 3. Структура видового состава сорных растений полевых дорог в разных агроклиматических районах (Липецкая обл., 2016 – 2018 гг.).

Класс постоянства встречаемости	Количество видов		
	Агрорайон I	Агрорайон II	Агрорайон III
Классы низкого постоянства встречаемости			
1	51	114	85
2	26	12	10
Классы среднего и высокого постоянства встречаемости			
3	9	6	2
4	1	3	5
5	2	1	–

Среди видов сорных растений на полевых дорогах преобладают виды классов низкого постоянства встречаемости (1 и 2 классы). Количество видов, имеющих показатели встречаемости среднего и высокого постоянства (3, 4, 5 классы), значительно меньше.

Несмотря на небольшую долю в общем видовом составе, виды сорных растений, входящие в классы среднего и высокого постоянства встречаемости, имеют определяющее значение при формировании засоренности на любых типах местообитаний. Это достигается за счет высокой встречаемости данных видов, и они составляют группу видов, доминирующих по встречаемости.

Виды сорных растений, имеющие показатели встречаемости 2 класса постоянства, регистрировались при обследовании полевых дорог реже, чем виды, относящиеся к группе доминант. Их роль в формировании засоренности не столь значительна, поэтому данные виды составляют группу сопутствующих по встречаемости видов.

Виды сорных растений, имеющие показатели встречаемости 1 класса постоянства, регистрировались при обследовании полевых дорог еще реже, чем виды из группы сопутствующих. Их присутствие на полевых дорогах наиболее непостоянно.

Суммарно на полевых дорогах в разных агроклиматических районах Липецкой области в доминанты по встречаемости выходят 14 видов сорных растений. Из них в агрорайоне I в доминанты выходят 12 видов, в агрорайоне II – 10 видов, в агрорайоне III – 7 видов. Очевидно, что их представленность в разных агрорайонах будет различной (табл. 4).

Таблица 4. Показатели встречаемости доминирующих видов сорных растений полевых дорог в разных агроклиматических районах (Липецкая обл., 2016 – 2018 гг.).

Название вида	Встречаемость вида, %		
	класс постоянства встречаемости		
	Агроклиматический район		
	I	II	III
<i>Polygonum aviculare</i> L. Горец птичий	83,33 5	83,33 5	74,00 4
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. Трехреберник непахучий	91,67 5	70,37 4	50,00 3
<i>Cichorium intybus</i> L. Цикорий обыкновенный	66,67 4	46,30 3	34,00 2
<i>Artemisia absinthium</i> L. Полынь горькая	58,33 3	51,85 3	30,00 2
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg. Одуванчик лекарственный	25,00 2	53,70 3	30,00 2
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. Ежовник обыкновенный	58,33 3	48,15 3	64,00 4
<i>Poa pratensis</i> L. Мятлик луговой	33,33 2	44,44 3	22,00 2
<i>Bromus secalinus</i> L. Костер ржаной	41,67 3	18,52 1	34,00 2
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. Пастушья сумка обыкновенная	58,33 3	64,81 3	52,00 3
<i>Raphanus raphanistrum</i> L. Редька дикая	41,67 3	20,37 1	16,00 1
<i>Chenopodium album</i> L. Марь белая	50,00 3	40,74 2	54,00 3
<i>Convolvulus arvensis</i> L. Вьюнок полевой	58,33 3	75,93 4	56,00 3
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. Щирица назадзапрокинутая	41,67 3	46,30 3	54,00 3
<i>Daucus carota</i> L. Морковь дикая	50,00 3	7,41 1	8,00 1

Из представленных в табл. 4 14 видов, 6 видов выходят в доминанты на полевых дорогах во всех агрорайонах: горец птичий, вьюнок полевой, ежовник обыкновенный, пастушья сумка обыкновенная, трехреберник непахучий, щирица назадзапрокинутая.

Еще 2 вида из 14 выходят в доминанты в агрорайонах I и II: полынь горькая, цикорий обыкновенный.

Еще 1 вид из 14 выходит в доминанты в агрорайонах I и III: марь белая.

Еще 3 вида из 14 выходят в доминанты только в агрорайоне I: редька дикая, морковь дикая, костер ржаной.

Еще 2 вида из 14 выходят в доминанты только в агрорайоне II: мятлик луговой, одуванчик лекарственный.

Суммарно на полевых дорогах в разных агроклиматических районах Липецкой области в сопутствующие по встречаемости выходят 33 вида сорных растений. Из них в агрорайоне I в сопутствующие выходят 26 видов, в агрорайоне II – 12 видов, в агрорайоне III – 10 видов.

Из 33 видов 4 вида выходят в сопутствующие на полевых дорогах во всех агрорайонах: полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), мальва маленькая (*Malva pusilla* Smith.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), подорожник большой (*Plantago major* L.).

Еще 4 вида из 33 выходят в сопутствующие в агрорайонах I и II: овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L.), сокирки великолепные (*Consolida regalis* S.F. Gray), латук дикий (*Lactuca serriola* L.).

Еще 1 вид из 33 выходит в сопутствующие в агрорайонах II и III: чистец однолетний (*Stachys annua* (L.) L.).

Еще 2 вида из 33 выходят в сопутствующие в агрорайонах I и III: одуванчик лекарственный, мятлик луговой.

