



ISSN 2072-0920 (Print)
ISSN 2713-0029 (Online)

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

TOM 21 № 1 2025
VOL 21 No. 1 2025

ISSN 2072-0920 (Print)
ISSN 2713-0029 (Online)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МАЙКОПСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

Том 21, №1, 2025

MAYKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

NEW TECHNOLOGIES / NOVYE TEHNOLOGII

Vol. 21, No.1, 2025

История издания журнала:	Журнал издается с 2005 года
Наименование:	Новые технологии/New Technologies Том 21 № 1 2025
Периодичность:	4 выпуска в год
Префикс DOI:	10.47370
ISSN: eISSN:	ISSN 2072-0920 (Print) ISSN 2713-0029 (Online)
Свидетельство о регистрации средства массовой информации:	Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ №ФС77-79835 от 31 декабря 2020
Условия распространения материалов:	Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License
Подписка на журнал «Новые технологии / New Technologies»:	Подписку на журнал «Новые технологии / New Technologies» можно оформить на сайте Объединённого каталога «Пресса России» www.pressa-rg.ru по индексу Э65035, в электронном каталоге Почты России по индексу ПК400, а также по индексу 65035 в электронном каталоге УРАЛ-ПРЕСС https://www.ural-press.ru/
Учредитель / издатель:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
Редакция:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191 тел.: 8(8772)52 30 03 e-mail: nov_teh@mkgtu.ru https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index
Типография:	Индивидуальный предприниматель Кучеренко Вячеслав Олегович 385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, дом 403, офис 33 e-mail: slv01@yandex.ru
Дата выхода:	27.03.2025
Тираж:	500 экз.
Стоимость одного выпуска:	Цена свободная

Journal publishing history:	The journal has been published since 2005
Title:	New technologies / Novye tehnologii Volume 21 No.1, 2025
Frequency:	4 issues a year
DOI prefix:	10.47370
ISSN: eISSN:	2072-0920 (Print) 2713-0029 (Online)
Mass media registration certificate:	Registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor). Certificate PI No. FS77-79835 dated December 31, 2020
Content distribution terms:	Content is distributed under Creative Commons Attribution 4.0 License
Subscription to New technologies / Novye tehnologii journal:	Subscription to the «New Technologies» journal E65035 on the website of the «Press of Russia» United Catalog www.pressa-rf.ru and, in the electronic catalog of the Russian Post under the PK400 index and in the electronic catalog of the Ural Press under the 65035 index.
Founder/Publisher:	Maykop State Technological University 385000, Maikop, 191, Pervomayskaya str.
Editorial office:	Maykop State Technological University 385000, Maikop, 191, Pervomayskaya str. tel.: 8(8772)52 30 03 e-mail: nov_teh@mkgtu.ru https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index
Printing house:	Kucherenko Vyacheslav Olegovich sole proprietorship 385008, Maikop, 403 Pionerskaya str., office 33 e-mail: slv01@yandex.ru
Publication date:	27.03.2025
Circulation:	500 copies
The cost of one issue:	Free price

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Научный журнал «Новые технологии / New technologies» ориентирован на освещение актуальных вопросов в области пищевой промышленности и сельского хозяйства. Журнал публикует результаты оригинальных исследований в сфере разработки современных технологий производства продовольственных продуктов, получения пищевых добавок и функциональных ингредиентов, а также перспективные исследования в области земледелия и растениеводства, селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений, садоводства и овощеводства и их применения в агропромышленном комплексе.

Научная концепция издания предполагает публикацию материалов в следующих областях знаний: агрономии, технологии продовольственных продуктов.

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

Асхад Хазретович Шеуджен, академик РАН, доктор биологических наук, профессор (ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора:

Татьяна Анатольевна Овсянникова, доктор философских наук, профессор, проректор по научной работе и инновационному развитию ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация

Научный редактор:

Юрий Иванович Сухоруких, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры экологии и защиты окружающей среды ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация

Лесик Янкович Айба, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии, Сухум, Абхазия)

Ирина Анатольевна Бандурко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Солтан Сосланбекович Басиев, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО Горский ГАУ, Владикавказ, Российская Федерация)

Елена Павловна Викторова, доктор технических наук, профессор (ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», Краснодар, Российская Федерация)

Римма Шамсудиновна Заремук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Российская Федерация)

Сергей Викторович Зеленцов, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Краснодар, Российская Федерация)

Закир Аббас оглы Ибрагимов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджанская Республика)

Дмитрий Анатольевич Иванов, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Тверская область, Российская Федерация)

Надежда Викторовна Коцарева, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Белгородская область, Российская Федерация)

Константин Николаевич Кулик, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Российская Федерация)

Вячеслав Михайлович Лукомец, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко», Краснодар, Российская Федерация)

Людмила Степановна Малюкова, доктор биологических наук (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Российская Федерация)

Маркарт Герхард Отто, доктор естественных наук, профессор (Австрийский научно-исследовательский центр лесных культур, Вена, Австрия)

Магомед Джамалудинович Омаров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Российская Федерация)

Раух Ханс Петер, доктор естественных наук, профессор (Венский университет природных ресурсов и прикладных наук, Вена, Австрия)

Алексей Владимирович Рындин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Российская Федерация)

Саверио Маннини, доктор химических наук, профессор, научный консультант в области нанобиотехнологий пищевой промышленности (Миланский университет и Университет Бальзано, Милан, Италия)

Аслан Владимирович Сатибалов, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства», Нальчик, Российская Федерация)

Хазрет Русланович Сиюхов, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Анзаур Адамович Схляхов, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Майя Юрьевна Тамова, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «КубГТУ», Краснодар, Российская Федерация)

Виктор Иванович Турусов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Воронежская область, Россия);

Зурет Нурбиевна Хатко, доктор технических наук, доцент (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Хеннинг Гюнтер, доктор естественных наук, профессор (Университет прикладных наук, Дрезден, Германия)

Сергей Семенович Чумаков, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Российская Федерация)

Штангль Роземари, доктор естественных наук, профессор (Венский университет природных ресурсов и прикладных наук, Вена, Австрия)

Виктор Петрович Якушев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Aims and Scope

The scientific journal “Novye Tehnologii /New Technologies” aims to cover current issues in the Food industry and Agriculture. The Journal publishes the results of original research in the field of developing modern technologies for the production of food products, obtaining food additives and functional ingredients, as well as promising research in the field of Agriculture and Plant growing, Selection and Seed production of agricultural plants, Horticulture and Vegetable growing and their application in the Agro-industrial complex.

The scientific concept of the journal involves the publication of materials in the following fields of science: Agronomy, Food technology.

Editorial board:

Chief Editor:

Askhad Kh. Sheudzhen, Dr. Sci. (Biol.), Prof. (Kuban State Agrarian University, Krasnodar, the Russian Federation)

Deputy Chief Editor:

Tatyana A. Ovsyannikova, Dr. Sci. (Philosophy), Prof., Vice Rector for research and innovative development of MSTU (Maikop, the Russian Federation)

Scientific Editor:

Yury I. Sukhorukikh, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Leading Researcher of the Department of Ecology and Environmental Protection of MSTU (Maikop, the Russian Federation)

Lesik Y. Aiba, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Scientific Research Institute of Agriculture of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Abkhazia)

Irina A. Bandurko, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (MSTU, Maikop, the Russian Federation)

Soltan S. Basiev, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, the Russian Federation)

Elena P. Victorova, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products, Krasnodar, the Russian Federation)

Rimma S. Zaremuk, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, the Russian Federation)

Sergey V. Zelentsov, Dr. Sci. (Agr.), Corresponding Member of the RAS (Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit, Krasnodar, the Russian Federation)

Zakir A. Ibragimov, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, The Azerbaijan Republic)

Dmitry A. Ivanov, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Corresponding member of the RAS (VNIIMZ – a branch of the Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev, the Tver region, the Russian Federation)

Nadezhda V. Kotsareva, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, the Belgorod region, the Russian Federation)

Konstantin N. Kulik, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Academician of the RAS (FSC of Agroecology of the RAS, Volgograd, the Russian Federation)

Vyacheslav M. Lukomets, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences (National Grain Center named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, the Russian Federation)

Lyudmila S. Malyukova, Dr. Sci. (Biol.), Prof. (All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi, the Russian Federation)

Markarth Gerhard Otto, Dr. Sci. (Nat), Prof., (Austrian Forestry Research Center, Vienna, Austria)

Magomed D. Omarov, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi, the Russian Federation)

Rauch Hans Peter, Dr. Sci. (Nat), Prof. (Vienna University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria)

Alexey V. Ryndin, Dr. Sci. (Nat), Prof., Corresponding Member of the RAS (All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi, the Russian Federation)

Saverio Mannino, Dr. Sci. (Chem.), Prof., Scientific Consultant in the field of Nanobiotechnology of Food industry (University of Milan and University of Balzano, Milan, Italy)

Aslan V. Satibalov, Dr. Sci. (Agr.) (The North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture, Nalchik, the Russian Federation)

Khazret R. Siyukhov, Dr. Sci. (Eng.), Assoc.Prof. (MSTU, Maikop, the Russian Federation)

Anzaur A. Skhalyakhov Dr. Sci. (Eng.), Assoc.Prof. (MSTU, Maikop, the Russian Federation)

Maya Yu. Tamova Dr. Sci. (Eng.), Prof. (KubSTU, Krasnodar, the Russian Federation)

Victor I. Turusov, Dr. Sci. (Agr.), Academician of the RAS (Voronezh FACS named after V.V. Dokuchaev, the Voronezh region, the Russian Federation)

Zuret N. Khatko, Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (Maikop, the Russian Federation)

Henning Gunther, Dr. Sci. (Nat), Prof. (University of Applied Sciences, Dresden, Germany)

Sergey S. Chumakov, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, the Russian Federation)

Stangl Rosemarie, Dr. Sci. (Nat), Prof. (Vienna University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria)

Victor P. Yakushev, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Academician of the RAS (Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, the Russian Federation)

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Асфондьярова И.В., Абуталимова А.А., Демченко В.А. Разработка рецептур снеков из мяса птицы и оценка их качества	11
Лисовая Е.В., Угрюмова Т.И., Шахрай Т.А., Викторова Е.П., Схляхов А.А. Направления применения бета-каротина в технологиях продуктов питания.....	25
Мельникова Е.О., Ражина Е.В., Смирнова Е.С., Неверова О.П., Галушина П.С. Разработка рецептуры десертного хлеба с добавлением порошка клубней таро	41
Мулюкин М.А., Бараненко Д.А., Петрова Ю.Ю., Сутормин О.С. Использование экстрактов <i>Melilotus officinalis</i> с антиоксидантным потенциалом в защитном покрытии для томатов	55
Мухамедов Т.А., Мухамедова С.М. Исследования процесса созревания мяса	69
Самсонова Д.А., Баруа С., Гурда М.Д., Яковченко Н.В. Гороховая дисперсия как основа для производства ферментированных продуктов	90

Сельскохозяйственные науки

Бишенов Х.З., Варквасова М.А., Канукова Ж.О. Результаты поисковых исследований по разработке системы применения минеральных удобрений в многолетних насаждениях в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики.....	110
Гериева Т.А., Джабиев У.Ю., Басиев С.С., Газдаров М.Дз. Пути снижения вредоносности растениям картофеля переносчиками вирусной инфекции.....	123
Дмитрова Е.С., Цаценко Л.В., Щеглов С.Н. Характеристика родительских линий и гибридов F ₁ сахарной свеклы по содержанию альфа-аминного азота и щелочности...	135
Любченко А.В., Рогозина Е.В. Результат многолетнего скрининга Генофонда картофеля на наличие болезней в условиях предгорной зоны Северного Кавказа.....	148
Макаренко А.А., Коковихин С.В., Логойда Т.В. Продуктивность гибридов кукурузы, экономическая и энергетическая эффективность их выращивания в условиях Краснодарского Края	162
Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г., Пчихачев Э.К. Изменчивость количественных показателей плодов ореха грецкого	179

Contents

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

Asfondyarova I.V., Abutalimova A.A., Demchenko V.A. Development of recipes for poultry snacks and their quality assessment	11
Lisovaya E.V., Ugryumova T.I., Shakhrai T.A., Viktorova E.P., Skhalyakhov A.A. Applications of beta-carotene in Food Technologies.....	25
Melnikova E.O., Razhina E.V., Smirnova E.S., Neverova O.P., Galushina P.S. Development of a recipe for dessert bread with the taro tuber powder	41
Mulyukin M.A., Baranenko D.A., Petrova Yu.Yu., Sutormin O.S. Use of <i>Melilotus officinalis</i> extracts with antioxidant potential in a protective coating for tomatoes.....	55
Mukhamedov T.A., Mukhamedova S.M. Investigation of the meat maturation process	69
Samsonova D.A., Barua S., Gurda M.D., Iakovchenko N.V. Pea dispersion as a basis for the production of fermented products	90

Agricultural sciences

Bishenov Kh.Z., Varkvasova M.A., Kanukova Zh.O. The exploratory research results on the development of a system for the application of mineral fertilizers in perennial plantings in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic	110
Gerieva T.A., Dzhabiev U.Yu., Basiev S.S., Gazdarov M.Dz. Ways to reduce harm to potato plants caused by virus carriers	123
Dmitrova E.S., Tsatsenko L.V., Shcheglov S.N. Alpha-amine nitrogen content and alkalinity characteristics of sugar beet parental lines and F ₁ hybrids.....	135
Lyubchenko A.V., Rogozina E.V. The results of long-term screening of the potato gene pool for the presence of diseases in the conditions of the foothill zone of the North Caucasus	148
Makarenko A.A., Kokovikhin S.V., Logoyda T.V. Productivity of corn hybrids, economic and energy efficiency of their cultivation in the Krasnodar Territory	162
Sukhorukikh Yu.I., Biganova S.G., Pchikhachev E.K. Variability of quantitative indicators of walnut fruits	179

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-11-24>
УДК 637.54:641.55



Разработка рецептур снеков из мяса птицы и оценка их качества

И.В. Асфонджярова¹, А.А. Абуталимова¹, В.А. Демченко✉²

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа сервиса и торговли; г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации, Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения); г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
✉dem8484@gmail.com

Аннотация. Введение. Снеки являются важной частью нашего рациона и представляют собой один из наиболее быстрорастущих сегментов пищевой промышленности. Они могут обеспечить появление на рынке инновационных мясных снеков, что открывает лучшие возможности для работников мясной отрасли, потребителей и специалистов. Целью индустрии мясных снеков является улучшение качества и стабильности традиционных мясных закусок или выпуск новых продуктов с повышенной пищевой ценностью, функциональными характеристиками, более удобной упаковкой и улучшенными сенсорными свойствами, такими как вкус, аромат, консистенция [1]. Мясные снеки выпускают из предварительно просоленного мяса любого вида с последующей его сушкой или вялением. Они выпускаются в виде колбасок, кнотов, мясных чипсов, джерков и свиных ушек, упакованных в вакуумную упаковку, стоимостью от 60 до 394 рублей за 50 грамм [2]. В Санкт-Петербурге на потребительском рынке преобладает ассортимент снековой продукции из мяса свинины и говядины с внесением большого количества добавок, не всегда полезных для потребителя. При этом снеки на основе мяса птицы представлены ограничено. Подбор натуральных ингредиентов даст возможность обеспечить организм человека необходимыми биологически активными веществами. **Цель исследования.** Изготовить мясные снеки и оценить их качество. **Задачи исследования.** Разработка рецептур снеков и исследование их качества по органолептическим и физико-химическим показателям. **Методы.** Анализ, эксперимент, измерение. **Результаты.** Органолептическую оценку качества полученных в ходе эксперимента снеков осуществляли по 5-тибалльной шкале, физико-химические показатели исследовали по стандартным методикам. Было разработано 5 рецептур снеков с различными вкусами из мяса птицы, выдержанного в маринаде, далее подвергнутого тепловой обработке в течение 5,5 часов. **Заключение.** По данным органолептической оценки и физико-химического исследования установили, что наилучшие потребительские органолептические свойства имел снек с добавлением куркумы, получивший итоговый средний балл – 4,85. Содержание влаги во всех исследуемых образцах снеков варьировалось от 37,2 до 46 %. Массовая доля поваренной соли не превышала 1 %.

Ключевые слова: снеки, снековая продукция, мясо птицы, обогащающие добавки, качество, органолептические и физико-химические показатели

Для цитирования: Асфондьярова И.В., Абуталимова А.А., Демченко В.А. Разработка рецептур снеков из мяса птицы и оценка их качества. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):11-24. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-11-24>

Development of recipes for poultry snacks and their quality assessment

I.V. Asfondyarova¹, A.A. Abutalimova¹, V.A. Demchenko✉²

¹*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Higher School of Service and Trade;
St. Petersburg, the Russian Federation*

²*Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev of the Ministry of
Defense of the Russian Federation, Research Institute (military-systemic research of logistics);
St. Petersburg, the Russian Federation
✉dem8484@gmail.com*

Abstract. Introduction. Snacks are an important part of our diet and represent one of the fastest growing segments of the food industry. They can ensure the emergence of innovative meat snacks on the market; this fact opens up better opportunities for meat industry workers, consumers and specialists. The goal of the meat snacks industry is to improve the quality and stability of traditional meat snacks or to release new products with increased nutritional value, functional characteristics, more convenient packaging and improved sensory properties such as taste, aroma, consistency [1]. Meat snacks are produced from pre-salted meat of any kind, followed by drying or curing. They are produced in the form of sausages, whips, meat chips, jerky and pork ears, packed in vacuum packaging. Their cost varies from 60 to 394 rubles per 50 grams [2]. In St. Petersburg the consumer market is dominated by a range of snack products made from pork and beef with a large number of additives that are not always wholesome for a consumer. At the same time, snacks based on poultry meat are limited. The selection of natural ingredients will provide the human body with necessary biologically active substances. **The goal of the research** is to produce meat snacks and assess their quality. **The Research objectives** are to develop snack recipes and study their quality based on organoleptic and physicochemical parameters. **The methods used** are analysis, experiment, measurement. **The Results.** The organoleptic quality assessment of the snacks obtained during the experiment has been carried out on a 5-point scale; physical and chemical parameters have been studied using standard methods. Five snack recipes with different flavors have been developed from marinated poultry meat, then heat-treated for 5.5 hours. **Conclusion.** Having assessed the organoleptic and physicochemical properties, it has been found that the snack with the addition of turmeric has the best consumer organoleptic properties, receiving a final average score of 4.85. The moisture content in all the snack samples studied ranges from 37.2 to 46%. The mass fraction of salt does not exceed 1%.