Еще 16 видов из 33 выходят в сопутствующие только в агрорайоне I: лопух паутинистый (*Arctium tomentosum* Mill.), синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), аистник обыкновенный (*Erodium cicutarium* (L.) L'Herit.), молочай прутьевидный (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv. s. l.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), вика посевная (*Vicia sativa* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), подорожник средний (*Plantago media* L.), смолевка луговая (*Silene pratensis* (Rafn) Godr.), горец щавелелистный (*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre).

Еще 2 вида из 33 выходят в сопутствующие только в агрорайоне II: лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.), бодяк седой (*Cirsium incanum* (S.G. Gmel.) Fisch.).

Еще 3 вида из 33 выходят в сопутствующие только в агрорайоне III: полынь горькая, костер ржаной, цикорий обыкновенный.

Выводы

1. На обследованных полевых дорогах в агроэкосистемах хозяйств разных агроклиматических районов Липецкой области выявлены 26 – 29 семейств, 74 – 102 рода и 89 – 136 видов сорных растений в зависимости от агрорайона.

2. В группы ведущих по количеству видов входят 7 – 10 семейств сорных растений в зависимости от агрорайона. Во всех районах в эту группу входят 5 семейств: Сложноцветные, Злаки, Крестоцветные, Бобовые, Губоцветные.

3. В группы ведущих по количеству родов входят 6 – 8 семейств сорных растений в зависимости от агроклиматического района. Во всех районах в эту группу входят 3 семейства: Сложноцветные, Злаки, Крестоцветные.

4. Суммарно на полевых дорогах в разных агроклиматических районах Липецкой области в доминанты по встречаемости выходят 14 видов сорных растений. Из них в агрорайоне I в доминанты выходят 12 видов, в агрорайоне II – 10 видов, в агрорайоне III – 7 видов. Их представленность в агрорайонах различна.

5. Второстепенное значение на полевых дорогах в разных агроклиматических районах Липецкой области имеют 33 вида сорных растений из группы сопутствующих по встречаемости. Из них в агрорайоне I в доминанты выходят 26 видов, в агрорайоне II – 12 видов, в агрорайоне III – 10 видов.

Список источников

1. Агроклиматические ресурсы Орловской и Липецкой областей. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1972. 120 с.

2. Атлас Липецкой области. Москва: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1994. 48 с.

3. Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10-74.

4. Лунева Н.Н., Мысник Е.Н. Методика изучения распространенности видов сорных растений // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. Санкт-Петербург, 2012. С. 85-92.
5. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. Москва: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 635 с.
6. Марков М.В. Агрофитоценология. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. 272 с.
7. Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Ленинград: Наука, 1983. 454 с.
8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622271 Российская Федерация. Сорные растения Российской Федерации на разных типах местообитаний: № 2020622129: заявл. 03.11.2020: опубл. 13.11.2020 / Е. Н. Мысник, Н. Н. Лунева; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений».
9. Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск: Наука, 1986. 195 с.
10. Ульянова Т.Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств. Барнаул: Азбука, 2005. 297 с.

References

1. Agro-climatic resources of the Orel and Lipetsk regions. Leningrad: Hydrometeorpubl, 1972. 120 p.
2. Atlas of the Lipetsk region. Moscow: Federal Service of Geodesy and Cartography of Russia, 1994. 48 p.
3. Kazantseva A.S. The main agrophytocenoses of the predkamsky districts of the TASSR. Questions of agrophytocenology, Kazan, 1971, pp. 10-74.
4. Luneva N.N., Mysnik E.N. Methodology for studying the prevalence of weed species. Methods of phytosanitary monitoring and forecasting. St. Petersburg, 2012, pp. 85-92.
5. Mayevsky P.F. Flora of the middle zone of the European part of Russia. Moscow: Comrade Scientific Publishing House. KMK, 2014. 635 p.
6. Markov M.V. Agrophytocenology. Kazan: Publishing House of the Kazan University, 1972. 272 p.
7. Nikitin V.V. Weeds of the flora of the USSR. Leningrad: The Science, 1983. 454 p.
8. Certificate of state registration of the database No. 2020622271 Russian Federation. Weeds of the Russian Federation on different types of habitats: No. 2020622129: application 03.11.2020: publ. 13.11.2020. E. N. Mysnik, N. N. Luneva; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Plant Protection».
9. Tolmachev A.I. Methods of comparative floristics and problems of phlorogenesis. Novosibirsk: The Science, 1986. 195 p.
10. Ulyanova T.N. Weeds in the flora of Russia and neighboring countries. Barnaul: The ABC, 2005. 297 p.

Информация об авторах

Е.Н. Мысник – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов;

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

Information about the authors

E.N. Mysnik – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Phytosanitary Diagnostics and Forecasts;

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

Научная статья

УДК 631.445.25

DOI 10.24888/2541-7835-2024-34-4-132-141

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ НАЛИЧИИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА

Пугачев Григорий Николаевич^{1✉}, Захаров Вячеслав Леонидович²,
Савельева Наталья Николаевна³, Юшков Андрей Николаевич⁴,
Земисов Александр Сергеевич⁵

^{1,3,4,5}Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Тамбовская обл., Мичуринск, Россия

²Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая обл., Елец, Россия

¹grig-nir42@mail.ru✉

²zaxarov7979@mail.ru

^{3,4,5}info@fnc-nich.ru

Аннотация. Стационарные полевые опыты для изучения влияния почвенных условий на рост и плодоношение яблони выполнены в Структурном подразделении ФГБНУ «ФНЦ им. И.В.Мичурина» СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина. Новизна проводимых исследований заключается в изучении почвенных условий применительно к конкретным привойно-подвойным комбинациям яблони. Дифференцированный подход оценки садопригодности в разрезе отдельных сортов позволяет более грамотно проектировать интенсивные насаждения в соответствии с почвенными условиями. Отрицательные формы рельефа могут быть садопригодны для определённых привойно-подвойных комбинаций яблони и характерных для них свойств почвы. Сорта яблони селекции Структурного подразделения СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина Вымпел, Мунстер, Флагман, Академик Казаков, Былина, Фрегат, Благовест, привитые на среднерослый подвой (54-118) являются относительно устойчивыми к некоторым неблагоприятным почвенным факторам (объёмная масса, общая пористость, «плохое» структурное состояние и водопроницаемость иллювиального горизонта). Независимо от рельефа, а также неоптимальных физических показателей почвы существенной разницы в продуктивности растений на водоразделе и в ложбинах не наблюдалось. Так, урожайность за последние три года исследований (2020-2022 гг.) по сортам составила (т/га): Вымпел – 26,1, Мунстер – 25,8, Флагман – 22,1, Академик Казаков – 21,5, Былина – 21,4, Фрегат – 18,6, Благовест – 18,1. Рекомендуем при оценке садопригодности почвы детально изучать особенности гумусового и иллювиального горизонтов отрицательных форм рельефа по комплексу водно-физических и морфологических признаков. В замкнутых понижениях основными признаками садопригодной почвы являются хорошее агрегатное и структурное состояние гумусового горизонта и наличие дренажа.

Ключевые слова: интенсивные сады яблони, низины, тип почвы, морфология почвы.

Для цитирования: Особенности морфологических и водно-физических свойств серой лесной почвы при наличии отрицательных форм рельефа / Г.Н. Пугачев, В.Л. Захаров, Н.Н. Савельева, А.Н. Юшков, А.С. Земисов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 132-141. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-132-141>.

Original article

FEATURES OF MORPHOLOGICAL AND WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SOIL IN THE PRESENCE OF NEGATIVE LANDFORMS

Gregory N. Pugachev^{1✉}, Vyacheslav L. Zakharov², Natalya N. Savelieva³, Andrej N. Yushkov⁴,
Alexander S. Zemisov⁵

^{1,3,4,5}Michurin Federal Scientific Center, Tambov region, Michurinsk, Russia

²Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹grig-nir42@mail.ru✉

²zaxarov7979@mail.ru

^{3,4,5}info@fnc-nich.ru

Abstract. Stationary field experiments to study the effect of soil conditions on the growth and fruiting of apple trees were carried out in the Structural Division of the Federal State Budgetary Budgetary Institu-

tion "I.V. Michurin Federal Research Center". The novelty of the research is the study of soil conditions in relation to specific graft-rootstock combinations of apple trees. A differentiated approach to assessing horticultural suitability in the context of individual varieties makes it possible to more competently design intensive plantings in accordance with soil conditions. Negative landforms may be suitable for certain grafting and rootstock combinations of apple trees and their characteristic soil properties. Varieties of apple trees selected by the I.V. Michurin Structural Subdivision Pennant, Munster, Flagship, Academician Kazakov, Bylina, Frigate, Blagovest, grafted on medium-sized rootstock (54-118) are relatively resistant to some unfavorable soil factors (bulk, total porosity, "poor" structural condition and permeability of the illuvial horizon). Regardless of the topography, as well as suboptimal physical parameters of the soil, there was no significant difference in plant productivity in the watershed and in the hollows. Thus, the yield over the last three years of research (2020-2022) by varieties was (t /ha): Pennant – 26.1, Munster – 25.8, Flagship – 22.1, Academician Kazakov – 21.5, Bylina – 21.4, Frigate – 18.6, Blagovest – 18.1. We recommend that when assessing the suitability of the soil, study in detail the features of humus and illuvial horizons of negative landforms according to a complex of water-physical and morphological features. In closed depressions, the main signs of a garden-friendly soil are a good aggregate and structural condition of the humus horizon and the presence of drainage.

Keywords: intensive apple orchards, lowlands, soil type, soil morphology.

For citation: Features of morphological and water-physical properties of gray forest soil in the presence of negative landforms. G.N. Pugachev, V.L. Zakharov, N.N. Savelieva, A.N. Yushkov, A.S. Zemisov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 4(34), pp. 132-141. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-132-141>.

Введение

Для отечественных селекционеров важнейшей целью является создание высокоадаптированных сортов яблони, которые не уступают по вкусовым достоинствам лучшим мировым аналогам [1, 5, 13, 15]. Одним из наиболее важных факторов адаптации растений являются почвенные условия. Не существует идеально ровных агроландшафтов и, при определённых обстоятельствах, даже небольшие блюдца могут приводить к частичным или полным выпадам деревьев яблони.

Продуктивность яблони во многом обусловлена действием абиотических и биотических стрессоров [6, 7, 15, 16]. Поэтому для совершенствования методики садопригодности почвы необходима прогнозная оценка влияния отрицательных форм рельефа на рост и плодоношение яблони конкретных привойно-подвойных комбинаций, что зависит во многом от комплекса водно-физических свойств почвы. К негативным последствиям приводят ложбины с водоупорным горизонтом, что усугубляется на фоне почвенной агротехники в интенсивных садах [3; 4; 9].