Keywords: snacks, snack products, poultry meat, enriching additives, quality, organoleptic and physicochemical indicators

For citation: Asfondyarova I.V., Abutalimova A.A., Demchenko V.A. Development of recipes for poultry snacks and their quality assessment. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):11-24. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-11-24>

Введение. В условиях цифровых технологий люди все больше задействованы в умственной работе, необходимой для профессиональной и личной жизни, что тре-

бует энергетической подпитки, и снековая продукция может стать лучшим решением данной задачи [3].

Для удовлетворения потребительского спроса на снековую продукцию мясоперерабатывающие заводы применяют новые технологии и высокобарьерные упаковки, пленки, различные вкусоароматические и функциональные добавки, специи, обсыпки, состоящие из пряно-растительного сырья [4]. В состав одних снеков могут входить фитокомпоненты, такие как семена льна, семена подсолнечника, отруби злаковых культур, морская капуста, придающие функциональные свойства и улучшающие органолептические показатели исходного сырья. Другие снеки могут содержать стартовые культуры, предназначенные для повышения биохимической активности белков мышечной ткани, подавления микрофлоры с целью улучшения технологических характеристик мясного сырья.

Различные новшества и рационализация производства позволяют увеличить объем продаж, окупить средства, вложенные в разработку новых технологических решений, и в конечном итоге получить прибыль. В условиях высокой конкуренции на рынке, изменения предпочтений и вкусов покупателей, модернизация производства и внедрение инновационных технологий изготовления мясных изделий позволяют повысить конкурентоспособность и рентабельность производства, а также увеличить ассортимент выпускаемой продукции.

Надо отметить, что мясные снеки становятся все более востребованными, так как многие люди стремятся вести здоровый образ жизни. Снеки содержат белки, что обусловлено особенностями технологии изготовления, удобны в использовании, так как имеют малую массу, не требуют предварительной подготовки и места потребления. Кроме того, за счет обезвоживания мяса увеличивается срок хранения готовой продукции без потери вкусовых качеств [5, 6].

В последнее время растет спрос к белковым продуктам, что способствует развитию рынка закусок из мяса.

Авторами Jovana Delic, Predrag Ikonic и другими доказана возможность включения мяса птицы механической обвалки и пивной дробины в снековой продукции на основе кукурузы путем обогащения полученной продукции белком и клетчаткой и повышения текстурных физических характеристик [7].

На основании данных Росстата, за 2020-2023 гг. объем производства солёного, вареного, запечённого, копчёного, вяленого мяса, в том числе и снековой продукции составил 107,2 млрд руб.

Снековую продукцию делят на три ценовых сегмента: низкий (60 руб./50 г), средний (116 руб./50 г) и высокий (294 руб./50 г).

Потребительский рынок представлен снеками из разных видов мясного сырья, но преобладают снеки из говядины. Снеки из мяса птицы представлены на рынке мало, поэтому данное сырье является перспективным для изготовления снековой продукции. Лидирующие позиции снековой продукции занимают чипсы, колбаски, джерки и другие [2].

С одной стороны, многие производители мясных снеков используют большое количество добавок, не всегда полезных для потребителя. С другой стороны, в настоящее время существует тенденция к потреблению нетрадиционных, более питательных продуктов питания, что ведет к глобализации и децентрализации их производства, порождая адаптацию и инновации традиционных продуктов, чтобы сделать их более здоровыми и устойчивыми [8].

Обеспечение населения полноценным питанием является современной проблемой для предприятий, что обуславливает важность повышения эффективности производства натуральных полезных продуктов питания [9; 10].

Для производства снеков применяют вяление или сушку. Данные технологии позволяют максимально сохранить все полезные вещества, получить продукт с высокой пищевой и биологической ценностью, приятным вкусом и ароматом [4, 11].

В процессе выбора варианта упаковки для снековой продукции важно учесть большое количество важных для сохранности продукта на протяжении всего срока хранения критериев и факторов. Это тип снеков, требования к сроку годности и условиям транспортирования и хранения, экологичность материалов, но первостепенными все же являются защита от влаги и окисления при воздействии кислорода самого готового изделия.

Самыми распространенными видами упаковки для снеков являются следующие варианты. Пленка, используемая для обертывания снеков, которая обеспечивает защиту продукта от загрязнений, обладает гибкостью и легкостью в применении. Упаковка флоу-пак – специально разработана для предотвращения проникновения влаги внутрь пакета, что способствует продлению срока годности изделия.

Такие упаковки, как тубы, бумажно-фольгированные с полимерными крышками или многослойные реторт-пакеты с zip-застежками, являются достаточно дорогостоящими, что негативно влияет на конечную цену продукции.

Наряду с уже перечисленными видами упаковки в настоящее время большинство производителей отдает предпочтение экологической упаковке, изготавливаемой из перерабатываемых вторично или биоразлагаемых материалов, что снижает негативное воздействие на окружающую среду.

Но все же самой надежной как при краткосрочном, так и длительном хранении продукта является вакуумная полимерная упаковка, в которой воздух удаляется посредством различных аппаратов-вакууматоров. Данная разновидность упаковывания продукции обеспечивает продление ее

срока годности благодаря защите именно от влаги и кислорода.

Исходя из выше сказанного, **цель исследования** – разработка рецептуры снековой продукции из мяса птицы с целью повышения ее питательности и натуральности, оценка качества полученного изделия в процессе хранения.

Методы исследования. Органолептический анализ проводили по пятибалльной шкале. Из физико-химических показателей качества определяли содержание влаги, поваренной соли, жира, перекисное и кислотное числа по стандартным методикам [12-16].

Результаты. В качестве контрольного образца использовали рецептуру, в состав которой входили: мясо птицы, соевой соус, растительное масло, сахар, лимонный сок.

Для обогащения снековой продукции использовали чесночный перец, богатый витаминами, микроэлементами. Приправа обладает антисептическими и антиоксидантными свойствами. Продукт возбуждает аппетит, помогает укрепить иммунитет, стимулирует метаболизм, повышает давление.

Паприка содержит минеральные элементы: кальций, фосфор, калий, магний, способствует улучшению метаболизма.

Горчица и куркума способствуют снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, куркума обладает противовоспалительными и антиоксидантными свойствами.

Аскорбиновая кислота является антиоксидантным и восстанавливающим средством, которое участвует в борьбе с бактериальными инфекциями.

Для экспериментального образца 1 были дополнительно внесены черный перец и чесночный перец для улучшения вкусо-ароматических свойств.

В рецептуру 2-го образца добавлена паприка, итальянские травы для придания нежного аромата, приятного вкуса, а также аскорбиновая кислота; 3-го – куркума с

целью придания конечному продукту приятного желтоватого оттенка и 4-го – аскорбиновая кислота в качестве консерванта и горчица для придания приятного вкуса и аромата.

Рецептуры разработанных снеков приведены в таблице 1.

Предварительно мясо птицы выдерживали в маринаде, состоящем из соевого соуса, лимонного сока, растительного

подсолнечного масла, сахара и выдерживали в течение 1 часа. Далее в заранее разогретую духовку до 65-70 °С помещали разложенные на листах для выпечки куриные снеки. В духовке образцы выдерживали на протяжении 5,5 часов до готовности. Далее образцы охлаждали и упаковывали в рифленые пищевые пакеты полиэтилен-полиамид РА/РЕ. Вакуумирование осуществляли при помощи вакууматора «Freshpack Pro».

Таблица 1. Рецептуры снековой продукции

Table 1. Snack product recipes

Ингредиенты, г	Контроль	1	2	3	4
Куриное филе	82	80	80	80	80
Соевый соус	10	10	10	10	10
Сахар	1	1	1	1	1
Растительное масло	5	5	5	5	5
Лимонный сок	2	2	2	2	2
Аскорбиновая кислота	-	-	+	-	+
Паприка	-	-	1	-	-
Чесночный перец	-	1	-	-	-
Черный перец	-	1	-	-	-
Итальянские травы	-	-	1	-	-
Куркума	-	-	-	2	-
Горчица	-	-	-	-	2
Итого, г	100	100	100	100	100

Полученные образцы снеков закладывали на хранение при температуре 0 ... + 4 °С.

Обсуждение. Органолептические показатели качества снеков на начало хранения приведены в таблице 2 и рисунках 1-4.

Образец контрольный (К): имел приятный аромат, выраженный вкус лимона, бледную поверхность, жестковатую консистенцию и итоговый балл – 21,0.

Таблица 2. Органолептические показатели качества снеков

Table 2. Organoleptic quality indicators of snacks

Образцы	Балльная оценка					Итого, баллов
	Внешний вид	Вид на разрезе	Консистенция	Вкус	Аромат	
К	4,25	4,0	3,75	4,0	5,0	21,00
1	4,0	4,25	4,5	3,5	4,0	20,25
2	4,0	4,0	4,0	4,25	5,0	21,25
3	5,0	5,0	5,0	5,0	4,25	24,25
4	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	24,00



Рис. 1. Профилограммы органолептической оценки контрольного образца снеков и снеков с добавлением перцев

Fig. 1. Profilograms of organoleptic assessment of the control sample of snacks and snacks with added peppers



Рис. 2. Профилограммы органолептической оценки контрольного образца снеков и снеков с добавлением итальянских трав и аскорбиновой кислоты

Fig. 2. Profilograms of organoleptic assessment of the control sample of snacks and snacks with the addition of Italian herbs and ascorbic acid



Рис. 3. Профилограммы органолептической оценки контрольного образца снеков и снеков с добавлением куркумы

Fig. 3. Profilograms of organoleptic assessment of the control sample of snacks and snacks with the addition of turmeric

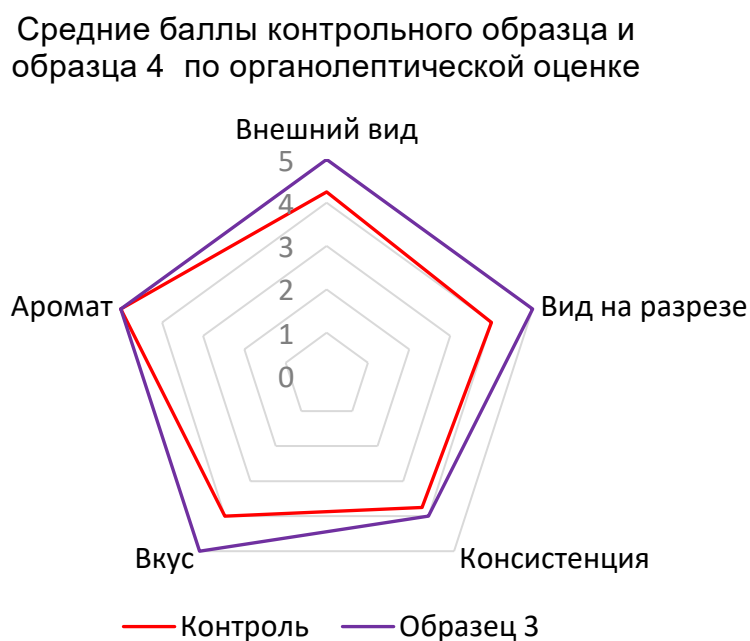


Рис. 4. Профилограммы органолептической оценки контрольного образца снеков и снеков с добавлением горчицы и аскорбиновой кислоты

Fig. 4. Profilograms of organoleptic assessment of the control sample of snacks and snacks with the addition of mustard and ascorbic acid

Образец 1 отличался выраженным острым вкусом, что обусловлено присутствием черного и чесночного перцев, темной поверхностью, поэтому баллы были снижены. Итоговый балл – 20,25.

В образце 2 был сильно выражен вкус итальянских трав. Он имел темную поверхность и суховатую консистенцию. Однако наряду с этим имел приятный запах. Итоговый балл – 21,25.

В образце 3 был отмечен приятный внешний вид, сочная консистенция и слабо выраженный вкус куркумы. Данный образец получил максимальное количество баллов – 24,25.

Образец 4 имел приятное послевкусие и гармоничный вкус, однако отличался суховатой консистенцией. Итоговый балл – 24,0.

По истечении 30 суток исследуемые образцы мясных снеков претерпели изменения органолептических показателей. Наибольшим изменениям подвергся контрольный образец. Данный образец имел удовлетворительное качество и отличался рыхлой консистенцией, кисловатым привкусом и ароматом.

Образцы, обогащенные различными ингредиентами, имели хорошее качество и отличались суховатой консистенцией и бледным внешним видом.

Массовая доля поваренной соли в исследуемых снеках не превышала на протяжении всего периода хранения 1%.

Массовая доля влаги снеков в процессе хранения приведена на рисунке 5.

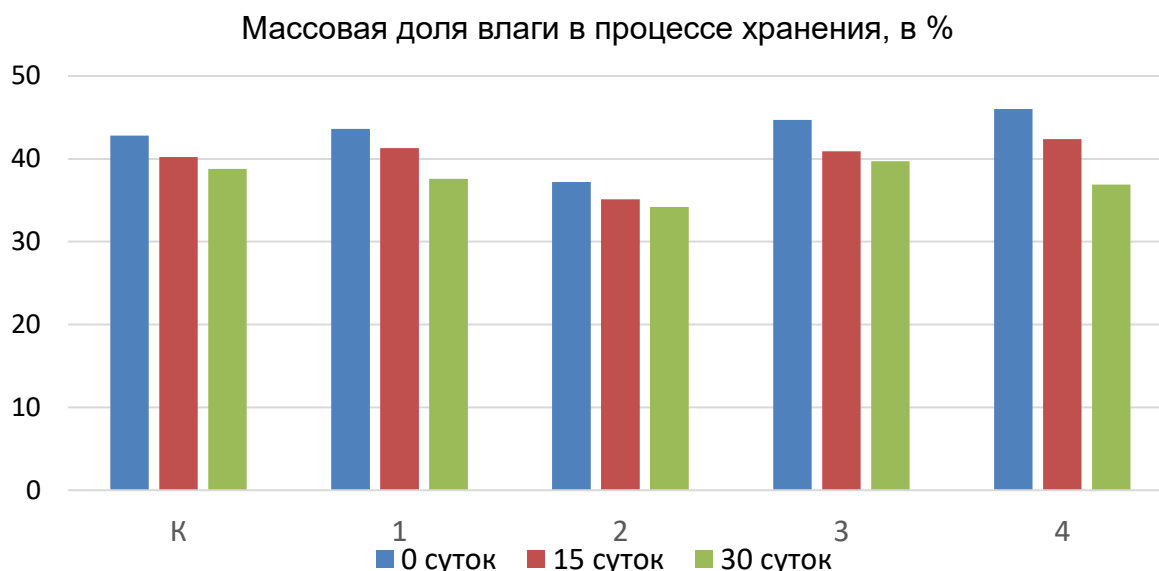


Рис. 5. Изменение влаги в снеках в процессе хранения
Fig. 5. Changes in moisture content in snacks during storage

Из рисунка 5 видно, что содержание влаги в процессе хранения снеков уменьшалось и достигло следующих значений для контрольного и образцов 1-4: 38,8%; 37,6%; 34,2%; 39,7% и 36,9% соответственно.

В процессе термической обработки и хранения липиды претерпевают существенные биохимические изменения, которые приводят к изменению их массы. Это обусловлено тем, что они тесно связаны с

другими составными компонентами готовой продукции.

Характер и степень изменения жиров при хранении зависят от воздействия на них физических факторов: температуры воздуха, относительной влажности и продолжительности хранения, а также от наличия веществ, способных вступать в химическое взаимодействие с жирами [17].

Изменение содержания жира в мясных снеках при хранении показано в таблице 3.

Из таблицы 3 следует, что содержание жира во всех исследуемых образцах уменьшилось к концу их хранения.

Основными химическими реакциями липидов являются их гидролиз и окисление. В процессе хранения влагоудерживающая способность изделий снижается, свободной несвязанной влаги становится больше, что способствует гидролизу. В результате гидролитического распада триглицеридов происходит нежелательное для качественной характеристики жира накопление свободных жирных кислот, выражающееся в повышении

кислотного числа жира. Более глубокие изменения происходят при окислении [17].

Изменение перекисного и кислотного чисел в мясных снеках при хранении приведены в таблицах 4-5 и рисунках 6-7.

Из таблицы 4 и рисунка 6 видно, что величина перекисного числа снековой продукции не превышала норматив – 4,0 ммоль активного кислорода/кг, что подтверждает хорошее качество исходного сырья и позволяет прогнозировать сохранность изделий после тепловой обработки, охлаждения и хранения.