Цель настоящих исследований заключалась в оценке соответствия морфологических и водно-физических свойств серой лесной поверхностно-глеевой почвы общепринятым оптимальным значениям, характеризующим садопригодность участка. Новизна исследований основана на противоречиях общепринятых показателей садопригодности почвы и свойствах обследованного участка, на котором произрастают изучаемые сорта яблони.

Актуальность настоящей работы связана с необходимостью корректировки методики садопригодности почвы в связи с новыми привойно-подвойными комбинациями и агротехнологическими приёмами. Наиболее полно в современной литературе вопрос влияния рельефа на развитие яблони освещён в трудах М.В. Придорогина [8, 10, 11] и Н.М. Круглова [2]. Однако в публикациях данных авторов отсутствует оценка влияния отрицательных форм рельефа в зависимости от морфологических особенностей конкретной почвы в разрезе сортов, задействованных в настоящей работе.

Обследование состояния растений яблони в структурном подразделении СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина показало, что отрицательные формы рельефа не приводят к значительным выпадам деревьев и существенному снижению урожая. Поэтому нами было проведено обследование почвы СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина в отрицательных формах рельефа. Также в качестве сравнения представлена характеристика чернозёмо-

видной почвы экспериментального сада ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» на предмет физических свойств почвы.

Материалы и методы исследований

Стационарные полевые опыты для изучения влияния почвенных условий на рост и плодоношение яблони выполнены в Структурном подразделении ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина. Объекты исследований: сорта яблони Вымпел, Мунстер, Флагман, Академик Казаков, Былина, Фрегат, Благовест, привитые на подвое 54-118. Почва – серая лесная маломощная поверхностно глеевая. В качестве сравнения используем чернозёмовидную почву экспериментального сада ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Морфологический анализ почвы проводили по А.О. Рагимову [12]. Плотность почвы определяли методом режущих цилиндров, плотность твёрдой фазы – пикнометрическим методом, агрегатный анализ – методом Н.И. Савинова [14]. В соответствии с рассчитанным коэффициентом структурности (Кст) оценивалось агрегатное состояние почв [17].

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты опытов показали, что независимо от рельефа, даже при наличии низинных участков, впадин, а также неоптимальных физических показателей почвы существенной разницы в продуктивности растений не наблюдалось. Так, урожайность за последние три года исследований (2020-2022 гг.) по сортам составила (т/га): Вымпел – 26,1, Мунстер – 25,8, Флагман – 22,1, Академик Казаков – 21,5, Былина – 21,4, Фрегат – 18,6, Благовест – 18,1 [1]. Нами изучены морфологические и водно-физические свойства почвы, на которой произрастают данные сорта яблони.



Рисунок 1. Профиль серой лесной поверхностно глеевой почвы

Морфологические признаки почвы Структурного подразделения СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина (табл. 1) характеризуют её как серую лесную маломощную поверхностно глеевую (рис. 1).



Рисунок 2. Включения иллювиального горизонта: кварцевая галька, валуны, кварц, кварцит, определяющие дренаж почвы

Таблица 1. Морфологические признаки серой лесной поверхностно глеевой почвы Структурного подразделения СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина

Горизонт	Слой, см	Мощность, см	Характеристика
A ₀	0-2	2	дернина, бесструктурный, серый, сухой, среднесуглинистый
A ₁	2-28	26	белёсый, оподзоленный, включения – отмершие корни, светло-серый, включения – кварцевая галька (рис. 2), бесструктурный, среднесуглинистый, сухой, очень плотный, при подсыхании появляются пятна оподзоливания, переход резкий, граница волнистая
A ₂ B _g	28-45	17	неоднородный, гумусовые потёки на буром фоне, включения: кварцевая галька, валуны, кварц, кварцит (рис. 2), структура столбчатая, пятна оподзоливания, ореховато-призматическая структура и линзы гравия
B _g	45-60	15	неоднородный, гумусовые потёки на буром фоне, включения: кварцевая галька, валуны, кварц, кварцит, структура столбчатая (рис. 3), мраморная окраска, присутствует мелкий гравий, где грансостав супесчаный, что даёт дренаж, линзы гравия залегают карманами



Рисунок 3. Столбчатая структура горизонта Bg

В качестве сравнения используем чернозёмовидную почву экспериментального сада ФНЦ им. И.В.Мичурина (рис. 4.). Данная почва отличается более мощным гумусовым горизонтом и более оптимальными морфологическими (табл. 2) и агрофизическими свойствами (табл. 3,4,5).