Таблица 3. Массовая доля жира при хранении в %
Table 3. Mass fraction of fat during storage in %

Образцы	0 суток	15 суток	30 суток
К	4,5	3,2	2,1
1	4,0	3,7	3,2
2	4,2	3,9	3,5
3	3,9	3,3	3,5
4	3,9	2,9	2,2

Таблица 4. Определение перекисного числа снеков при хранении
в ммоль активного кислорода/кг

Table 4. Determination of the peroxide value of snacks during storage
in mmol of active oxygen/kg

Образцы	0 суток	15 суток	30 суток
К	0,97	1,54	2,40
1	0,11	0,34	0,57
2	0,05	0,14	0,30
3	0,23	0,35	0,86
4	0,09	0,27	0,45

Таблица 5. Определение кислотного числа снеков при хранении
в мг KOH/ г

Table 5. Determination of the acid value of snacks during storage
in mg KOH/g

Образцы	0 суток	15 суток	30 суток
К	0,15	0,43	0,98
1	0,06	0,21	0,43
2	0,09	0,44	0,57
3	0,05	0,23	0,4
4	0,07	0,28	0,51

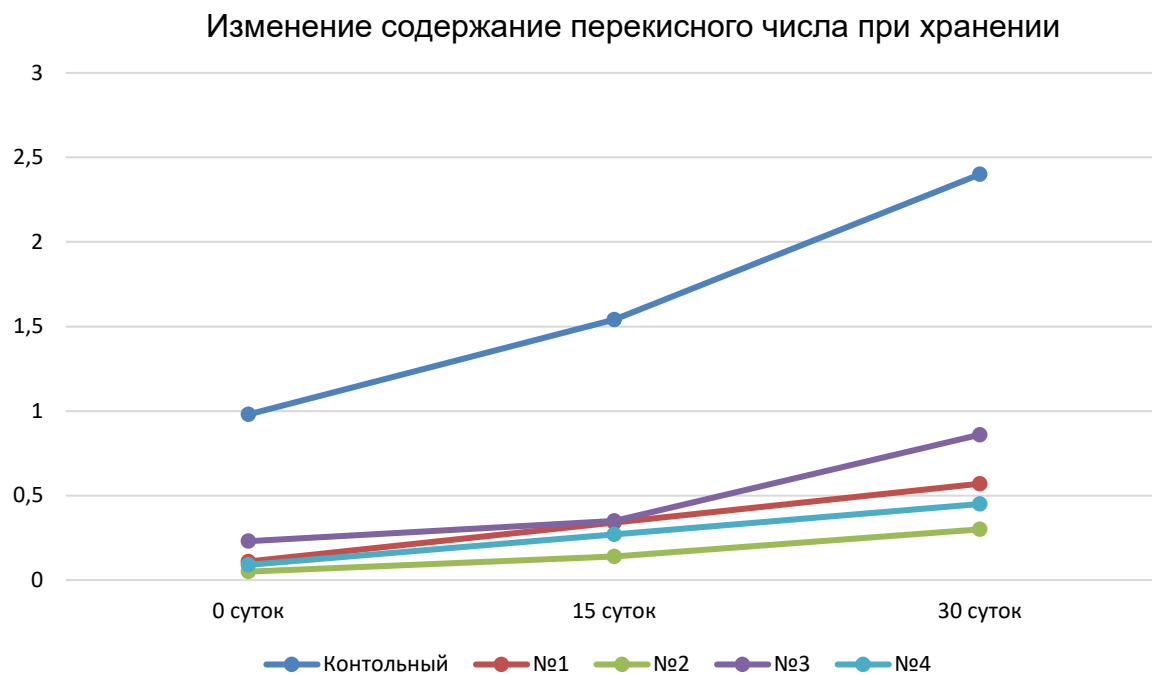


Рис. 6. Изменение содержания перекисного числа при хранении
в ммоль активного кислорода/кг

Fig. 6. Change in peroxide value during storage in mmol of active oxygen/kg

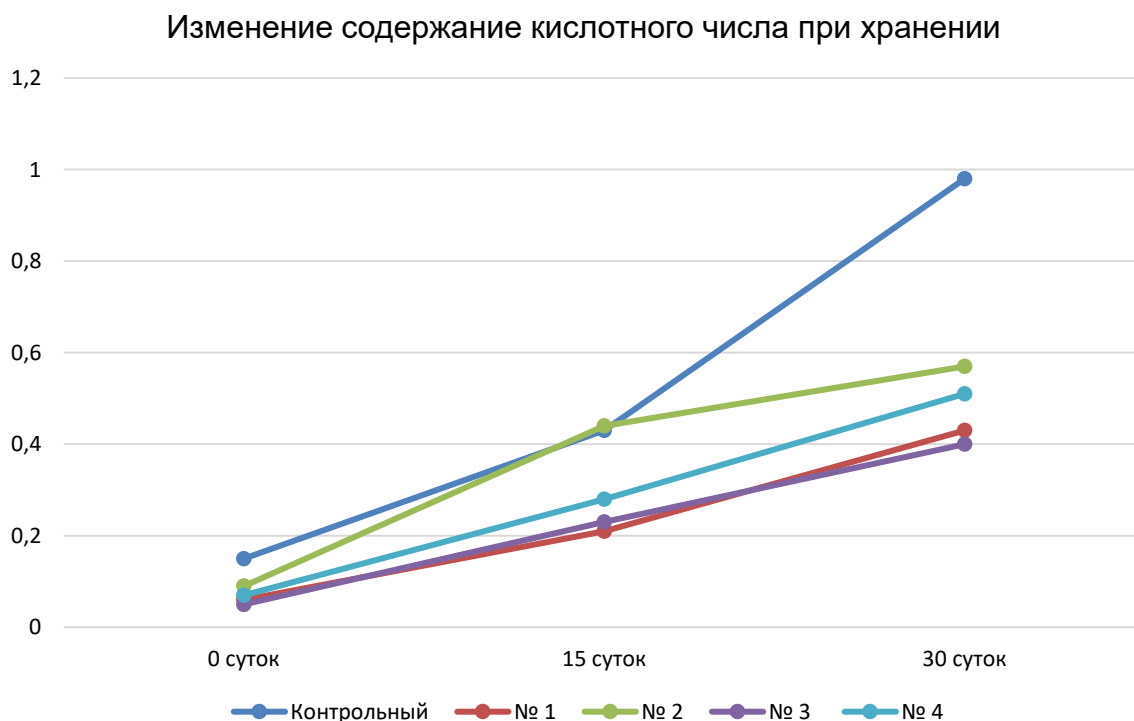


Рис. 7. Изменение содержания кислотного числа при хранении
в мг KOH/ г

Fig. 7. Change in acid number content during storage in mg KOH/g

Как следует из рисунка 7, в процессе хранения всех исследуемых снеков происходило повышение кислотного числа жира, которое обусловлено процессами гидролиза и накоплением свободных жирных кислот.

Заключение. Использование маринада способствовало получению более нежной структуры мяса. Наиболее высокие баллы получили снеки с добавлением куркумы и горчицы. Образцы отличались приятным внешним видом, ароматом и вкусом, со-

ной консистенцией. Для улучшения вкусовых свойств снеков в их состав были добавлены перец черный, перец чесночный, итальянские травы.

По результатам хранения снековой продукции при температурном режиме 0 ... + 4 °С, установили, что мясные снеки сохраняли высокие потребительские свойства на протяжении 30 суток, по истечении которых усилились окислительные и гидролитические процессы и ухудшилось качество изделий в целом.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meat Snacks: A Novel Technological Perspective. Innovations in Traditional Foods / K. Pavan [et al.]. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00011-3>
2. Забегаева И. Ткачишак О. Российский рынок мясных и рыбных снеков // Russian food & drinks market magazine. 2024. № 2.
3. Филиппова М.С. Снековая продукция для людей с повышенной умственной активностью // Вестник науки. 2023. Т. 1, № 6 (63).
4. Мясные снеки: полезный перекус или модный тренд [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/Xyf8uxAr8x2jQI3X> (дата обращения: 25.11.2024 г.)
5. Technological and sensory characteristics in development of innovative symbiotic boneless dry-cured lamb meatsnack. Meat Science, 216 / I.A. Lima [et al.]. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109578>.
6. Effect of microwave vacuum drying time on the quality profiles, microstructures and in vitro digestibility of pork chip snacks. Meat Science, 216 / X. Lianga [et al.]. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109555>.
7. Sustainable snack products: Impact of protein- and fiber-rich ingredients addition on nutritive, textural, physical, pasting and color properties of extrudates / J. Delic [et al.] // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2023. No. 87. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103419>
8. Иванов И.В., Гуринович Г.В. Исследование вакуум-инфракрасной сушки чипсов из мяса птицы // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3. С. 22-26.
9. Life cycle assessment and energy return of investment of nutritionally enhanced snacks supplemented with Spanish quinoa. Science of The Total Environment, 954 / Fernandez Rios A. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176542>.
10. Зотова Л.В. Развитие производства снеков // Инновационные технологии, оборудование и добавки для переработки сырья животного происхождения: материалы Международной научно-практической конференции (26 янв. 2018 г.). Краснодар: КубГТУ. 2018. С. 241-247.

11. Dehnad D., Jafari S.M., Afrasiabi M. Influence of drying on functional properties of food biopolymers: From traditional to novel dehydration techniques // *Trends in Food Science & Technology*. 2016. No. 57. P. 116-131.
12. ГОСТ 9793-2016. Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги. Введ. 2018-01-01. М.: Стандартиформ, 2017. 4 с.
13. ГОСТ 9957-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. Введ. 2017-01-01. М.: Стандартиформ, 2017. С. 3-5.
14. ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. Введ. 2017-01-01. М.: Стандартиформ, 2018. 8 с.
15. ГОСТ 34118-2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения перекисного числа. Введ. 2018-07-01. М.: Стандартиформ, 2018. 5 с.
16. ГОСТ Р 55480-2013. Мясо и мясные продукты. Методы определения кислотного числа. Введ. 2014-07-01. М.: Стандартиформ, 2019. 9 с.
17. Махачева Е.В., Влощинский П.Е. Физико-химические изменения в многокомпонентных мясных рубленых изделиях // *Вестник КрасГАУ*. 2013. № 7. С. 259-264.

REFERENCES

1. Meat Snacks: A Novel Technological Perspective. Innovations in Traditional Foods / K. Pavan [et al.]. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00011-3>
2. Zabegaeva I. Tkachishak O. Russian market of meat and fish snacks // *Russian food & drinks market magazine*. 2024. No. 2. [In Russ.]
3. Filippova M.S. Snack products for people with increased mental activity // *Bulletin of Science*. 2023. Vol. 1, No. 6 (63). [In Russ.]
4. Meat snacks: a healthy snack or a fashionable trend [Electronic resource]. URL: <https://dzen.ru/a/Xyf8uxAr8x2jQI3X> (date of access: November 25, 2024) [In Russ.]
5. Technological and sensory characteristics in development of innovative symbiotic boneless dry-cured lamb meatsnack. *Meat Science*, 216/I.A. Lima [et al.]. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109578>.
6. Effect of microwave vacuum drying time on the quality profiles, microstructures and in vitro digestibility of pork chip snacks. *Meat Science*, 216 / X. Lianga [et al.]. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109555>. [In Eng.]
7. Sustainable snack products: Impact of protein- and fiber-rich ingredients addition on nutritive, textural, physical, pasting and color properties of extrudates / J. Delic [et al.] // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2023. No. 87. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103419>
8. Ivanov I.V., Gurinovich G.V. Study of vacuum-infrared drying of poultry chips // *Equipment and technology of food production*. 2013. No. 3. P. 22-26. [In Russ.]
9. Life cycle assessment and energy return of investment of nutritionally enhanced snacks supplemented with Spanish quinoa. *Science of The Total Environment*, 954 / Fernandez Rios A. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176542>.
10. Zotova L.V. Development of snack production // *Innovative technologies, equipment and additives for processing raw materials of animal origin: Proceedings of the International scientific and practical conference (January 26, 2018)*. Krasnodar: KubSTU. 2018. P. 241-247. [In Russ.]
11. Dehnad D., Jafari S.M., Afrasiabi M. Influence of drying on functional properties of food biopolymers: From traditional to novel dehydration techniques // *Trends in Food Science & Technology*. 2016. No. 57. P. 116-131.

12. GOST 9793-2016. Meat and meat products. Methods for determining moisture. Introduced on 2018-01-01. Moscow: Standartinform, 2017. 4 p.
13. GOST 9957-2015. Meat and meat products. Methods for determining sodium chloride content. Introduced on 2017-01-01. Moscow: Standartinform, 2017. pp. 3-5. [In Russ.]
14. GOST 23042-2015. Meat and meat products. Methods for determining fat. Introduced on 2017-01-01. Moscow: Standartinform, 2018. 8 p. [In Russ.]
15. GOST 34118-2017. Meat and meat products. Methods for determining peroxide value. Introduced on 2018-07-01. М.: Standartinform, 2018. 5 p. [In Russ.]
16. GOST R 55480-2013. Meat and meat products. Methods for determination of acid number. Introduced. 2014-07-01. М.: Standartinform, 2019. 9 p. [In Russ.]
17. Makhacheva E.V., Vloshchinsky P.E. Physicochemical changes in multicomponent minced meat products // Bulletin of KrasSAU. 2013. No. 7. P. 259-264. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Асфондырова Ирина Владимировна, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195298 Российская Федерация г. Санкт-Петербург, Политехническая ул, д. 29 литера Б, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0228-2905>, e-mail: asfond_iv@spbstu.ru

Абуталимова Асият Абдулманановна, магистрант Высшей школы сервиса и торговли, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195298 Российская Федерация г. Санкт-Петербург, Политехническая ул, д. 29 литера Б

Демченко Вера Артёмовна, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения), Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации; 191123, Российская Федерация г. Санкт-Петербург, Вознесенская набережная, д. 10, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1051-8933>, e-mail: dem8484@gmail.com

Irina V. Asfondyarova, Associate Professor, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 195298 the Russian Federation, St. Petersburg, 29 Politekhnikeskaya St., Building B, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0228-2905>, e-mail: asfond_iv@spbstu.ru

Asiat A. Abutalimova, Master student, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 195298 Russian Federation, St. Petersburg, Politekhnikeskaya St., 29, Building B

Vera A. Demchenko, Senior Researcher, Research Institute (military-systemic research of logistics), Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulyov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 191123, the Russian Federation, St. Petersburg, 10 Voznesenskaya embankment, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1051-8933>, e-mail: dem8484@gmail.com

Заявленный вклад авторов

Асфондьярова Ирина Владимировна, Абуталимова Асият Абдулманаповна – проведение эксперимента

Абуталимова Асият Абдулманаповна – подбор литературных источников

Демченко Вера Артемовна – оформление статьи по требованиям журнала

Асфондьярова Ирина Владимировна, Демченко Вера Артемовна – разработка методики исследования, валидация данных

Claimed contribution of co-authors

Asfondyarova Irina Vladimirovna, Abutalimova Asiyat Abdulmanapovna – conducting the experiment

Abutalimova Asiyat Abdulmanapovna – selection of literary sources

Demchenko Vera Artemovna – article design according to the Journal requirements

Asfondyarova Irina Vladimirovna, Demchenko Vera Artemovna – development of research methodology, data validation

Поступила в редакцию 01.12.2024

Поступила после рецензирования 14.01.2025

Принята к публикации 16.01.2025

Received 01.12.2024

Revised 14.01.2025

Accepted 16.01.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-25-40>
УДК 641.1/3:547.979.8



Направления применения бета-каротина в технологиях продуктов питания

Е.В. Лисовая¹, Т.И. Угрюмова¹, Т.А. Шахрай✉¹,
Е.П. Викторова¹, А.А. Схляхов²

*¹Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;*

г. Краснодар, Российская Федерация

✉ sakrai@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;

г. Майкоп, Российская Федерация

Аннотация. Введение. В статье приведен обзор исследований по влиянию бета-каротина на потребительские свойства и пищевую ценность кондитерских изделий, молочных, мясных и масло-жировых продуктов. Представлена информация о современных системах доставки бета-каротина для включения в пищевые системы. **Целью** настоящей статьи является анализ отечественной и зарубежной научно-технической литературы и патентной информации в области направлений применения бета-каротина в технологиях продуктов питания для обоснования необходимости разработки функциональных продуктов питания, обогащенных бета-каротином. **Методы.** В статье использовали методы анализа, систематизации и обобщения имеющихся научных данных. Поиск научно-технической информации проводили по базам данных «Google Scholar», «Scopus», «Web of Science» и «Elsevier», а также «Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU». **Результаты.** В результате анализа полученной информации установлено, что бета-каротин применяется в технологиях продуктов питания в качестве пищевой добавки, выполняющей роль антиоксиданта, замедляющего окислительные процессы жировой фазы продуктов и способствующего увеличению их срока хранения; натурального красителя, позволяющего снизить использование синтетических красителей, а также сократить или заменить использование в мясных продуктах нитрита натрия, проявляющего канцерогенные свойства. Таким образом, бета-каротин является пищевой добавкой, обеспечивающей формирование требуемого качества продуктов питания и обладающей высоким биопотенциалом. **Заключение.** Учитывая это, существует высокая потребность в разработке рецептур продуктов питания, обогащенных бета-каротином. Однако эффективность бета-каротина зависит от сохранения его стабильности, поскольку он имеет тенденцию легко разрушаться во время обработки и хранения пищевых продуктов, будучи чувствительным к таким факторам, как тепло, свет и кислород. Показано, что наиболее перспективной системой доставки бета-каротина в пищевые системы является система инкапсуляции в виде микроэмульсий, позволяющая повысить его стабильность и биодоступность, обеспечивающая сохранение высокого биоактивного потенциала бета-каротина.

Ключевые слова: бета-каротин, биоактивный потенциал, пищевые технологии, натуральный краситель, антиоксидантные свойства, антибактериальные свойства, системы доставки, инкапсуляция

Для цитирования: Лисовая Е.В., Угрюмова Т.И., Шахрай Т.А., Викторова Е.П., Схалыхов А.А. Направления применения бета-каротина в технологиях продуктов питания. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):25-40. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-25-40>

Applications of beta-carotene in food technology

E.V. Lisovaya¹, T.I. Ugryumova¹, T.A. Shakhrai✉¹,
E.P. Viktorova¹, A.A. Skhalyakhov²

¹ Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products –
branch of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Wine-
making; Krasnodar, Russian Federation
✉sakrai@yandex.ru

²Maykop State Technological University;
Maikop, the Russian Federation

Abstract. Introduction. The article provides an overview of studies on the effect of beta-carotene on the consumer properties and nutritional value of confectionery, dairy, meat and oil and fat products. Information on modern beta-carotene delivery systems to be included in food systems has been presented. The goal of the research is to analyze domestic and foreign scientific and technical literature and patent information in the field of beta-carotene application in food technologies to substantiate the need to develop functional foods enriched with beta-carotene. **Methods.** The article uses methods of analysis, systematization and generalization of available scientific data. The search for scientific and technical information was carried out in the Google Scholar, Scopus, Web of Science and Elsevier databases, as well as the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU. **The Results.** It has been established that beta-carotene is used in food technologies as a food additive performing the role of both, an antioxidant slowing down the oxidation processes of the fat phase of products, contributing to an increase in their shelf life, and a natural dye allowing to reduce the use of synthetic dyes, as well as to reduce or replace the use of sodium nitrite in meat products, which exhibits carcinogenic properties. Thus, beta-carotene is a food additive ensuring the formation of the required quality of food products and possessing high bio potential. **Conclusion.** It has been concluded that there is a high need to develop recipes for food products enriched with beta-carotene. However, the effectiveness of beta-carotene depends on maintaining its stability, since it tends to be easily destroyed during processing and storage of food products, being sensitive to such factors as heat, light and oxygen. It has been shown that the most promising system for delivering beta-carotene to food systems is the encapsulation system in the form of micro emulsions, which allows increasing its stability and bioavailability, ensuring the preservation of the high bioactive potential of beta-carotene.