Рисунок 4. Профиль луговато-чернозёмной мощной почвы

Таблица 2. Морфологические признаки луговато-чернозёмной мощной почвы экспериментального сада ФГБНУ «ФНЦ им. И.В.Мичурина»

Горизонт	Слой, см	Мощность, см	Характеристика
A ₀	0-10	10	дернина, очень плотный, тёмно-серый, тяжелосуглинистый, сухой, зернистый, копролиты, обилие корней
A ₁	10-70	60	очень плотный, тёмно-серый, местами чёрный, комковатый, тяжелосуглинистый, граница карманная, переход ясный, пятна оподзоливания
AB	70-95	15	кратовины, неоднородный, бурый, с чёрными полосами и пятнами, очень плотный, тяжелосуглинистый, корни клевера, комковатый
B	95-110	15	бурый, кратовины, чёрные пятна, линзы ожелезнённого песка, очень плотный в линзах, вне их – плотный, в кратовинах менее плотный

Необходимо отметить, что почва Структурного подразделения СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, при произрастании на которой наблюдается отсутствие или незначительные выпадения деревьев яблони, имеет менее благоприятные основные агрофизические свойства по сравнению с чернозёмовидной почвой. Такие показатели как объёмная масса и общая пористость имеют неудовлетворительные значения (табл. 3).

Таблица 3. Плотность и общая пористость почвы

№	Варианты (горизонт, почва)	Плотность, г/см ³	ПТФ, г/см ³	Общая пористость, %	Оценка пористости
1	A, ЧлЗ*	1,53	2,58	40,58	удовлетв.
2	B, ЧлЗ*	1,43	2,66	46,13	хорошая
3	A, С1п-г**	1,63	2,5	34,67	неудовлетв.
4	B, С1п-г**	1,73	2,57	32,68	неудовлетв.

* - чернозёмно-луговая (Чл) мощная (3) почва;

** - серая лесная (С) маломощная (1) поверхностно глеевая (п-г) почва

Существенным преимуществом анализируемой серой лесной почвы является содержание агрономически ценной фракции в гумусовом горизонте, которая составляет почти 50% (табл. 4). В иллювиальном горизонте данной почвы зарегистрировано наименьшее процентное содержание агрономически ценных агрегатов (12 %), наименьшее содержание пылевидной фракции (0,3 %) и наибольший процент глыбистой фракции (87 %).

Глыбистая фракция создаёт столбчатую структуру, которая, несмотря на её неблагоприятный характер, способствует водоотводу при поверхностном переувлажнении. Водопрочность гумусового горизонта серной лесной почвы удовлетворительная и несущественно отличается от чернозёмовидной почвы, используемой в качестве сравнения (табл. 5).

Таблица 4. Содержание агрономически ценных агрегатов, пылевидной и глыбистой фракции почвы, %

№	Вариант (горизонт, почва)	Фракция:		
		Пылевидная	Агрономически ценная	Глыбистая
		< 0,25 мм	0,25 - 10,0 мм	> 10,0 мм
1	А, ЧлЗ	2,43	34,75	62,82
2	В, ЧлЗ	1,58	41,3	57,12
3	А, С1п-г	9,24	49,02	41,74
4	В, С1п-г	0,31	12,25	87,44

Не менее важным преимуществом серой лесной почвы Структурного подразделения СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, по сравнению с чернозёмовидной, является более оптимальное структурное и агрегатное состояние. Коэффициент структурности гумусового горизонта почти в два раза превышает значение луговато-чернозёмной почвы (табл. 5). Относительно иллювиального горизонта, который более важен для оценки характера водооттока, результаты неоптимальные. В этой связи достаточным для оптимального роста и развития яблони является гумусовый горизонт среднесуглинистого гранулометрического состава мощностью около 30 см. Несмотря на неоптимальные показатели иллювиального горизонта, дренаж осуществляется за счёт наличия каменистых включений (кварцевая галька, валуны, кварц, кварцит (рис. 2), а также столбчатой структуры иллювиального горизонта (рис. 3).

Таблица 5. Агрегатное, структурное состояние и водопрочность почвы

Варианты	К-т структурности (агрегатное состояние)		Структурное состояние		Водопрочность	
	Значение	Характеристика	Значение	Характеристика	Значение	Характеристика
А, ЧлЗ,	0,53	Удовлетворительное	34,8	Неудовлетворительное	50,	удовлетворительное
В, ЧлЗ	0,7	Хорошее	41,3	Удовлетворительное	31,0	неудовлетворительное
А, С1п-г	0,96	Хорошее	49,0	Удовлетворительное	45,2	удовлетворительное
В, С1п-г	0,14	Удовлетворительное	12,3	Плохое	14,3	плохая

Таким образом, при оценке садопригодности почвы, имеющей отрицательные закрытые формы рельефа, для сортов яблони, привитых на среднерослый подвой (54-118), первостепенными являются следующие агрофизические показатели почвы: 1) содержание агрономической фракции в гумусовом горизонте (не менее 50%); 2) наличие каменистых включений и глыбистой фракции в иллювиальном горизонте, имеющем глинистый и тяжелосуглинистый гранулометрический состав; 3) структурное и агрегатное состояние гумусового горизонта; 4) гранулометрический состав гумусового горизонта (должен быть не тяжелее среднесуглинистого).

Выводы

1. Несмотря на общепринятое положение, отрицательные формы рельефа могут быть садопригодны для определённых привойно-подвойных комбинаций яблони и характерных для них свойств почвы.

2. Сорты яблони селекции Структурного подразделения СГЦ-ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина (Вымпел, Мунстер, Флагман, Академик Казаков, Былина, Фрегат, Благовест),

привитые на среднерослый подвой (54-118), являются относительно устойчивыми к некоторым неблагоприятным почвенным факторам (объёмная масса, общая пористость, «плохое» структурное состояние и водопрочность иллювиального горизонта).