Keywords: beta-carotene, bioactive potential, food technologies, natural dye, antioxidant properties, antibacterial properties, delivery systems, encapsulation

For citation: Lisovaya E.V., Ugryumova T.I., Shakhrai T.A., Viktorova E.P., Skhalyakhov A.A. Applications of beta-carotene in Food Technologies. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):25-40. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-25-40>

Введение. В настоящее время в пищевой промышленности наблюдается тенденция к разработке продуктов питания, обогащенных биоактивными

ингредиентами. Это обусловлено растущим спросом на функциональные продукты питания, которые приносят пользу здоровью.

Широкое применение в производстве функциональных продуктов питания получили каротины.

Каротины являются одной из подгрупп каротиноидов, состоящие, в отличие от ксантофиллов, только из водорода и углерода, образующих полиненасыщенную циклическую или линейную цепь с химической формулой $C_{40}H_{56}$ [1, 2].

Одним из значимых представителей каротинов, обладающих биоактивными свойствами, наряду с ликопином, является бета-каротин [3].

Бета-каротин (пищевая добавка Е-160а) применяется в качестве природного пищевого красителя в производстве продуктов питания.

Известно, что бета-каротин, кроме красящих свойств, проявляет антиоксидантные, антиканцерогенные, антимутагенные, иммуномоделирующие, противовоспалительные и антитоксические свойства, регулируя важные физиологические процессы в организме человека [4 - 6].

Молекула бета-каротина, в отличие от ликопина, содержит в своей структуре два бета-иононовых кольца, что в значительной степени обуславливает его биологическую активность, а именно провитаминную активность.

Именно бета-каротин является предшественником и основным источником витамина А в организме человека [7, 8].

Молекула бета-каротина под действием фермента β -каротин-15,15'-монооксигеназы может расщепляться и поставлять в организм две молекулы ретинола (витамина А). Активность провитамина А - бета-каротина – выше, чем любого другого каротиноида, а дефицит бета-каротина в рационе питания может привести к таким состояниям, как слепота, сухость глаз и преждевременная детская смерть [9].

Содержится бета-каротин в моркови, тыкве, сладком и остром красных перцах, оранжевых перцах, абрикосах, облепихе,

шиповнике, морошке, манго, мандаринах, грейпфрутах и других [10, 11].

Благодаря провитаминной активности бета-каротин имеет важное значение для организма человека, а именно: для роста, эмбрионального развития и поддержания зрения [12].

Однако эффективность бета-каротина зависит от сохранения его стабильности, поскольку он имеет тенденцию легко разрушаться во время производства и хранения продуктов питания, будучи чувствительным к таким факторам, как тепло, свет и кислород.

Целью настоящей статьи является анализ отечественной и зарубежной научнотехнической литературы и патентной информации в области направлений применения бета-каротина в технологиях продуктов питания для обоснования необходимости разработки функциональных продуктов питания, обогащенных бета-каротином.

В обзоре обобщены исследования по влиянию бета-каротина на потребительские свойства и пищевую ценность кондитерских изделий, молочных, мясных и масложировых продуктов. Помимо информации о потенциале применения бета-каротина в производстве продуктов питания в качестве красителя, антиоксиданта и консерванта, приведена информация о современных системах его доставки, в том числе инновационных, для включения в пищевые системы, позволяющие расширить перспективы применения липофильного бета-каротина не только для обогащения продуктов питания с высоким содержанием жировой фазы, но и для обогащения продуктов питания с высоким содержанием водной фазы и пониженной калорийностью.

Объекты и методы исследования. Поиск отечественной и зарубежной научнотехнической литературы осуществляли, пользуясь библиографическими базами данных «Научная электронная библиотека

«eLIBRARY.RU», «Google Scholar», «Scopus», «Web of Science» и «Elsevier». Поиск патентной информации осуществляли по базам данных Роспатента и ВОИС (PATENTSCOPE). В статье использовали методы анализа, систематизации и обобщения имеющихся научных данных.

Результаты и их обсуждение. Бета-каротин – пищевая добавка (E-160a), относящаяся к пищевым функциональным ингредиентам, при этом в РФ норма физиологической потребности взрослого человека составляет 5 мг/сутки [13]. Бета-каротин не обладает токсическими свойствами, и повышенные дозы его потребления не влияют отрицательно на организм человека. Известно, что бета-каротин, попадая в организм человека, превращается в ретинол – провитамин А, причем в необходимых человеку количествах. Бета-каротин, полученный синтетическим методом, не обладает витаминной активностью и может быть рекомендован только в качестве пищевого красителя. Бета-каротин, полученный методом экстракции из растительного сырья или микробиологическим методом, обладает антиоксидантными, антиканцерогенными и иммуномоделирующими свойствами, что придает ему статус функционального ингредиента в составе продуктов питания. В пищевые продукты бета-каротин вносится как в виде отдельной пищевой добавки, так и в составе каротинсодержащего сырья. В случае использования каротинсодержащего сырья следует учитывать низкую биодоступность бета-каротина, для увеличения которой используются различные методы.

В технологиях продуктов питания применяются такие формы бета-каротина, как масляные растворы с концентрацией 0,1, 0,2, 1,0, 2, 0 %; суспензии жировые с концентрацией 10-30 %; водорастворимые препараты; кристаллический порошок, полученный микробиологическим путем; водо-

растворимый порошок с содержанием 96 % бета-каротина и инкапсулированная форма.

Применение бета-каротина в технологиях молочных продуктов.

Бета-каротин широко применяется в молочной промышленности в качестве красителя. Оптимальный диапазон дозировки бета-каротина зависит от желаемой интенсивности цвета.

Учеными Воронежской государственной технологической академии разработана технология сгущенного молока с сахаром, обогащенного бета-каротином [14]. Бета-каротин вносили на различных стадиях технологического процесса в зависимости от формы вносимого бета-каротина. Водорастворимую форму бета-каротина вносили в вакуум-охладитель после внесения мелкокристаллической лактозы. Бета-каротин в масляной форме вносили на стадии растворения сухого молока или вместе с сахарным сиропом. Установлено, что внесение в рецептуру сгущенного молока с сахаром бета-каротина в количестве 5 мг/кг обеспечивает оптимальные органолептические и физико-химические показатели продукта.

При создании молочно-белковой массы «Солнышко» [15] и белково-жирового крема «Апельсин» [16] была использована 30 %-ная масляная суспензия бета-каротина, а при создании белково-жирового крема «Лимон» [17] использована 10%-ная масляная суспензия бета-каротина, введение которой в рецептуру данных продуктов позволило улучшить их функциональные свойства, а в сочетании с аспартамом придать им антимуtagenные свойства [16].

Однако, важной проблемой включения бета-каротина в пищевые матрицы является его низкая физико-химическая стабильность и биодоступность [18].

Еще одной значимой проблемой является то, что бета-каротин, являясь жирорастворимым соединением, практически не растворяется в пищевых системах на

водной основе таких, как напитки и молочные продукты с низким содержанием жира.

Наиболее эффективным для решения указанных проблем является применение инкапсулированных форм в технологиях продуктов питания для инкапсуляции нестабильных активных ингредиентов, включая бета-каротин, для защиты и предотвращения окисления, изомеризации и деградации во время хранения, что позволяет максимально решить перечисленные проблемы [19-22].

В работе [23] показана эффективность обогащения йогурта инкапсулированным бета-каротином в мальтодекстрине и казеинате натрия в сравнении с контрольным образцом – персиковым йогуртом. Результаты показали, что общее значение цвета йогурта, изготовленного с инкапсулированным бета-каротином, было сопоставимо со стандартным значением и оставалось стабильным в течение 4 недель хранения при 4 °С.

Учеными Воронежского государственного университета инженерных технологий разработаны порошкообразные каротинсодержащие добавки «Бетарон» и «Тыкверон» [24,25] с введением в рецептуру яичного желтка в качестве матрицы для каротинов, позволяющей получить водорастворимые формы бета-каротина, а, следовательно, способствующей повышению его биодоступности. Этими учеными разработаны новые функциональные продукты – творожные продукты с использованием добавки «Бетарон» и молочные напитки с использованием добавки «Тыкверон» [26]. Установлено оптимальное содержание добавки «Бетарон», равное 2,9 %, что соответствует содержанию бета-каротина в творожном продукте – 9,97 мг/кг.

Другим способом инкапсуляции бета-каротина является получение липосом.

Российскими учеными проведены исследования по обогащению питьевого молока бета-каротином в липосомальной

форме [27]. Установлено, что при хранении молока, содержащего бета-каротин в липосомальной форме в течение 10 суток при температуре 4 ± 2 °С, потери бета-каротина незначительны, а липосомальная добавка не влияет на активную и титруемую кислотность молока. Для сравнения бета-каротин вносили в молоко обезжиренное восстановленное в двух формах: липосомальной и в виде водного раствора пищевой добавки «Веторон», содержащей 2 % бета-каротина. Добавки вносили в охлажденное до 4 °С молоко после пастеризации в количестве, достаточном для удовлетворения 40% суточной потребности взрослого человека при употреблении разового приема продукта, что соответствовало концентрации бета-каротина 1 мг %. В результате установлено, что липосомальная форма бета-каротина придает молоку гепатостимулирующие свойства.

Таким образом, на основании изучения ряда исследований установлено, что в технологиях молочных продуктов бета-каротин может не только формировать органолептические свойства, но и за счет высокой антиоксидантной активности замедлять окислительные процессы жировой фазы молочных продуктов.

Применение бета-каротина в технологиях мясных продуктов.

В мясной промышленности при производстве полуфабрикатов и консервов бета-каротин используют в качестве пищевого красителя в форме препарата «Веторон» (водный раствор бета-каротина красновато-оранжевого цвета со слабым запахом моркови). Использование водорастворимой формы бета-каротина позволяет увеличивать влагосвязывающую способность мясного сырья. При производстве колбасных изделий используют жирорастворимую форму бета-каротина в составе белково-жировой эмульсии.

Так, ученые Казахстана при производстве колбасных изделий вводили бета-каротин

тин в качестве натурального пищевого красителя вместо нитрита натрия, известного своими канцерогенными свойствами [28].

Бета-каротин вводили в фарш в количестве 0,01-0,4% к массе сырья. Установлено, что при использовании бета-каротина вместо нитрита натрия повышается пищевая ценность готового продукта, увеличиваются его сроки хранения и улучшаются органолептические показатели.

Аналогичные результаты были получены авторами [29] по применению бета-каротина при производстве мясных консервов.

Таким образом, установлено, что применение бета-каротина, обладающего антиоксидантными и антибактериальными свойствами, в технологиях мясных продуктов позволяет повысить их пищевую ценность, улучшить микробиологические показатели и увеличить сроки годности. Красящие свойства бета-каротина позволяют улучшить органолептические показатели готового продукта, а также создавать функциональные мясные продукты, не содержащие нитрит натрия.

Применение бета-каротина в технологиях кондитерских изделий.

В кондитерской промышленности бета-каротин используют в качестве пищевого красителя с целью улучшения и восстановления цвета или придания определенного цвета бесцветному продукту. В последнее время внимание разработчиков направлено на биологическую активность природного бета-каротина, позволяющую использовать его в качестве функционального ингредиента. Кондитерские изделия относятся к часто потребляемым продуктам, и использование бета-каротина в качестве функционального ингредиента позволит решить задачу дефицита витамина А у взрослого и детского населения страны. Так, учеными Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского разработана рецептура сахарного печенья, обогащенного

бета-каротином [30]. Бета-каротин вводили в виде добавки Веторон-Е, при этом содержание бета-каротина в готовом продукте составляло 3,2 мг/100г сухого вещества, что позволяет отнести полученный продукт к функциональному.

Авторами [31] проведены исследования по разработке рецептуры и технологии изготовления печенья крекер с применением порошка из выжимок тыквы в качестве источника бета-каротина. Содержание бета-каротина в порошке соответственно 34,7 мг %. Учитывая влияние порошка из выжимок тыквы на хлебопекарные свойства модельных смесей, были сделаны выводы о целесообразности превышения 15 % содержания порошка из тыквы в рецептуре печенья крекер и необходимости использовать специальные технологические приемы. Установлено, что готовый продукт – крекер «Заказной новый» имеет равномерный, выраженный кремовый цвет, приятный тыквенный аромат и привкус, а по физико-химическим показателям соответствует установленным требованиям (ГОСТ 14033-2015). Содержание бета-каротина в готовом продукте составляет 2,9 г/100 г, что позволяет говорить о функциональных свойствах полученного продукта.

Учеными Всероссийского института кондитерской промышленности проведены исследования и разработаны технология и рецептура помадных конфет, обогащенных бета-каротином [32]. В качестве источника бета-каротина использовали препарат «Ветарон» (производство ООО «Русфик», Россия), который вносили в помадную массу на этапе темперирования при температуре не более 80 °С из расчета 3,5 и 8,0 мг на 100 г продукта, при этом содержание бета-каротина в готовом продукте составляло соответственно 20 и 45 % от средней суточной потребности на 100 ккал продукта, что позволило отнести готовый продукт к функциональному. Полученные образцы сравнивали с контроль-

ным, изготовленным с применением искусственного красителя - тартразина. Установлено, что бета-каротин распределяется равномерно по всему объему готового продукта, при этом цвет изделия более яркий и насыщенный, чем при использовании тартразина. Исследования на сохранность бета-каротина проводили при температуре 18-20 °С и влажности воздуха 60-75% в течение 90 дней. Потери бета-каротина при этом составили не более 5 % от исходного содержания. Таким образом, данные кондитерские изделия можно использовать в качестве источника бета-каротина для функционального питания.

Потенциал использования эмульсионных гелей на основе зеина, обогащенных бета-каротином, в качестве альтернативы маргарину для кексов с сопоставимыми органолептическими характеристиками с промышленным маргарином был успешно подтвержден китайскими авторами. Результаты исследований показали, что образование эмульсионных гелей с глицериновым маслом на основе зеина, обогащенных бета-каротином, значительно повысило фотостабильность бета-каротина. Установлено, что более 88 % бета-каротина сохранилось при хранении в течение 64 часов под воздействием УФ-излучения, а, следовательно, замедлило окисление липидов во время хранения. Показано, что в случае применения глицерина с высокой температурой кипения (290 °С) и термообратимой основой эмульсионных гелей, обогащенных бета-каротином, сохраняется структура кексов. Основываясь на этих результатах, вполне вероятно предположить, что эмульсионные гели на основе зеина могут стать перспективной заменой высоконасыщенного и богатого трансжирными кислотами маргарина в мучных кондитерских изделиях [33].

Учеными Афинского национального технического университета был разработан функциональный белый шоколад, обогащенный свободным и инкапсулированным бета-

каротином с использованием смесей изолята сывороточного белка и пуллулана с помощью распылительной сушишки, сублимационной сушишки и коаксиального электропрядения. Были оценены термические свойства, реологические свойства, твердость и цвет шоколада, а также отслеживалась стабильность бета-каротина в течение 4 месяцев при 25 °С. Результаты показали, что метод распылительной сушишки обеспечивает превосходное сохранение бета-каротина с константой скорости деградации (k) 0,0066 дня⁻¹ и периодом полураспада 126,04 дня⁻¹, что в два раза превышает период полураспада свободного бета-каротина. Методы коаксиального электропрядения и сублимационной сушишки также показали значительные преимущества с константами скорости деградации 0,0080 дня⁻¹ и 0,0094 дня⁻¹ соответственно, что указывает на лучшую стабильность инкапсулированного бета-каротина по сравнению со свободным бета-каротином. Что касается термических свойств, существенных различий в температурах профиля плавления между образцами не обнаружено, но методы коаксиального электропрядения и сублимационной сушишки показали более высокую энергию плавления (30,88 Дж/г и 16,00 Дж/г соответственно) по сравнению с контролем (12,42 Дж/г), что свидетельствует о более организованной структуре инкапсулированного бета-каротина. Реологические свойства различались: метод сублимационной сушишки показал слегка повышенную твердость (10,28 Н/мм²), а метод коаксиального электропрядения показал значительно пониженную твердость (5,89 Н/мм²), что подчеркивает влияние инкапсуляции на текстурные характеристики. Кроме того, стабильность цвета лучше всего сохранялась в методе распылительной сушишки, за которым следует метод коаксиального электропрядения, что указывает на эффективность этих методов в сохранении внешнего вида шоколада. Результаты этого исследования подчеркивают потенциал распылительной

сушки и коаксиального электропрядения как перспективных методов повышения стабильности и качества кондитерских изделий, обогащенных бета-каротином [34].

Таким образом, установлено, что бета-каротин успешно используется в технологиях кондитерских изделий, показывая хорошие результаты в сохранении свежести и продлении срока годности изделий, при этом улучшаются органолептические свойства и повышается пищевая ценность изделий.

Применение бета-каротина в технологиях масложировых продуктов.

Еще одним направлением применения бета-каротина в технологиях продуктов питания является его применение в качестве антиоксиданта, в особенности для растительных масел, содержащих значительное количество полиненасыщенных жирных кислот [35].

Авторами показано, что замедлить процесс окисления липидов, увеличить срок годности льняных масел можно путем их обогащения каротиноидами из выжимок облепихи [35]. Для оценки оксидантной стабильности льняных масел проводили их ускоренное окисление при свободном доступе кислорода воздуха и температурах 100 °C и 110 °C. Более высокое время индукции указывает на то, что для окисления указанных масел потребуется больше времени, то есть такие масла имеют более высокую стабильность к окислению. Установлено, что индукционный период при температурах 100 °C и 110 °C обогащенного льняного масла (6,07 ч и 2,92 ч) выше, по сравнению с необогащенным льняным маслом (4,11 ч и 1,58 ч), соответственно. При указанных температурах более высокая стабильность к окислению наблюдается в обогащенном льняном масле. Таким образом, можно сделать вывод о том, что повышение стабильности льняного масла к окислению обусловлено его обогащением каротиноидами из выжимок облепихи.

На основании исследований авторов установлено, что применение растительных ингредиентов – бета-каротина в композиции с соевым изолятом позволяет полностью заменить холестеринсодержащий яичный желток в рецептурах майонезов. Показано, что, по сравнению с нативными белками, белковые изоляты имели более высокую связывающую способность с бета-каротином. Кроме того, антиоксидантная активность была улучшена после образования комплексов бета-каротин – белковые изоляты. При таком молекулярном инкапсулировании стабильность бета-каротина значительно улучшилась по сравнению с бета-каротином в чистом виде. Показано, что майонез с применением бета-каротина в композиции с соевым изолятом по реологическим свойствам не уступает контрольному образцу. Опыты *in vitro* показали, что комплекс бета-каротин – белковые изоляты имеет более высокую трансформацию (63,95%) и биодоступность (87,63%) [36].