3. При оценке садопригодности почвы необходимо детально изучать особенности гумусового и иллювиального горизонтов отрицательных форм рельефа по комплексу водно-физических и морфологических признаков.

4. В замкнутых понижениях основными признаками садопригодной почвы являются хорошее агрегатное и структурное состояние гумусового горизонта и наличие дренажа.

5. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования и детализации общепринятой методики садопригодности применительно к конкретным привойно-подвойным комбинациям. По таким показателям как мощность гумусового горизонта, объёмная масса, общая пористость, наличие оглеенного горизонта, обследованная почва, согласно методике оценки земельных участков под закладку промышленных насаждений, является непригодной. Полученные данные в некоторой степени опровергают общепринятую методику.

Список источников

1. Генетические источники комплекса ценных признаков яблони для селекционного использования в ЦЧР / Н.Н. Савельева, А.Н. Юшков, А.С. Земисов, В.В. Чивилев, Н.В. Борзых // Бюллетень ГНБС. 2023. Вып. 148. С. 49-55.

2. Круглов Н.М. Реконструкция и размещение садов в ЦЧР и Поволжье (современные подходы): Методические рекомендации, Воронеж: Изд-во Воронежский ГАУ. 2013. 54 с.

3. Методика выбора и оценки земельных участков под закладку интенсивных промышленных садов: рекомендации / Под ред. Ю.В. Трунова. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2007. 48 с.

4. Методика выбора и оценки земельных участков под закладку промышленных насаждений плодовых и ягодных культур (рекомендации) / Под ред. Ю.В. Трунова [Ю.В. Трунов, М.В. Придорогин, А.В. Соловьёв, Н.П. Юмашев]. Воронеж: «Кварта», 2012. 40 с.

5. Новые сорта плодовых культур селекции ФГБНУ ВНИИГиСПР / А.Н. Юшков, Р.Е. Богданов, Н.Н. Савельева, А.С. Земисов, В.В. Чивилёв // Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства: материалы науч.-практ. конф. 8-10 сент. 2016 г. в г. Мичуринске Тамбовской обл. Мичуринск-наукоград РФ, 2017. С. 61-67.

6. Обеспечение стабильности устойчивости генотипов яблони к грибу *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. / Н.Н. Савельева, А.Н. Юшков, А.С. Земисов, Н.В. Борзых, В.В. Чивилев, А.С. Лыжин // Биосфера: междисциплинарный научный и прикладной журнал. 2022. Т. 14. № 4. С. 384-396.

7. Потенциал устойчивости плодовых культур к низкотемпературным стрессорам / Н.И. Савельев, А.Н. Юшков, В.В. Чивилев, Н.Н. Савельева, А.С. Земисов // Плодоводство и ягодоводство России. 2008. Т. 18. С. 503-506.

8. Придорогин М.В., Придорогин В.К. Методология размещения сада. Мичуринск-наукоград РФ: Изд-во МичГАУ, 2014. 604 с.

9. Придорогин М.В. Научные и методические основы оценки садопригодности земельных участков для насаждений яблони на пологих склонах и микросклонах: автореф. дис. док. с.-х. наук, специальность 06.01.08 – плодоводство, виноградарство. Мичуринск-наукоград РФ, 2016. 43 с.

10. Придорогин М.В., Придорогин В.К., Придорогин Вл.К. Парадоксальный рельеф. Мичуринск-наукоград РФ: Изд-во МичГАУ, 2014. 495 с.

11. Придорогин М.В. Рельеф Окско-Донской равнины и его влияние на экологию садового ландшафта / М.В. Придорогин, В.К. Придорогин, В.К. Придорогин // ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина. Мичуринск-наукоград РФ, 2006. 656с.

12. Рагимов А.О., Мазиров М.А., Шентерова Е.М. Почвоведение: лаб. практикум. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. 120 с.

13. Развитие научной школы по генетике и селекции плодовых культур академика РАН Н.И. Савельева / М.Ю. Акимов, А.Н. Юшков, Н.Н. Савельева, В.В. Чивилев, А.С. Земисов, Р.Е. Богданов, В.Б. Говорухина // *Материалы межд. науч.-практ. конф., посвящ. памяти акад. РАН, д-ра с.-х. наук, проф. Н.И. Савельева. Мичуринск. 24-26 мая 2017 г.* С. 13-19.
14. Ревут И. Б. *Физика почв.* Ленинград: Колос, 1964. 318 с.
15. Савельева Н.Н., Юшков А.Н., Земисов А.С. Перспективные сорта и генотипы яблони селекции Федерального научного центра им. И.В. Мичурина // *Достижения науки и техники АПК.* 2017. Т. 31. № 7. С. 20-22.
16. Селекция высокоадаптивных сортов семечковых культур с генетической устойчивостью к болезням / Н.И. Савельев, А.Н. Юшков, В.В. Чивилев, А.С. Земисов, Н.Н. Савельева, Р.Е. Кириллов // *Интенсификация и оптимизация продукционного процесса сельскохозяйственных растений: матер. междунар. науч.-практ. конф. 6-8 октября. Орёл.* 2009. С. 142-145.
17. Шейн Е.В. *Курс физики почв: учебник.* Москва: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.

References

1. Genetic sources of a complex of valuable apple tree traits for breeding use in the Central Asian Republic. N.N. Savelyeva, A.N. Yushkov, A.S. Zemisov, V.V. Chivilev, N.V. Borzykh. *Bulletin of GNBS*, 2023, vol. 148, pp. 49-55.
2. Kruglov N.M. *Reconstruction and placement of gardens in the Central Park and the Volga region (modern approaches): Methodological recommendations*, Voronezh: Publishing house of the Voronezh State Agrarian University, 2013. 54 p.
3. *Methodology for the selection and evaluation of land plots for the laying of intensive industrial gardens: recommendations.* Edited by Yu.V. Trunov. Michurinsk: Publishing house of Michurinsk State Agrarian University, 2007. 48 p.
4. *Methodology for the selection and evaluation of land plots for the laying of industrial plantations of fruit and berry crops (recommendations).* Edited by Yu.V. Trunov [Yu.V. Trunov, M.V. Pridorogin, A.V. Solovyov, N.P. Yumashev]. Voronezh: «Kvarta», 2012. 40 p.
5. *New varieties of fruit crops of selection of the Federal State Budgetary Institution All-Russian scientific research institute of genetics and breeding of fruit plants.* A.N. Yushkov, R.E. Bogdanov, N.N. Savelyeva, A.S. Zemisov, V.V. Chivilev. *Scientific and practical foundations of accelerating import substitution of horticulture products: materials of scientific and practical conference 8-10 September 2016 in Michurinsk, Tambov region.* Michurinsk-naukograd RF, 2017, pp. 61-67.
6. Ensuring the stability of the resistance of apple tree genotypes to the fungus *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. N.N. Savelyeva, A.N. Yushkov, A.S. Zemisov, N.V. Borzykh, V.V. Chivilev, A.S. Lyzhin. *Biosphere: interdisciplinary scientific and applied journal*, 2022, vol. 14, no. 4, pp. 384-396.
7. The potential of resistance of fruit crops to low-temperature stressors. N.I. Savelyev, A.N. Yushkov, V.V. Chivilev, N.N. Savelyeva, A.S. Zemisov. *Fruit and berry growing in Russia*, 2008, vol. 18, pp. 503-506.
8. Pridorogin M.V., Pridorogin V.K. *Methodology of garden placement.* Michurinsk-Science City of the Russian Federation: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2014. 604 p.
9. Pridorogin M.V. *Scientific and methodological foundations for assessing the garden suitability of land plots for apple plantations on gentle slopes and micro-slopes: abstract. dis. doc. agricultural sciences, specialty 06.01.08 – fruit growing, viticulture.* Michurinsk-Science City of the Russian Federation, 2016. 43 p.
10. Pridorogin M.V., Pridorogin V.K., Pridorogin V.K. *Paradoxical relief.* Michurinsk-Science city of the Russian Federation: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2014. 495 p.

11. Pridorogin M.V. Relief of the Oka-Don plain and its influence on the ecology of the garden landscape. M.V. Pridorogin, V.K. Pridorogin, V.K. Pridorogin. SSI I.V. Michurin All-Russian Scientific Research Institute of Horticulture. Michurinsk-Science City of the Russian Federation, 2006. 656 p.
12. Ragimov A.O., Mazirov M.A., Shenterova E.M. Soil science: laboratory workshop. Vladimir: Publishing House of the Vladimir State University, 2017. 120 p.
13. Development of the scientific school on genetics and breeding of fruit crops of Academician of the Russian Academy of Sciences N.I. Savelyev. M.Yu. Akimov, A.N. Yushkov, N.N. Savelyeva, V.V. Chivilev, A.S. Zemisov, R.E. Bogdanov, V.B. Govorukhina. Materials of the international scientific and practical conference., dedicated. in memory of the academy. RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Prof. N.I. Savelieva. Michurinsk. May 24-26, 2017, pp. 13-19.
14. Revut I. B. Physics of soils. Leningrad: Kolos, 1964. 318 p.
15. Savelyeva N.N., Yushkov A.N., Zemisov A.S. Promising varieties and genotypes of apple breeding of the Federal Scientific Center named after I.V. Michurin. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2017, vol. 31, no. 7, pp. 20-22.
16. Selection of highly adaptive varieties of seed crops with genetic resistance to diseases. N.I. Savelyev, A.N. Yushkov, V.V. Chivilev, A.S. Zemisov, N.N. Savel'eva, R.E. Kirillov. Intensification and optimization of the production process of agricultural plants: mater. international scientific and practical conference on October 6-8. Orel, 2009, pp. 142-145.
17. Shein E.V. Course of soil physics: textbook. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 2005. 432 p.

Информация об авторах

- Г.Н. Пугачев** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;
Н.Н. Савельева – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник;
А.Н. Юшков – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией физиологии устойчивости и геномных технологий;
А.С. Земисов – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией частной генетики и селекции.

Information about the authors

- G.N. Pugachev** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;
V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products;
N.N. Saveleva – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher the Gene Pool Laboratory;
A.N. Yushkov – Doctor of Agricultural Sciences, head of the Laboratory of Physiology of Resistance and Genomic Technologies;
A.S. Zemisov – Candidate of Agricultural Sciences, head of the Laboratory of Special Genetics and Selection.

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))
- Агрэкология и рациональное природопользование (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))

Комплектность материалов, направленных для публикации в журнал

- рукопись статьи (*.doc и *.pdf);
- рецензия доктора наук по научному направлению статьи, подписанная и обязательно заверенная печатью организации;
- справка из отдела аспирантуры для подтверждения статуса аспиранта (для бесплатной публикации);
- копия договора подготовки в докторантуре ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» для подтверждения статуса докторанта (для бесплатной публикации).