На основании приведенных исследований можно сделать вывод о доказанной эффективности применения бета-каротина в масложировых продуктах в качестве антиоксиданта.

Таким образом, можно сделать вывод, что пищевая добавка – бета-каротин может эффективно применяться в технологиях продуктов питания не только в качестве натурального красителя, позволяющего снизить использование синтетических красителей, а также сократить или заменить использование в мясных продуктах нитрита натрия, проявляющего канцерогенные свойства, но и в качестве антиоксиданта, замедляющего окислительные процессы жировой фазы, а также, благодаря антибактериальным свойствам, и в качестве консерванта.

Анализ существующих направлений использования бета-каротина в технологиях

продуктов питания и способов его внесения в рецептуры продуктов показал, что для их обогащения бета-каротин используют в качестве пищевого красителя и функционального ингредиента как в жирорастворимой форме, так и в водорастворимой.

При внесении бета-каротина в пищевые системы надо учитывать, что основными факторами, которые ограничивают эффективность его технологических и биологически активных свойств, являются высокая чувствительность бета-каротина к воздействию света, тепла, кислорода и ионов поливалентных металлов, а также его низкая биодоступность [21].

Решить перечисленные проблемы и расширить применение бета-каротина в производстве функциональных продуктов питания позволяет применение систем доставки бета-каротина в пищевые системы в виде инкапсулированных форм.

На наш взгляд, наиболее перспективной для масштабирования в технологиях продуктов питания является применение систем инкапсуляции бета-каротина в виде микроэмульсий, что обусловлено их высокой стабильностью, важной при длительном транспортировании и хранении указанных систем инкапсуляции, а также относительной простотой их получения.

Выводы. На основании анализа, систематизации и обобщения имеющейся научно-технической литературы и патентной информации можно сделать вывод об эффективном применении бета-каротина в

технологиях продуктов питания в качестве пищевой добавки, обеспечивающей формирование требуемого качества продуктов питания, выполняющей роль натурального красителя, антиоксиданта и консерванта, и обладающей высоким биопотенциалом. Учитывая это, существует высокая потребность в разработке рецептур пищевых продуктов, обогащенных бета-каротином. Обогащение продуктов питания, то есть включение бета-каротина в функциональные продукты питания, признано наиболее перспективным и безопасным методом по сравнению с употреблением бета-каротина в лекарственной форме.

Однако в функциональных продуктах питания бета-каротин подвержен физико-химической деградации во время производства и хранения перед употреблением в пищу. Эти ограничивающие факторы, в дополнение к его низкой биодоступности в желудочно-кишечном тракте человека, затрудняют включение бета-каротина в пищевую матрицу, а, следовательно, существенно влияют на его эффективность как полезной для здоровья пищевой добавки.

Наиболее перспективной системой включения бета-каротина в пищевые матрицы является система инкапсуляции в виде микроэмульсий, поскольку она позволяет сохранить высокий биоактивный потенциал бета-каротина, повысить его физико-химическую стабильность, растворимость, диспергируемость и биодоступность при употреблении.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Riaz M., Zia-Ul-Haq M., Dou D. Chemistry of Carotenoids. In: Zia-Ul-Haq M., Dewanjee S., Riaz M. Carotenoids: Structure and Function in the Human Body. Springer, Cham, 2021. 862 p.

2. The characterization and stability of powdered oil loaded with β -carotene prepared from a sodium caseinate–carrageenan complex: the effect of vacuum freeze-drying and spray-drying / Y. Long [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 74. P. 3690. DOI: 10.3390/foods13223690.
3. Адади П., Филиппова Д.С., Баракова Н.В. Влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительного сырья // *Вестник Международной академии холода*. 2019. № 1. С. 64-68. DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-64-68.
4. Каротиноиды. Биологическая активность / В.А. Дадали [и др.] // *Вопросы питания*. 2011. № 4. С. 4-18.
5. Каротиноиды. Биодоступность, биотранс-формация, антиоксидантные свойства / В.А. Дадали [и др.] // *Вопросы питания*. 2010. № 2. С. 4-18.
6. Shankaranarayanan J, Arunkanth K, Dinesh K C. Beta Carotene -Therapeutic Potential and Strategies to Enhance Its Bioavailability // *Nutri Food Sci Int J*. 2018. No. 7(4). P. 555716. DOI: 10.19080/NFSIJ.2018.07.555716.
7. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения/ А.А. Шапошников [и др.] // *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. 2008. № 6 (46). С.19-25.
8. β -Carotene Is an Important Vitamin A Source for Humans / T. Grune [et al.] // *The Journal of Nutrition*. 2010. Vol. 140, Iss. 12. P. 2268-2285. DOI:10.3945/jn.109.119024.
9. Chemistry, encapsulation, and health benefits of β -carotene - A review/ K. Gul [et al.] // *Cogent Food & Agriculture*. 2015. Vol. 1(1). P. 1-12. DOI: 10.1080/23311932.2015.1018696.
10. Нилова Л.П., Потороко И.Ю. Каротиноиды в растительных пищевых системах // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2021. Т. 9, № 4. С. 54-69.
11. Tufail T., Bader H., Ain S. Noreen Nutritional Benefits of Lycopene and Beta-Carotene: A Comprehensive Overview // *Food Science & Nutrition*. 2024. P. 1-27. DOI: 10.1002/fsn3.4502.
12. Farkas Á., Bencsik T., Deli J. Carotenoids as Food Additives // *Pigments from Microalgae Handbook*. Zepka: Springer, Cham, 2020. P. 421-447. DOI:10.5772/intechopen.101208.
13. МР 2.3.1.0253-21 2.3.1. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации [Электронный ресурс]: методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021). URL: <http://www.consultant.ru>.
14. Способ производства сгущенного молока с сахаром «Олымское витаминизированное»: патент 2182790 Рос. Федерация; № 200011410; заявл. 02.06.2000; опубл. 27.05.2002, Бюл. № 15. 7 с.
15. Композиция для получения молочно-белковой массы «Солнышко»: патент 2192752 Рос. Федерация; № 2000126557, заявл. 23.10.2000; опубл. 20.11.2002, Бюл. № 32. 6 с.
16. Белково-жировой крем «Апельсин» и способ его приготовления: паент 2204912 Рос. Федерация; № 2000126560, заявл. 23.10.2000; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15. 8 с.
17. Белково-жировой крем «Лимон» с антимуtagenной добавкой аспартама и способ его приготовления: патент 2204907 Рос. Федерация; № 2000126561, заявл. 23.10.2000; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15. 9 с.
18. Xavier A.A., Mercadante A.Z. The bioaccessibility of carotenoids impacts the design of functional foods // *Curr Opin Food Sci*. 2019. No. 26. P. 1-8. DOI: 10.1016/J.COFS.2019.02.015.
19. Encapsulation of b-carotene in wheat gluten nanoparticlexanthan gum-stabilized Pickering emulsions: enhancement of carotenoid stability and bioaccessibility / D. Fu [et al.] // *Food Hydrocoll* 2019. No. 89. P. 80-89. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.10.032.

20. Valorizations of carotenoids from sea buckthorn extract by microencapsulation and formulation of value-added food products / F.M. Ursache [et al.] // *J Food Eng* 2018. No. 219. P. 16-24. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.09.015.
21. Carotenoid-loaded nanocarriers: A comprehensive review / A. Rehman [et al.] // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2020. Vol. 275. P. 102048. Doi:10.1016/j.cis.2019.102048.
22. Distribution of oil solubilized b-carotene in stabilized locust bean gum powders for the delivery of orange colorant to food products / M.J. Selig [et al.] // *Food Hydrocoll.* 2018. No. 84. P. 34-37. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.05.027.
23. Coronel-Aguilera C.P., San Martín-González M.F. Encapsulation of spray dried β -carotene emulsion by fluidized bed coating technology // *LWT - Food Science and Technology*. 2015. No. 62 (1). P.187-193. DOI:10.1016/j.lwt.2014.12.036.
24. Способ получения биологически активной добавки для окрашивания и витаминизации продуктов: патент 2574904 Рос. Федерация; № 2015100178, заявл. 13.01.2015; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4. 7 с.
25. Бессонова Л.П., Антипова Л.В., Черкасова А.В. Новая каротинсодержащая биологически активная добавка (БАД) «Тыкверон» - характеристика и способ получения // *Пищевая промышленность*. 2015. № 10. С. 23-27.
26. Бессонова Л.П., Антипова Л.В., Черкасова А.В. Применение каротинсодержащих биологически активных добавок для обогащения пищевых систем // *Наука, питание и здоровье: материалы II Международного конгресса*. Минск. 2019. С. 480-487.
27. Разработка рецептуры функционального молочного продукта, обогащенного β -каротином в липосомной форме / Л.А. Забодалова [и др.] // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2014. № 1. С. 50-54.
28. Способ производства мясопродуктов с использованием натуральных красителей: патент 15897 Казахстан; № 2004/0722; заявл. 24.05.2004; опубл. 05.05.2005.
29. Композиция для приготовления мясных консервов «Ассорти мясное к завтраку»: патент 16883 Казахстан; №2004/0735.1, заявл. 27.05.2004; опубл.15.12.2005.
30. Использование β -каротина в кондитерском производстве / А.Т. Васюкова [и др.] // *Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика: материалы Международной научно-практической конференции*. М.: ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, 2019. С. 73-78.
31. Применение порошка из выжимок тыквы в технологии обогащенного крекера / Н.М. Дерканосова [и др.] // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2019. № 2/3. С. 46-50. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.2-3.12.
32. Помадные конфеты, обогащенные бета-каротином / Т.В. Баулина [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 9. С. 179-186. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-179-186.
33. Zein based oil-in-glycerol emulgels enriched with β -carotene as margarine alternatives / X.-W. Chen [et al.] // *Food Chemistry*. 2016. No. 211. P. 836-844. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.05.133.
34. Drosou C., Krokida M. Enrichment of White Chocolate with Microencapsulated β -Carotene: Impact on Quality Characteristics and β -Carotene Stability during Storage // *Foods*. 2024. No. 13 (17). P. 2699. DOI: 10.3390/foods13172699.
35. Enrichment of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil with carotenoids of sea buckthorn pomace via ultrasound-assisted extraction technique / V.H. Bhimjiyani [et al.] // *Current Research in Food Science*. 2021. No. 4. P. 478-488. DOI:10.1016/j.crfs.2021.07.006.

36. Soy protein fibrils– β -carotene interaction mechanisms: Toward high nutrient plant-based mayonnaise / T. Tian [et al.] // LWT. 2023. No. 184. P. 114870. DOI:10.1016/j.lwt.2023.114870.

REFERENCES

1. Riaz M., Zia-Ul-Haq M., Dou D. Chemistry of Carotenoids. In: Zia-Ul-Haq M., Dewanjee S., Riaz M. Carotenoids: Structure and Function in the Human Body. Springer, Cham, 2021. RUR 862.
2. The characterization and stability of powdered oil loaded with β -carotene prepared from a sodium caseinate–carrageenan complex: the effect of vacuum freeze-drying and spray-drying / Y. Long [et al.] // Foods. 2024. Vol. 74. R. 3690. DOI: 10.3390/foods13223690.
3. Adadi P., Filippova D.S., Barakova N.V. The influence of enzyme preparations on the extraction of pigments from plant materials // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2019. No. 1. P. 64-68. DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-64-68. [In Russ.]
4. Carotenoids. Biological activity / V.A. Dadali [et al.] // Nutrition Issues. 2011. No. 4. P. 4-18. [In Russ.]
5. Carotenoids. Bioavailability, biotransformation, antioxidant properties / V.A. Dadali [et al.] // Nutrition Issues. 2010. No. 2. P. 4-18. [In Russ.]
6. Shankaranarayanan J, Arunkanth K, Dinesh K C. Beta Carotene -Therapeutic Potential and Strategies to Enhance Its Bioavailability // Nutri Food Sci Int J. 2018. No. 7(4). P. 555716. DOI: 10.19080/NFSIJ.2018.07.555716.
7. Carotenoids: structure, biological functions and application prospects / A.A. Shaposhnikov [et al.] // Scientific Bulletin of Belgorod State University. 2008. No. 6 (46). P.19-25. [In Russ.]
8. β -Carotene Is an Important Vitamin A Source for Humans / T. Grune [et al.] // The Journal of Nutrition. 2010. Vol. 140, Iss. 12. P. 2268-2285. DOI:10.3945/jn.109.119024.
9. Chemistry, encapsulation, and health benefits of β -carotene - A review/ K. Gul [et al.] // Cogent Food & Agriculture. 2015. Vol. 1(1). P. 1-12. DOI:10.1080/23311932.2015.1018696.
10. Nilova L.P., Potoroko I.Yu. Carotenoids in plant food systems // Bulletin of SUSU. Series: Food and Biotechnology. 2021. Vol. 9, No. 4. P. 54-69. [In Russ.]
11. Tufail T., Bader H., Ain S. Noreen Nutritional Benefits of Lyco-pene and Beta-Carotene: A Comprehensive Overview // Food Science & Nu-trition. 2024. P. 1-27. DOI: 10.1002/fsn3.4502.
12. Farkas Á., Bencsik T., Deli J. Carotenoids as Food Additives // Pigments from Microalgae Handbook / E. Jacob-Lopes, M. Queiroz, L. Zepka: Springer, Cham, 2020. P. 421-447. DOI:10.5772/intechopen.101208.
13. MR 2.3.1.0253-21 2.3.1. Food hygiene. Rational nutrition. Standards of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation [Electronic resource]: methodological recommendations (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on July 22, 2021). URL: <http://www.consultant.ru>. [In Russ.]
14. Method of production of condensed milk with sugar “Olymskoye fortified”: patent 2182790 the Russian Federation; No. 200011410; declared 06/02/2000; published 05/27/2002, Bulletin No. 15. 7 p. [In Russ.]
15. Composition for obtaining “Solnyshko” milk-protein mass: patent 2192752 Russian Federation; No. 2000126557, declared 10/23/2000; published 20.11.2002, Bulletin No. 32. 6 p. [In Russ.]

16. Protein-fat cream "Orange" and the method for its preparation: patent 2204912 Russian Federation; No. 2000126560, declared 23.10.2000; published 27.05.2003, Bulletin No. 15. 8 p. [In Russ.]
17. Protein-fat cream "Lemon": patent 2204907 the Russian Federation; No. 2000126561, declared 23.10.2000; published 27.05.2003, Bulletin No. 15. 9 p. [In Russ.]
18. Xavier A.A., Mercadante A.Z. The bioaccessibility of carotenoids impacts the design of functional foods // *Curr Opin Food Sci.* 2019. No. 26. R. 1-8. DOI: 10.1016/J.COFS.2019.02.015.
19. Encapsulation of b-carotene in wheat gluten nanoparticlexanthan gum-stabilized Pickering emulsions: enhancement of carotenoid stability and bioaccessibility / D. Fu [et al.] // *Food Hydrocoll* 2019. No. 89. P. 80-89. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.10.032.
20. Valorizations of carotenoids from sea buckthorn extract by micro-encapsulation and formulation of value-added food products / F.M. Ursache [et al.] // *J Food Eng* 2018. No. 219. P. 16-24. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.09.015.
21. Carotenoid-loaded nanocarriers: A comprehensive review / A. Rehman [et al.] // *Advances in Colloid and Interface Science.* 2020. Vol. 275. P. 102048. Doi:10.1016/j.cis.2019.102048.
22. Distribution of oil solubilized b-carotene in stabilized locust bean gum powders for the delivery of orange colorant to food products / M.J. Selig [et al.] // *Food Hydrocoll.* 2018. No. 84. P. 34-37. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.05.027.
23. Coronel-Aguilera C.P., San Martín-González M.F. Encapsulation of spray dried β -carotene emulsion by fluidized bed coating technology // *LWT - Food Science and Technology.* 2015. No. 62 (1). P. 187-193. DOI:10.1016/j.lwt.2014.12.036. [In Eng.]
24. Method for obtaining a biologically active additive for coloring and fortifying products: patent 2574904 the Russian Federation; No. 2015100178, declared. 13.01.2015; published 10.02.2016, Bulletin No. 4. 7 p. [In Russ.]
25. Bessonova L.P., Antipova L.V., Cherkasova A.V. New carotene-containing biologically active additive (BAA) «Tykveron» - characteristics and production method // *Food industry.* 2015. No. 10. P. 23-27. [In Russ.]
26. Bessonova L.P., Antipova L.V., Cherkasova A.V. Application of carotene Rotin-containing biologically active additives for enrichment of food systems // *Science, nutrition and health: materials of the II International Congress.* Minsk. 2019. P. 480-487. [In Russ.]
27. Development of a recipe for a functional dairy product enriched with β -carotene in liposomal form / L.A. Zabodalova [et al.] // *News of universities. Food technology.* 2014. No. 1. P. 50-54. [In Russ.]
28. Method for the production of meat products using natural dyes: patent 15897 Kazakhstan; No. 2004/0722; declared 24.05.2004; published. 05.05.2005. [In Russ.]
29. Composition for the preparation of canned meat «Assorted meat for breakfast»: patent 16883 Kazakhstan; No. 2004/0735.1, declared 27.05.2004; published 15.12.2005. [In Russ.]
30. Use of β -carotene in confectionery production / A.T. Vasyukova [et al.] // *Innovative processes in food technologies: science and practice: materials of the International scientific and practical conference.* Moscow: Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbатов, 2019. P. 73-78. [In Russ.]
31. Use of pumpkin pomace powder in enriched cracker technology / N.M. Derkanosova [et al.] // *News of universities. Food technology.* 2019. No. 2/3. P. 46-50. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.2-3.12. [In Russ.]

32. Fondant candies enriched with beta-carotene / T.V. Baulina [et al.] // Bulletin of KrasSAU. 2021. No. 9. P. 179-186. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-179-186. [In Russ.]
33. Zein based oil-in-glycerol emulgels enriched with β -carotene as margarine alternatives / X.-W. Chen [et al.] // Food Chemistry. 2016. No. 211. P. 836-844. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.05.133.
34. Drosou C., Krokida M. Enrichment of White Chocolate with Microencapsulated β -Carotene: Impact on Quality Characteristics and β -Carotene Stability during Storage // Foods. 2024. No. 13 (17). P. 2699. DOI: 10.3390/foods13172699.
35. Enrichment of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil with carotenoids of sea buckthorn pomace via ultrasound-assisted extraction technique / V.H. Bhimjiyani [et al.] // Current Research in Food Science. 2021. No. 4. P. 478-488. DOI:10.1016/j.crfs.2021.07.006.
36. Soy protein fibrils- β -carotene interaction mechanisms: Toward high nutrient plant-based mayonnaise / T. Tian [et al.] // LWT. 2023. No. 184. P. 114870. DOI:10.1016/j.lwt.2023.114870.

Информация об авторах / Information about the authors

Лисовая Екатерина Валериевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7296-6582>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Угрюмова Татьяна Игоревна, младший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5857-8719>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Шахрай Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8663-1932>, e-mail: sakrai@yandex.ru

Викторова Елена Павловна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7517-3684>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Схалыхов Анзаур Адамович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, г. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2246-037X>, e-mail: arama75@mail.ru

Ekaterina V. Lisovaya, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7296-6582>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Tatyana I. Ugryumova, Junior Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5857-8719>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Tatiana A. Shakhrai, Dr Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8663-1932>, e-mail: sakrai@yandex.ru

Elena P. Viktorova, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7517-3684>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Anzaur A. Skhalyakhov, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2246-037X>, e-mail: arama75@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Лисовая Екатерина Валериевна – обзор публикаций по теме статьи, утверждение рукописи для публикации и редактирование

Угрюмова Татьяна Игоревна – оформление статьи по требованиям журнала

Шахрай Татьяна Анатольевна – обзор публикаций по теме статьи, подбор литературных источников

Викторова Елена Павловна – проверка критически важного содержания

Схалыхов Анзаур Адамович – подбор литературных источников

Claimed contribution of authors

Lisovaya Ekaterina Valerievna – review of publications on the topic of the article, approval of the manuscript for publication and editing

Ugryumova Tatyana Igorevna – article design according to the requirements of the Journal
Shakhrai Tatyana Anatolyevna – review of publications on the topic of the article, selection
of literary sources

Viktorova Elena Pavlovna – checking of critically important content

Skhalyakhov Anzaur Adamovich – selection of literary sources

Поступила в редакцию 27.12.2024

Поступила после рецензирования 14.02.2025

Принята к публикации 21.02.2025

Received 27.12.2024

Revised 14.02.2025

Accepted 21.02.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-41-54>
УДК 664.663.9:641.55



Разработка рецептуры десертного хлеба с добавлением порошка клубней таро

Е.О. Мельникова, Е.В. Ражина✉, Е.С. Смирнова,
О.П. Неверова, П.С. Галушина

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»;
г. Екатеринбург, Российская Федерация
✉eva.mats@mail.ru*

Аннотация. Введение. В статье представлены результаты исследования производства и оценки качества по органолептическим и физико-химическим показателям десертного хлеба с добавлением порошка клубней таро разной концентрации. Порошок клубней таро не содержит в себе глютен, гипоаллергенен и обладает высокой пищевой ценностью и усвояемостью. **Цель.** Цель исследования заключалась в разработке рецептуры десертного хлеба с добавлением порошка клубней таро. **Методы.** Исследования проведены на кафедре биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральского ГАУ». В качестве обогатителя использовали порошок клубней таро разной концентрации. Массовую долю влаги в готовых образцах определяли арбитражным методом, кислотность методом титрования. Органолептическую оценку проводила экспертная комиссия в составе 7 человек. **Результаты.** В результате исследования было приготовлено три образца сдобы, два из которых являлись опытными. Десертный хлеб производили безопасным способом методом пробной лабораторной выпечки. В результате органолептической оценки лучшим признан образец №3, изготовленный с добавлением порошка клубней таро концентрацией 20 г. Он отличался карамельно-ванильным вкусом с фруктовым послевкусием, сладким ароматом и сиренево-розовым оттенком мякиша. В результате физико-химической оценки было выявлено, что добавление порошка способствует увеличению влажности мякиша готового изделия с 8,7% до 24,8 и 34,8% и снижению кислотности с 3,1 град. до 2,5 и 3 град. в зависимости от концентрации. Помимо изменений в органолептике и физико-химическом составе было выявлено, что количество вносимого порошка клубней таро влияет на способность изделия сохранять исходный объем выпечки. Образец №3 практически полностью сохранил первоначальный объем десертного хлеба после остывания. **Заключение.** По результатам исследования рекомендуем вносить порошок клубней таро в хлебобулочные изделия в концентрации 20 г, что будет способствовать получению сдобного изделия с высокими органолептическими свойствами и способностью сохранять первоначальный объем после выпекания.

Ключевые слова: порошок клубней таро, десертный хлеб, пищевая ценность, рецептура, исследование, органолептические и физико-химические показатели качества

Для цитирования: Мельникова Е.О., Ражина Е.В., Смирнова Е.С., Неверова О.П., Галушина П.С. Разработка рецептуры десертного хлеба с добавлением порошка клубней таро. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):41-54. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-41-54>

Development of a recipe for dessert bread with the taro tuber powder

E.O. Melnikova, E.V. Razhina✉, E.S. Smirnova,
O.P. Neverova, P.S. Galushina

Ural State Agrarian University; Yekaterinburg, the Russian Federation
✉eva.mats@mail.ru

Abstract. Introduction. The results of the study of the production and quality assessment of dessert bread with taro tuber powder of different concentrations based on organoleptic and physicochemical indicators have been presented. Taro tuber powder does not contain gluten, it is hypoallergenic and has high nutritional value and digestibility. **The objective** of the research was to develop a recipe for dessert bread with taro tuber powder. **The Methods.** The research was conducted at the Department of Biotechnology and Food Products of the Ural State Agrarian University. Taro tuber powder of different concentrations was used as a fortifier. The mass fraction of moisture in the finished samples was determined by the arbitration method, acidity by the titration method. The organoleptic assessment was carried out by an expert commission of 7 people. **The Results.** As a result, three samples of baked goods have been prepared, two of which are experimental ones. Dessert bread has been produced without sponge using the trial laboratory baking method. As a result of the organoleptic assessment, sample No. 3, made with the addition of taro tuber powder with a concentration of 20 g, has been recognized as the best. It has a caramel-vanilla taste with a fruity aftertaste, a sweet aroma and a lilac-pink shade of the crumb. As a result of the physicochemical assessment, it has been found that adding the powder helps to increase the moisture content of the crumb of the finished product from 8.7% to 24.8 and 34.8% and reduce acidity from 3.1 degrees to 2.5 and 3 degrees, depending on the concentration. Apart from changes in organoleptics and physicochemical composition, it has been found that the amount of taro tuber powder affects the ability of the product to retain the original volume of baking. Sample No. 3 has almost completely retained the original volume of dessert bread after cooling. **Conclusion.** Based on the results of the study, we recommend adding taro tuber powder to bakery products at a concentration of 20 g, which will help to obtain a rich product with high organoleptic properties and the ability to retain the original volume after baking.

Keywords: taro tuber powder, dessert bread, nutritional value, recipe, research, organoleptic and physicochemical quality indicators

For citation: Melnikova E.O., Razhina E.V., Smirnova E.S., Neverova O.P., Galushina P.S. Development of a recipe for dessert bread with the addition of taro tuber powder. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):41-54. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-41-54>

Введение. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) здоровье человека зависит от следующих факторов: образ жизни – 50-55%, наследственность – 20-23%, состояние окружающей среды (экология) – 20-25%,

здравоохранение – 8-12% [2]. Из полученных данных следует, что наибольшее влияние на здоровье человека оказывает его образ жизни, что говорит о важности ведения человеком здорового образа жизни (ЗОЖ).

Одним из способов поддержания здорового образа жизни является использование в своём ежедневном рационе продуктов, обогащённых биологически активными веществами, пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами. К данной группе продуктов относят функциональные (обогащённые) и диетические хлебобулочные изделия.

Хлеб представляет собой важный продукт питания, который способен удовлетворять организм человека пищевыми веществами и энергией на 30% [1]. В настоящее время в России ассортимент хлебобулочных изделий имеет большое разнообразие и насчитывает около тысячи наименований. В соответствии с данными Росстата, в 2020 году было произведено 5,4 млн тонн хлебобулочных изделий, из которых на диетические изделия приходился 1%, а на функциональные (обогащённые) не более 0,5%. Это говорит о том, что сегмент функциональных и диетических хлебобулочных изделий весьма ограничен и на данном этапе развития не в полной мере может соответствовать современным запросам населения в обеспечении организма необходимыми для нормального функционирования макро- и микронутриентами [4].

Новым и весьма актуальным трендом на рынке стал десертный хлеб, который представляет собой самостоятельное сладкое блюдо. В состав десертных хлебов вводят большое разнообразие плодов, ягод и орехов, что способствует обогащению состава готового продукта природными антиоксидантами. Нюансом разновидности хлеба является удорожание продукта за счёт высокой стоимости ряда растительных ингредиентов, вводимых в рецептуру. При производстве десертного хлеба стоит учитывать и вид вносимой добавки, т.к. разная степень измельчения может поспособствовать резкому изменению вкусовых качеств хлеба, что в результате негативно скажется на востребованности продукта среди

населения. В связи с этим появилась тенденция использования измельчённых компонентов, которые не оказывают существенного изменения на органолептические свойства готового хлебобулочного изделия. Примером может послужить десертный хлеб «Овощи-микс» от ООО «Фациер», который в своём составе имеет измельчённые компоненты тыквы и яблок [3].

В результате изучения научных работ других авторов было выявлено, что ранее учёные Ставропольского ГАУ занимались вопросом обогащения хлебобулочных изделий. Они в условиях производственной лаборатории обогатили десертный хлеб пищевыми волокнами, фруктозой, сахарозой и минеральными веществами. В качестве обогащающих компонентов были представлены сухофрукты (курага, чернослив, изюм), смесь «Совитал концентрат», миндальные орехи и кунжутные семечки [16].

Таро, или колоказия съедобная, является представителем семейства Ароидные, вид рода Колоказия. Таро – многолетнее травянистое растение, высота которого достигает около 90 см. Наземная часть растения представлена стреловидными или сердцевидными листьями, черешками, соцветием початок, плодом – ягодой [5]. Подземная часть состоит из клубня, представленного в виде вертикального корневища (масса 1-4 кг) с сильно утолщённым стеблем, покрытого опробковевшими тканями, от которого из пазушных почек клубня развиваются дочерние клубни (рис. 1) [5, 6].

В основном культуру выращивают в тропических и субтропических регионах, включая Африку, Камерун, Нигерию, Гану, Буркина-Фасо и в некоторых регионах Индии, таких как Джаркханд, Ассам, Манипур, Химачал-Прадеш, Карнатака, Гуджарат, Керала, Орисса и Бихар [8].

Клубни таро обладают высокой пищевой ценностью, содержат в себе большое количество влаги и крахмала [7, 8, 14].

Производимый из них порошок имеет разные физико-химические показатели в зависимости от времени сбора клубней. В результате исследования было выявлено, что наиболее лучшими физико-химическими свойствами (водопоглощающая способность, раствори-

мость) обладает порошок, приготовленный из клубней таро, которые были собраны через 10 месяцев после посадки [7].

Данные по пищевой ценности сырого, вареного и запечённого таро представлены в виде таблицы (табл. 1) [9].

Таблица 1. Пищевая ценность таро в сыром, вареном и запечённом виде
Table 1. Nutritional value of taro in raw, boiled and baked form

Показатель	Питательные вещества на 100 г сухого веса		
	Сырое таро	Вареное таро	Запеченное с солью таро
Вода, г	70,64	63,8	60,98
Энергия, ккал	112	143	144
Углеводы, г	26,46	34,6	34,09
Белок, г	1,5	0,52	1,93
Общий жир, г	0,20	0,11	0,26
Холестерин, мг	0	0	0
Пищевые волокна, г	4,1	5,1	5,3
Зола, г	1,2	0,97	—
Витамины:			
Фолиевая кислота, мг	0,022	0,019	0,023
Ниацин, мг	0,600	0,510	0,734
Пантотеновая кислота, мг	0,303	0,336	—
Рибофлавин, мг	0,025	0,028	0,031
Тиамин, мг	0,095	0,107	0,110
Витамин А, мг	0,004	0,004	0,005
Витамин С, мг	4,5	5	4,3
Витамин Е, мг	2,38	2,93	3,07
Витамин К, мг	0,001	0,0012	0,0013
Электролиты:			
Натри, мг	11	15	475
Калий, мг	591	484	762
Минералы:			
Кальций, мг	43	18	56
Медь, мг	0,172	0,201	0,222
Железо, мг	0,550	0,720	0,710
Магний, мг	33	30	43
Марганец, мг	0,383	0,449	—
Селен, мг	0,0007	0,0009	0,0009
Цинк, мг	0,230	0,270	0,300
Крахмал, г	18,8	14,2	—
Гликемический индекс	—	средний	средний



Рис. 1. Таро, или колоказия съедобная

Fig. 1. Taro or cocoyam

Из таблицы следует, что химический состав сырого и термически приготовленного таро практически не изменяется, за исключением уровня ниацина и кальция, количества белка и общего жира, которые снизились в результате варки.

Благодаря своему химическому составу клубни таро оказывают на организм человека ряд полезных воздействий, к которым относятся антиоксидантная, противовоспалительная, противоотечная, противодиабетическая, иммуномодулирующая, антимастатическая и противоопухолевая активность, которые в совокупности могут способствовать замедлению развития рака [9].

Отсутствие глютена, гипоаллергенность и высокая усвояемость являются дополнительными преимуществами, которые расширяют сферу применения клубней таро в пищевой отрасли [8]. В состав клубней входит оксалат кальция, который считается антипитательным фактором, придающим горький вкус, вызывающим раздражение кожи и снижающим усвоение кальция [9,10]. По этой причине таро употребляют после термической обработки, предварительно замочив в холодной воде на ночь [9, 11].

В результате анализа научной литературы было выявлено, что порошок клубней таро ранее в производстве десертного хлеба не использовался. В настоящее время есть работы, где описывается использование отдельных компонентов клубней таро, таких как крахмал, для производства шоколадного продукта и олигосахаридов в производстве пищевых композиций [12,13]. Таро используют в качестве компонента хлебобулочных изделий, гарниров, напитков и в качестве сырья для производства сока [11, 15].

Цель исследования. Разработка рецептуры десертного хлеба с добавлением порошка клубней таро.

Задачи исследования. Определение оптимальной концентрации порошка клубней таро, проведение пробных лабораторных выпечек, определение органолептических и физико-химических показателей.

Материал и методы исследования. Исследования проведены на кафедре биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральского ГАУ». Объектами исследования являлись образцы десертного хлеба, в состав рецептуры которых был введен порошок клубней таро. Для изготовления десертного хлеба были использо-

ваны следующие ингредиенты: рикотта, молоко питьевое (2,5%), подсолнечное масло, мука пшеничная хлебопекарная в/с, дрожжи сухие быстродействующие, соль, сахар, изюм, курага, порошок клубней таро (для образцов №2 и №3). В качестве исследуемого ингредиента выступал порошок клубней таро разной концентрации.

В результате исследования было приготовлено три образца сдобы, два из которых являлись опытными (образец №1 – контроль, образец №2 – 10 г, образец №3 – 20 г).

Десертный хлеб производили безопасным способом методом пробной лабораторной выпечки. Качество готовых образцов оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям (кислотность – ГОСТ 5670-96, влажность – ГОСТ 21094-75). Органолептическая оценка проводилась экспертной комиссией в количестве 7 человек согласно разработанной 5-балльной шкале. Интенсивность выраженности вкуса образцов представлена в виде профилограммы, имеющей следующую шкалу оценивания:

- 0 – признак отсутствует;
- 1 – только узнаваемый или ощущаемый;
- 2 – слабая интенсивность;
- 3 – умеренная интенсивность;
- 4 – сильная;
- 5 – очень сильная интенсивность.

Для получения более объективной оценки качества кратность повторов выпечки составила трём.

Результаты исследований и их обсуждение. Рецепт десерта хлеба. Рецепт производства образцов десерта хлеба с порошком клубней таро представлена в таблице 2.

Сухофрукты (курага, изюм) и рикотта были добавлены в качестве дополняющих ингредиентов, которые способствовали не только улучшению аромата и вкуса изделия, но и послужили дополнительными источниками пищевых волокон, белка,

витаминов и минеральных веществ для хлебобулочного изделия [16, 17].

Для образцов использовалась мука высшего сорта, качество которой определяли в соответствии с ГОСТ 27839-2013. В результате определения упруго-эластичных свойств прибор ИДК-5М показал 69 условных единиц, что соответствует первой группе качества (хорошая).

Характеристика порошка клубней таро. Порошок клубней таро в не разведённом виде представляет собой массу, состоящую из неоднородных частиц светло-сиреневого (лавандового) цвета с хорошей сыпучестью. Аромат и вкус карамельно-ванильный, сладкий, насыщенный и хорошо выраженный. При разведении в воде порошок становится темно-сиреневого (фиолетового) цвета. Хорошо растворяется, без образования комков, с небольшим количеством взвесей в растворе, которые при отстаивании раствора выпадают в белый осадок. Интенсивность аромата и вкуса незначительно снижается. Вкус и аромат становятся менее сладким с ванильным послевкусием.

Технология производства десерта хлеба. Производство образцов начиналось с подготовки сырья: просеивания муки, подогревания молока, замачивания сухофруктов (курага, изюм) в холодной воде в течение 30 минут с последующей обсушкой и нарезкой на равные кусочки.

После подготовки последовало производство с соблюдением следующей последовательности технологических процессов:

1. Замес теста. Растереть рикотту, добавить молоко, растительное масло, соль, сахар, порошок клубней таро, дрожжи. Оставить полученную массу на 5 минут. Внести просеянную муку, замесить тесто.

2. Обминка. Слегка обмять тесто ручным способом в течение пары минут.

3. Брожение. Тесто поместить в расстойный шкаф и оставить на 60-90 минут при температуре 25°C.

4. Внесение сухофруктов, обминка. Внести заранее подготовленные сухофрукты (курага, изюм), обмять тесто в течение пары минут.

5. Расстойка. Поместить тесто в форму и поставить в расстоечный шкаф на 60 минут при температуре 25°C.

6. Выпечка. Предварительно разогреть духовой шкаф до 180°C. Выпекать образцы при температуре 180°C в течение 30-35 минут до румяной корочки.