Оплата редакционно-издательских услуг

Реквизиты для оплаты

ИНН: 4821004595

КПП: 482101001

БИК: 014206212

БАНК ПОЛУЧАТЕЛЯ ПЛАТЕЖА: Отделение Липецк/УФК по Липецкой области, г. Липецк

ПОЛУЧАТЕЛЬ ПЛАТЕЖА: УФК по Липецкой области (ЕГУ им. И.А. Бунина, л/с 20466Х13800)

ЕДИНЫЙ КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 40102810945370000039

КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 03214643000000014600

ОКОНХ 92110

ОКПО 02079537

ОКТМО 42715000

КБК 000000000000000000130 (доходы от оказания платных услуг (работ))

Оплата редакционно-издательских услуг **500 руб. за 1 стр.**

Назначение платежа: за выполнение редакционно-издательских услуг, «Агропромышленные технологии Центральной России, ФИО плательщика».

После оплаты Заказчику необходимо направить на электронный адрес agropromelets@mail.ru сканированную квитанцию об оплате, а также почтовый адрес для отправки журнала.

Автор статьи имеет право на получение одного журнала бесплатно вне зависимости от количества соавторов. Информация о приобретении дополнительного экземпляра сообщается заранее, экземпляр оплачивается по каталожной цене журнала.

Право на бесплатную публикацию в журнале имеют:

все аспиранты, докторанты ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», **члены редакционной коллегии журнала** «Агропромышленные технологии Центральной России», **ведущие ученые**, статьи которых имеют высокую научно-практическую значимость (по согласованию с заместителями главного редактора и после утверждения главным редактором).

Ведущими учеными признаются лица, имеющие следующие документально подтвержденные результаты научной деятельности за 5 лет, предшествующие публикации: 1) количество статей в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus – не менее 5; 2) количество статей в Перечне рецензируемых научных изданий РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук на основании данных РИНЦ («Перечень ВАК») – не менее 8; 3) количество рецензируемых монографий в области знаний, соответствующих научной специальности ученого, – не менее 1; 4) индекс Хирша – не менее 10.

В одном номере журнала принято ограничение на количество бесплатных публикаций:

- количество публикаций аспирантов и докторантов не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций членов редакционной коллегии не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций ведущих ученых не должно превышать 3 статей.

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Порядок рецензирования рукописей научных статей, поступивших в редакцию журнала «Агропромышленные технологии Центральной России».

1. Рукописи научных статей, поступившие в редакцию, проходят обязательное рецензирование с целью их экспертной оценки.

2. Председатель редакционного совета определяет соответствие рукописи статьи профилю журнала и требованиям к оформлению.

3. После рассмотрения рукописи статьи на заседании редакционной коллегии рукопись направляется на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемых статей. Если статья не соответствует профилю журнала, то автору сообщается о невозможности ее публикации.

4. Тип рецензирования — двустороннее слепое (анонимное). Присланные рецензентам рукописи являются частной собственностью авторов и содержат сведения, не подлежащие разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей, а также передавать статьи на рецензирование другому лицу.

5. Срок рецензирования составляет не более четырех недель.

6. Рецензент оценивает:

соответствие содержания статьи ее названию; структуру статьи (предмет исследования, постановка задачи, ход проведения исследований, результаты и выводы); наличие в статье научной или технической новизны; достоинства и недостатки статьи.

7. Рецензент дает заключение о целесообразности публикации статьи:

принять статью; принять статью с незначительной доработкой – автору направляется текст рецензии с предложением внести необходимые изменения и дополнения в статью или аргументировано опровергнуть замечания рецензента, затем рукопись статьи рассматривается на заседании редакционной коллегии на предмет выполнения требований рецензента; рассмотреть статью повторно после серьезной переработки – автору направляется текст рецензии с предложением переработки статьи, затем переработанная автором статья направляется на повторное рецензирование; отклонить статью – мотивированный отказ направляется автору, к повторному рассмотрению статья не принимается.

8. Текст рецензии предоставляется автору по его запросу, а также в Высшую аттестационную комиссию РФ по соответствующему запросу без подписи и указания фамилии, должности и места работы рецензента.

9. Рукописи статей, принятых к публикации, автору не возвращаются.

10. Рукописи статей, не принятых к публикации, вместе с текстом мотивированного отказа, возвращаются автору.

11. Рецензии, а также все сопроводительные документы (авторское заявление, экспертное заключение) хранятся в Издательстве и в редакции журнала в течение 5 лет.

Процедура рецензирования и утверждения статей занимает от одного до двух месяцев, далее статьи публикуются в порядке очередности. Редакция может принимать решение о внеочередной публикации статьи.

Подготовка статьи к публикации, проводимая редакцией журнала, состоит в литературном и техническом редактировании. Редакторские правки согласуются с авторами.

Научное издание

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 4 (№ 34)

*Корректор – С.Е. Гридчина
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

Знак информационной продукции 12+

Подписано в печать: 16.12.2024
Дата выхода в свет: 17.12.2024
Бумага формат А-4 (72,5 п.л.)
Гарнитура Times
Печать трафаретная
Тираж 1000 экз. Заказ № 119
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