7. Охлаждение. Охладить готовые изделия на решетках в течение 20-30 минут.

Вносимая добавка повлияла не только на цвет теста, но и на подъёмные силы дрожжей. В ходе брожения наибольший объём имел образец №2. При увеличении концентрации порошка наблюдалось и изменение цвета теста от кремово-розового до насыщенного сиреневого.

Органолептические показатели десертного хлеба и оценка качества. В результате проведения исследования авторами работы была разработана 5-балльная шкала органолептической оценки качества десертного хлеба с порошком клубней таро (табл. 3).

На основе разработанной шкалы была проведена органолептическая оценка каче-

ства образцов, результаты которой представлены на рисунке 2.

Из полученных данных следует, что образец №1 получил наибольшую оценку в результате дегустации. Данный образец представлен как контрольный и не имеет в своём составе исследуемый ингредиент – порошок клубней таро. Если рассматривать образцы, которые содержат исследуемое сырьё, то с небольшой разницей, наибольшую оценку получил образец №3, который имел в своём составе 20 г порошка клубней таро. Данный образец понравился участникам дегустации своим внешним видом, вкусом и ароматом.

Пористость мякиша у всех образцов десертного хлеба была одинаковая, поры равномерные, без уплотнений, с характерными пустотами у вносимых сухофруктов. Все образцы имели небольшие подрывы поверхности изделия в местах кусочков кураги или изюма. Ни один образец не имел боковых выплывов. У образцов с порошком клубней таро отмечался отличный от образца №1 оттенок мякиша, который проявлялся в разной степени и зависел от количества вносимой добавки – кремовый у образца №2 и сиренево-розовый у образца №3. У образца №1 мякиш имел светло-жёлтый цвет.

Таблица 2. Рецептура образцов хлебобулочных изделий
Table 2. Recipes of bakery product samples

Сырьё	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Рикотта, г	100	100	100
Молоко питьевое (2,5%), мл	75	75	75
Подсолнечное масло, мл	12,5	12,5	12,5
Мука пшеничная хлебопекарная в/с, г	150	150	150
Дрожжи сухие быстродействующие, г	5	5	5
Соль, г	5	5	5
Сахар, г	20	20	20
Изюм, г	25	25	25
Курага, г	25	25	25
Порошок клубней таро, г	—	10	20

Таблица 3. Шкала оценивания десертного хлеба с порошком клубней таро
Table 3. Rating scale for dessert bread with taro tuber powder

Наименование показателя	Характеристика качества хлеба	Балл
Внешний вид: - форма - поверхность - цвет	Соответствует хлебной форме, в которой производилась выпечка, с выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов. Поверхность без крупных трещин и подрывов. Цвет розовый с сиреневым оттенком, равномерный.	5
	Соответствует хлебной форме, в которой производилась выпечка, с выпуклой верхней коркой, небольшие выплывы по бокам. Поверхность с небольшими трещинами и подрывами. Цвет розовый с сиреневым оттенком, слегка неравномерный.	4
	Соответствует хлебной форме, в которой производилась выпечка, без выпуклой верхней корки, без боковых выплывов. Поверхность с заметными трещинами и подрывами. Цвет розовый с сиреневым оттенком, наличие тёмных пятен, неравномерный цвет.	3
	Форма не правильная. Поверхность бугорчатая, определены крупные трещины и подрывы. Цвет коричневый, не равномерный.	2
	Форма не правильная, расплывчатая, разорвана верхняя поверхность. Цвет тёмный, не равномерный, подгорелый.	1
Состояние мякиша: - пропеченность - промес - пористость	Пропеченный, эластичный, мягкий, при лёгком надавливании принимает первоначальную форму. Без комочков и следов непромеса, легко разжевывается. Хорошо развитая пористость, равномерные, средних размеров поры, без пустот и уплотнений.	5
	Пропеченный, эластичный, мягкий. Без комочков и следов непромеса, легко разжевывается, слегка суховат. Пористость развитая, с незначительными уплотнениями.	4
	Пропечённый, удовлетворительно мягкий, слегка суховатый. Небольшое наличие комочков, отсутствие следов непромеса. Недостаточно развитая пористость, неравномерная, наличие участков с уплотнением.	3

Окончание табл. 3/ End of Table 3

	Недостаточно пропечённый, малоэластичный, небольшая липкость, сухой. Наличие комочков и следов непромеса. Слабо выраженная пористость, мякиш плотный.	2
	Не пропеченный, не эластичный, липкий. Сильно комкующийся. Пористость отсутствует, наличие пустот и уплотнений.	1
Вкус	Свойственный данному виду изделия, сладкий, фруктовый или ванильный привкус.	5
	Свойственный данному виду изделия, легкий соленоватый привкус.	4
	Свойственный данному виду изделия, более выраженный соленоватый вкус.	3
	Свойственный данному виду изделия, выраженный травянистый привкус.	2
	Горький, дрожжевой, посторонний привкус.	1
Запах	Свойственный данному виду изделия, приятный, хорошо выражен.	5
	Свойственный данному виду изделия, умеренно выражен.	4
	Свойственный данному виду изделия, слабо выражен.	3
	Не выражен, «пустой».	2
	Затхлый, неприятный, посторонний запах.	1

По результатам испытаний определено, что количество вносимого порошка клубней таро влияет на способность изделия сохранять исходный объём выпечки. Образец №3 практически полностью сохранил первоначальный объём десертного хлеба после остывания. Образец №2 в сравнении с образцом №3 сохранил объём в меньшей степени. Самый низкий показатель имел контрольный образец №1, его объём значительно снизился. Следовательно, наибольшая концентрация вносимой добавки (20 г), показала хороший результат, и её внесение является прекрасным способом для сохранения первоначального объёма готового изделия после остывания.

На основе полученных данных была построена профилограмма вкуса оцениваемых образцов (рис. 3).

В результате дегустации было выявлено, что наибольшее проявление по вкусо-ароматическим показателям показал образец №3, изготовленный с добавлением наибольшей концентрации порошка клубней таро – 20 г. Данный образец имел карамельно-ванильный вкус с фруктовым послевкусием. У образца №1 был отмечен умеренный солёный вкус с небольшим дрожжевым послевкусием. Образец №2 имел наибольшую степень проявления фруктового вкуса вносимых сухофруктов, который сочетался с карамельно-солёным послевкусием.

Физико-химические показатели десертного хлеба. Проведена качественная оценка образцов по физико-химическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия» (рис. 4).

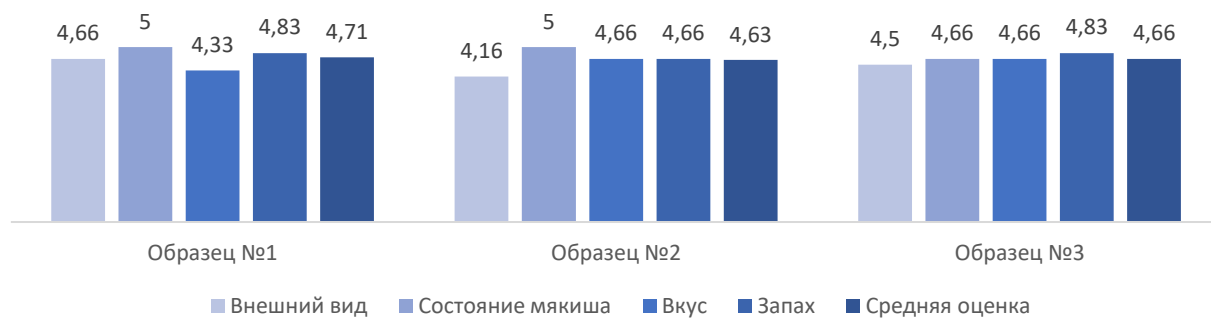


Рис. 2. Оценка образцов по органолептическим показателям
Fig. 2. Evaluation of samples by organoleptic indicators

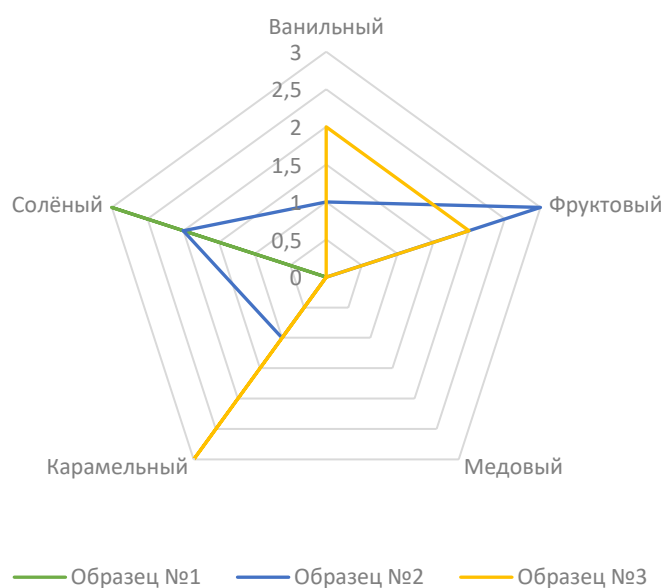


Рис. 3. Профилограмма вкуса исследуемых образцов
Fig. 3. Taste profilogram of the studied samples



Рис. 4. Физико-химические показатели качества десертного хлеба
Fig. 4. Physicochemical quality indicators of dessert bread

Из данных диаграммы следует, что добавление порошка способствует увеличению влажности мякиша готового изделия с 8,7% до 24,8% и 34,8% и снижению кислотности с 3,1 град. до 2,5 и 3 град. в зависимости от концентрации.

Заключение. В результате проведенных исследований было выявлено, что добавление порошка клубней таро положительно влияет на физико-химические, органолептические и технологические свойства

десертного хлеба. Определено, что лучшим среди образцов являлся образец №3, изготовленный с добавлением исследуемой добавки в количестве 20 г. Данный образец характеризовался не только увеличением влажности мякиша с 8,7% до 34,8%, но и способностью сохранять исходный объем изделия после остывания. Он отличался карамельно-ванильным вкусом с фруктовым послевкусием, сладким ароматом и сиреневорозовым оттенком мякиша.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аляева З.С., Нестерова Е.В. Хлебобулочные изделия функционального назначения // Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии: сборник трудов LVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, (Тюмень, 12 марта 2024 г.). Тюмень: Гос. аграрный ун-т Северного Зауралья, 2024. С. 334-343.
2. Информация о формировании здорового образа жизни: официальный сайт медицинского учреждения Министерства внутренних дел Российской Федерации; 2025 [обновлено 2025; процитировано 5 ноября 2024]. Режим доступа: <https://clck.ru/3G9438>
3. Нилова Л.П. Актуальные тренды хлебопекарной промышленности // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты: сборник научных статей XI Всероссийской научно-практической конференции (Курск, 23-24 сент. 2021 г.). Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2021. С. 180-183.
4. Шахрай Т.А., Воробьева О.В., Викторова Е.П. Основные тенденции развития рынка функциональных хлебобулочных изделий // Новые технологии. 2021. Вып. 3. С. 51-58.
5. Минич И.Б., Минич А.С., Чурсина Н.Л. Биологические основы сельского хозяйства. Часть 1. Лабораторные работы по растениеводству: учебное пособие. Томск: Томский гос. пед. ун-т, 2019. 153 с.
6. Нагорная О.В. Ботаника. Основы морфологии и анатомии высших растений: учебное пособие. Курск: Курская ГСХА, 2018. 135 с.
7. Physico-chemical and thermal properties of taro (*Colocasia esculenta* sp) powders as affected by state of maturity and drying method / Himeda M [et al.] // J Food Sci Technol, 2014. No. 51. P. 1857-1865.
8. Taro starch: Isolation, morphology, modification and novel applications concern - A review / Singla D. [et al.] // Int J Biol Macromol, 2020. No. 163. P. 1283-1290.
9. Anticancer and Immunomodulatory Benefits of Taro (*Colocasia esculenta*) Corms, an Underexploited Tuber Crop / Ribeiro Pereira P. [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2021. No. 22.

10. Taro (*Colocasia esculenta*) / Sharma S. [et al.] *Antioxidants in Vegetables and Nuts*. 2020. P. 341-353.
11. Что такое таро, какие блюда и напитки с ним готовят: [сайт]. Гастрономъ; 2024 [обновлено 30 мая 2024; процитировано 10 ноября 2024]. Режим доступа: <https://clck.ru/3G9WDr>
12. Шоколадный продукт: патент RU 2628402 РФ МПК A21D 13/00. / Г. Гаим-Марсо-нер Ш. Мацура Т. Клаус; патентообладатель КРАФТ ФУДС Р & Д, ИНК; № 2015114646; заявл. 06.12.2013, опубл. 16.08.2017.
13. Применение растворимых пищевых волокон против мышечной атрофии: патент RU 2450815 РФ МПК A61K 31/702, A61K 31/715, A61P 21/00 / М. Горселинк, А.Л.Б. Ван Хелворт, Р.Й.Й. Хагеман; патентообладатель Н.В. НЮТРИСИА (NL); № 2008129102/15; заявл. 18.12.2006; опубл. 20.05.2012.
14. Седова О.В. Морфология высших растений: учебно-методическое пособие для студентов биологического факультета. Саратов: СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2016. С. 15.
15. Концентрирование сока корнеплодов или клубней вымораживанием: патент RU 2720319 РФ МПК A23J 1/16, A23J 3/14, A23L 19/10, A23L 27/00 / М.Л.Ф. Джузеппин, С. Ианнаконе, В. Копманс [и др.]; патентообладатель КООПЕРАТИ АВЕБЕ Ю.А.; № 2018129785; заявл. 22.02.2017, опубл. 28.04.2020.
16. Сычева О.В., Трубина И.А., Ежова Е.О. Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами / Скорбина Е.А [и др.] // Пищевая индустрия. 2021. Вып. 1. С. 30-32.
17. Зубакова А.А. Пищевая и биологическая ценность сывороточного сыра «Рикотта» // Актуальные исследования. 2022. Вып. 31. С. 6-8.

REFERENCES

1. Alyaeva Z.S., Nesterova E.V. Functional bakery products // Strategic resources of the Tyumen agro-industrial complex: people, science, technology: collection of works of the LVIII International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists (Tyumen, March 12, 2024). Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2024. P. 334-343. [In Russ.]
2. Information on the formation of a healthy lifestyle: official website of the medical institution of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation; 2025 [updated 2025; cited November 5, 2024]. Access mode: <https://clck.ru/3G9438> [In Russ.]
3. Nilova L.P. Current trends in the bakery industry // Trends in the development of modern society: managerial, legal, economic and social aspects: collection of scientific articles of the XI All-Russian scientific and practical conference (Kursk, September 23-24, 2021). Kursk: South-West State University, 2021. P. 180-183. [In Russ.]
4. Shakhrai T.A., Vorobyova O.V., Viktorova E.P. Main trends in the development of the functional bakery products market // New technologies. 2021. Iss. 3. P. 51-58. [In Russ.]
5. Minich I.B., Minich A.S., Chursina N.L. Biological foundations of agriculture. Part 1. Laboratory work on plant growing: a tutorial. Tomsk: Tomsk State Pedagogical University, 2019. 153 p. [In Russ.]
6. Nagornaya O.V. Botany. Fundamentals of morphology and anatomy of higher plants: a tutorial. Kursk: Kursk State Agricultural Academy, 2018. 135. P. [In Russ.]
7. Physico-chemical and thermal properties of taro (*Colocasia esculenta* sp) powders as affected by state of maturity and drying method / Himeda M [et al.] // J Food Sci Technol 2014. No. 51. P. 1857-1865.

8. Taro starch: Isolation, morphology, modification and novel applications concern - A review / Singla D. [et al.] // Int J Biol Macromol. 2020. No. 163. P. 1283-1290.
9. Anticancer and Immunomodulatory Benefits of Taro (*Colocasia esculenta*) Feeds, an Underexploited Tuber Crop / Ribeiro Pereira P. [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2021. No. 22.
10. Taro (*Colocasia esculenta*) / Sharma S. [et al.] Antioxidants in Vegetables and Nuts. 2020. P. 341-353.
11. What is taro, what dishes and drinks are prepared with it: [website]. Gastronom; 2024 [updated May 30, 2024; cited November 10, 2024]. Access mode: <https://clck.ru/3G9WDr> [In Russ.]
12. Chocolate product: patent RU 2628402 RF IPC A21D 13/00. / G. Gaim-Marsoner, Sh. Matsura, T. Klaus; patent holder KRAFT FOODS R & D, INC.; No. 2015114646; declared 06.12.2013, published 16.08.2017. [In Russ.]
13. The use of soluble dietary fiber against muscle atrophy: patent RU 2450815 RF IPC A61K 31/702, A61K 31/715, A61P 21/00 / M. Gorselink, A.L.B. van Helvoort, R.J.J. Hageman; patent holder N.V. NUTRICIA (NL); No. 2008129102/15; declared 18.12.2006; published 20.05.2012 [In Russ.].
14. Sedova O.V. Morphology of Higher Plants: a teaching aid for students of the Faculty of Biology. Saratov: Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky. 2016. P. 15. [In Russ.]
15. Concentration of root crop or tuber juice by freezing: patent RU 2720319 RFMPKA23J 1/16, A23J 3/14, A23L 19/10, A23L 27/00 / M.L.F. Giuseppin, S. Iannacone, V. Koopmans [et al.]; patent holder KOOPERATI AVEBE Yu.A.; No. 2018129785; declared 22.02.2017, published 28.04.2020. [In Russ.]
16. Sycheva O.V., Trubina I.A., Ezhova E.O. Enrichment of bakery products with dietary fiber / Skorbina E.A [et al.] // Food industry. 2021. Issue 1. P. 30-32. [In Russ.]
17. Zubakova A.A. Nutritional and biological value of Ricotta whey cheese // Current research. 2022. Iss. 31. P. 6-8.

Информация об авторах / Information about the authors

Мельникова Екатерина Олеговна, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9603-7313>, e-mail: meln.02@mail.ru

Ражина Ева Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6305-1783>; e-mail: eva.mats@mail.ru

Смирнова Екатерина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-121X>, e-mail: ekaterina-kazantseva@list.ru

Неверова Ольга Петровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образователь-

ное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>, e-mail: opneverova@mail.ru

Галушина Полина Сергеевна, старший преподаватель кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9602-0991>; e-mail: sid-polina@yandex.ru

Ekaterina O. Melnikova, Master's student, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht str., ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9603-7313>, e-mail: meln.02@mail.ru

Eva V. Razhina, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6305-1783>; e-mail: eva.mats@mail.ru

Ekaterina S. Smirnova, PhD (Agriculture), Associate Professor, the Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-121X>, e-mail: ekaterina-kazantseva@list.ru

Olga P. Neverova, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>; e-mail: opneverova@mail.ru

Polina S. Galushina, Senior Lecturer, Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9602-0991>; e-mail: sid-polina@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Мельникова Е.О. – подбор литературных источников, проведение эксперимента
Ражина Е.В. – проведение эксперимента
Смирнова Е.С. – оформление статьи по требованиям журнала
Неверова О.П. – валидация данных
Галушина П.С. – разработка методики исследований

Claimed contribution of authors

Melnikova E.O. – selection of literary sources, conducting the experiment
Razhina E.V. – conducting the experiment
Smirnova E.S. – article design according to the Journal requirements
Neverova O.P. – data validation
Galushina P.S. – development of research methods

Поступила в редакцию 10.01.2025
Поступила после рецензирования 18.02.2025
Принята к публикации 21.02.2025

Received 10.01.2025
Revised 18.02.2025
Accepted 21.02.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-55-68>
УДК 635.64:[633.366:678.048]



Использование экстрактов *Melilotus officinalis* с антиоксидантным потенциалом в защитном покрытии для томатов

М.А. Мулюкин✉¹, Д.А. Бараненко^{1,2}, Ю.Ю. Петрова¹, О.С. Сутормин¹

¹Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; г. Сургут, Российская Федерация

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»; г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
✉ mulyukin_ma@surgu.ru

Аннотация. Целью исследования являлась оценка влияния защитного покрытия для томатов, обогащенного экстрактами *Melilotus officinalis*, обладающими выраженной антиоксидантной активностью. **Методы.** В работе были оптимизированы условия экстракции: высушенный растительный материал измельчали до размера частиц 0,2-0,5 мм, использовали соотношение сырья к экстрагенту 1:100 и время экстракции 5 суток. Содержание фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантную активность экстрактов определяли спектрофотометрическими методами. **Результаты.** Экстракты, полученные с использованием 10 % и 50 % этилового спирта, продемонстрировали высокое содержание фенолов (33,7 мг/г) и флавоноидов (1,74 мг/г) соответственно. Наибольшая антиоксидантная активность (89,8 %) была зафиксирована у экстракта, полученного с 50 % этиловым спиртом. Исследование влияния защитного покрытия на сохранность томатов показало, что при хранении без охлаждения ежедневная потеря массы составила $1,1 \pm 0,1$ % для образцов без покрытия и $0,9 \pm 0,1$ % для образцов с покрытием. При холодильном хранении потеря массы была менее выраженной: через 7 суток разница между образцами с покрытием и без него составила 0,7 %. В первые 3 суток хранения масса томатов уменьшалась равномерно для всех образцов, однако начиная с 4 суток томаты без покрытия начали терять массу значительно быстрее по сравнению с образцами, обработанными защитным покрытием. Наибольшую эффективность продемонстрировало покрытие с добавлением экстрактов: потеря массы без охлаждения и в охлажденном состоянии составила 5,7 % и 1,7 % соответственно, в то время как для томатов без покрытия эти показатели составили 7,3 % и 2,3 %. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения защитных покрытий с экстрактами *Melilotus officinalis* для увеличения срока хранения томатов и снижения потерь массы.

Ключевые слова: *Melilotus officinalis*, антиоксидантная активность, защитное покрытие, томаты, хранение, фенольные соединения, флавоноиды

Для цитирования: Мулюкин М.А., Бараненко Д.А., Петрова Ю.Ю., Сутормин О.С. Использование экстрактов *Melilotus officinalis* с антиоксидантным потенциалом в защитном покрытии для томатов. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):55-68. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-55-68>

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Программа Западно-Сибирского межрегионального

научно-образовательного центра, соглашение № 4-ЦС от 08.11.2023) и Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, грант № 2023-227-28

Use of *Melilotus officinalis* extracts with antioxidant potential in a protective coating for tomatoes

M.A. Mulyukin✉¹, D.A. Baranenko^{1,2}, Yu.Yu. Petrova¹, O.S. Sutormin¹

¹Surgut State University; Surgut, the Russian Federation
✉mulyukin_ma@surgu.ru

²National Research University ITMO; Saint-Petersburg, the Russian Federation

Abstract. The goal of the research was to evaluate the effect of a protective coating for tomatoes enriched with *Melilotus officinalis* extracts with pronounced antioxidant activity. **The Methods.** The extraction conditions were optimized: the dried plant material was ground to a particle size of 0.2-0.5 mm, the raw material to extractant ratio was 1:100, and the extraction time was 5 days. The content of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity of the extracts were determined by spectrophotometric methods. **The Results.** The extracts obtained using 10% and 50% ethyl alcohol demonstrated a high content of phenols (33.7 mg/g) and flavonoids (1.74 mg/g), respectively. The highest antioxidant activity (89.8%) was recorded in the extract obtained with 50% ethyl alcohol. The study of the effect of the protective coating on the preservation of tomatoes showed that during storage without cooling, the daily weight loss was $1.1 \pm 0.1\%$ for uncoated samples and $0.9 \pm 0.1\%$ for coated samples. During refrigeration storage, the weight loss was less pronounced: after 7 days, the difference between the samples with and without the coating was 0.7%. During the first 3 days of storage, the weight of the tomatoes decreased uniformly for all samples, but starting from the 4th day, the uncoated tomatoes began to lose weight much faster compared to the samples treated with a protective coating. The coating with the addition of extracts demonstrated the greatest efficiency: the weight loss without cooling and in a cooled state was 5.7% and 1.7%, respectively, while for tomatoes without coating, these figures were 7.3% and 2.3%. **Conclusion.** The data obtained indicate the potential of using protective coatings with *Melilotus officinalis* extracts to increase the shelf life of tomatoes and reduce weight loss.

Keywords: *Melilotus officinalis*, antioxidant activity, protective coating, tomatoes, storage, phenolic compounds, flavonoids

For citation: Mulyukin M.A., Baranenko D.A., Petrova Yu.Yu., Sutormin O.S. Use of *Melilotus officinalis* extracts with antioxidant potential in a protective coating for tomatoes. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):55-68. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-55-68>

Acknowledgements: the research has been conducted with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Program of the West Siberian Interregional Scientific and Educational Center, Agreement No. 4-TSS dated 08.11.2023) and the Government of the Khanty-Mansi Autonomous Area - Yugra, Grant No. 2023-227-28

Введение. Качество продуктов питания, представленных на прилавках магазинов, является определяющим элементом для их избирательности конечными потребителями. В этом случае необходимо обеспечить не только сохранность поставляемой

продукции, но также увеличение ее срока годности. Овощи и фрукты подвержены быстрой порче. Поэтому главным фактором здесь является обеспечение условий хранения, где наиболее важными составляющими являются температура хранения, влажность

и товарное соседство. Однако процессы, приводящие к порче продуктов, начинаются не на полке магазина, а сразу после сбора урожая, поскольку овощи и фрукты могут быть подвержены как физическому воздействию, так и воздействию различных микроорганизмов [1].

В этом смысле полимерные материалы могут стать отличным защитным барьером для предотвращения как механических повреждений, так и для взаимодействия с окружающей средой. В качестве таких полимеров могут быть использованы белки, полисахариды, липиды, а также их вариации между собой [2-4]. Довольно распространенным полимером, используемым для создания защитного покрытия, является желатин. Это натуральный водорастворимый белок, получаемый в результате частичного гидролиза коллагена, который, в свою очередь, содержится в определенных частях позвоночных и беспозвоночных животных. Использование желатина в качестве защитного покрытия определяется рядом свойств, к которым относятся растворимость, отсутствие явного запаха и вкуса, цвет, прозрачность, а также его стоимость [5]. Кроме того, такой полимерный материал можно модифицировать добавлением различных сшивающих агентов, пластификаторов, а также добавок с выраженной биологической активностью – растительных экстрактов. Последние представляют собой важный источник полифенолов, которые, как известно, обладают антиоксидантным и антимикробным действием. В этом случае включение полифенолов в структуру полимерной пленки придает ей уникальные свойства [6].

Довольно перспективным с этой точки зрения является *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (донник лекарственный) – двулетнее травянистое растение семейства Бобовых (Fabaceae). Трава донника лекарственного имеет сложный состав биологически активных веществ (БАВ), обуславливающих

фармакологическую активность этого растения, что, в свою очередь, позволяет использовать его в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС) [7,8]. Известно, что в составе донника лекарственного были найдены кумарин как преобладающий компонент, а также мелилотин, фенольные кислоты, флавоноиды, стероиды, сапонины, эфирные масла, жиры, тритерпены, углеводы, сахар, антрахиноновые гликозиды, слизь, дубильные вещества, бис-гидроксикумарин, холин, спирты, мочевиная кислота и многие другие группы химических соединений [9-13].

Цель исследования. Изучить влияние защитного покрытия для томатов с добавлением экстрактов из *Melilotus officinalis* с выраженным антиоксидантным потенциалом.

Методы исследования. Объектом исследований стал *M. officinalis*, его надземная часть (цветки, листья, стебли, семена) и подземная (корни). Растительный материал заготавливали в период цветения с 2023 по 2024 гг. в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Югры (координаты: 61,2779°N; 72,9305°E). Собранную надземную растительную массу очищали от частиц почвы, листья и цветки раскладывали тонким слоем и сушили до воздушно-сухого состояния в темном помещении с хорошей вентиляцией при температуре 19±1 °С, периодически перемешивая. Сухой растительный материал измельчали на лабораторной мельнице (ЛЗМ-1М, Россия), взвешивали и хранили в двойных бумажных пакетах.

Для экстракции в коническую колбу помещали 1 г (с точностью до 0,001 г) надземной части донника лекарственного, добавляли 100 мл этилового спирта с концентрацией этанола от 10 до 70 % и мацерировали в темном месте при температуре 19±1 °С в течение 5 суток. Для определения содержания фенольных соединений и флавоноидов использовали спектрофотометрический

метод (Shimadzu UV-1900i, Япония). Содержание фенольных соединений определяли в пересчете на галловую кислоту (не менее 98 % осн. в-ва) с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [14]. Для этого растительные экстракты (0,5 мл) переносили в стеклянные пробирки и добавляли реактив Фолина-Чокальтеу (0,1Н Синтакон серия № 06-1) (2,0 мл), закрывали пробирку и убирали на 5 мин в темное место (инкубировали). Добавляли карбонат натрия 7,5%-й (хч, НПО ЭКРОС) (2,5 мл) и убирали на 1,5 ч в темное место. Оптическую плотность растворов снимали при длине волны 765 нм. Содержание флавоноидов определяли в пересчете на кверцетин (не менее 98 % осн. в-ва). Для этого экстракт (1 мл) переносили в стеклянную пробирку, добавляли хлорид алюминия 2%-й (1 мл) и приливали спирт 70%-ый этиловый до 10 мл. Приготовленные растворы убирали на 40 мин в темное место. Оптическую плотность растворов снимали при длине волны 431 нм. Толщина поглощающего слоя составляла 1 см.

Для определения антиоксидантной активности (АОА) экстрактов использовали спектрофотометрический метод (Shimadzu UV-1900i, Япония) как способность нейтрализовать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (метод DPPH). В стеклянные пробирки добавляли 3 мл раствора DPPH (0,01 мг/мл) и 0,5 мл экстракта. Убирали пробирки в темное место на 30 мин и после регистрировали оптическую плотность растворов при длине волны 518 нм. Толщина поглощающего слоя составляла 1 см.

Для приготовления покрытий использовали 6%-й раствор желатина в воде. В качестве пластификатора использовали глицерин в концентрации 30 % от массы сухого вещества. Желатин оставляли набухать в воде при комнатной температуре в течение 15 мин. Далее нагревали желатин на плитке до 60 °С при постоянном переме-

шивании раствора верхнеприводной мешалкой (Stegler MV-6D digital, Китай) при 300-600 об/мин. После растворения желатина в раствор вносили глицерин и гомогенизировали раствор в течение 5 мин. Далее в раствор вносили растительный экстракт (500 мкл) и гомогенизировали в течение 5 мин. Оставляли полученный раствор остывать до 20 °С, после чего использовали его в качестве покрытия.

Для апробации полимерного покрытия использовали томаты свежие круглые красные, купленные в местном супермаркете. Товарный сорт 1. Ботанический сорт Мерлис. Страна происхождения – Россия. Изготовитель – ООО «Солнечный дар», Россия. Для эксперимента отбирали свежие томаты, исключая при этом вялые и помятые плоды с признаками заражения и болезни, учитывая органолептические свойства. При отборе томатов в каждой серии эксперимента учитывали массу овощей для минимизации погрешностей при взвешивании, при этом разница в массе между овощами в одной серии составляла не более $\pm 1,5$ %.

Статистические данные были обработаны с помощью программного обеспечения MSeXcel (16.0.14332.20763). Повторяемость и воспроизводимость результатов оценивались путем расчета стандартного отклонения и доверительного интервала 3-6 измерений с использованием уровня достоверности 0,95.

Результаты. При проведении экстракции растительного материала *M. officinalis* методом мацерации оптимизированы следующие параметры: размер частиц, время экстракции и соотношение сырье: экстрагент. В качестве первоначальных фиксированных параметров использовали 1 г сырья (с точностью до 0,001 г), этиловый спирт 70%-ый в количестве 50 мл, время экстракции 1 сутки. Оптимизацию условий контролировали по содержанию фенольных соеди-

нений в растительном материале спектрофотометрическим методом (Shimadzu UV-1900i, Япония).

При исследовании влияния размера частиц на содержание фенолов в экстракте было установлено, что размер частиц в диапазоне от 0,2 до 0,5 мм является наиболее благоприятным для экстракции, поскольку увеличение частиц растительного материала приводит к снижению содержания фенолов в экстракте до 7,8 % (табл. 1). С увеличением количества экстрагента при экстракции содержание фенолов увеличивается в среднем на 25,5%, и при соотношении сырья к экстрагенту 1:100 концентрация фенолов достигает 22,5 мг/г (табл. 1).

При увеличении времени экстракции растительного материала содержание фенолов резко возрастает на 2 и 3 суток, и да-

лее рост замедляется. Максимальное содержание зафиксировано через 5 суток и составило 18,8 мг/г, что на 19,7 % больше по сравнению с первым днем (рис. 1).

В результате оптимизации условий экстракции с использованием метода мацерации установлен наибольший выход фенолов при измельчении растительного материала до размера частиц от 0,2 до 0,5 мм, соотношении сырье : экстрагент как 1:100 и времени экстракции 5 суток.

С учетом оптимизированных параметров были получены экстракты из различных морфологических частей *M. officinalis* методом мацерации с использованием в качестве экстрагента этилового спирта в различных соотношениях с водой и определена концентрация фенольных соединений (табл. 2).

Таблица 1. Содержание фенолов (мг/г) при исследовании влияния размера частиц *M. officinalis* и соотношения сырье: экстрагент при использовании метода мацерации
Table 1. Phenol content (mg/g) in the study of the effect of *M. officinalis* particle size and raw material: extractant ratio using the maceration method

Изменяемый параметр		Содержание фенолов, мг/г
Размер частиц	0,2-0,5	11,6±0,4
	0,5-1,0	10,7±0,2
	1,0-2,0	10,7±0,1
Соотношение сырье: экстрагент	1:30	14,3±1,0
	1:50	18,3±1,5
	1:100	22,5±1,1

Таблица 2. Содержание фенольных соединений (мг/г) в экстрактах морфологических частей *M. officinalis*, полученных методом мацерации

Table 2. Content of phenolic compounds (mg/g) in extracts of morphological parts of *M. officinalis* obtained by maceration

Этанол, %	Содержание фенольных соединений, мг/г				
	Цветки	Листья	Стебли	Семена	Корни
10	33,7±0,6	23,4±0,9	4,8±0,2	8,5±0,2	3,1±0,1
20	30,3±0,7	16,8±1,1	4,6±0,1	8,0±0,1	3,1±0,1
30	28,8±0,8	19,7±0,5	4,3±0,2	7,1±0,2	3,0±0,1
40	18,4±0,4	19,4±0,8	3,9±0,2	6,3±0,2	2,9±0,1
50	19,2±0,3	18,8±0,8	4,0±0,1	6,2±0,1	3,2±0,1
60	18,5±0,4	17,8±0,7	3,9±0,1	6,0±0,1	3,3±0,1
70	17,6±0,4	15,2±0,8	4,0±0,1	5,6±0,1	3,2±0,1

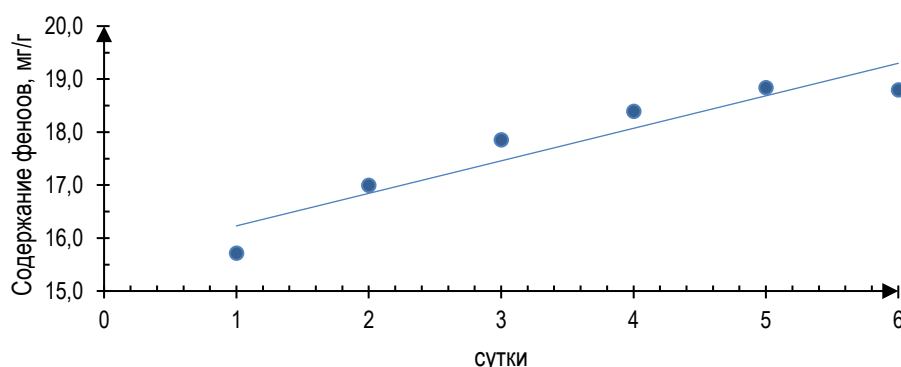


Рис. 1. Содержание фенолов (мг/г) при исследовании влияния времени экстракции *M. officinalis* при использовании метода мацерации
Fig. 1. Phenol content (mg/g) in the study of the effect of extraction time of *M. officinalis* using the maceration method

Из представленных данных можно заметить, что наименьшее содержание фенолов приходится на корни, причем концентрация спирта не оказывает влияние на их извлечение из растительного материала. Содержание фенолов в семенах колеблется от 8,5 до 5,6 мг/г, что превышает их содержание в стеблях в 1,8 и 1,4 раза. Следует отметить, что с увеличением концентрации спирта содержание фенолов уменьшается, а при использовании спирта с концентрацией выше 50 %, число фенолов изменяется незначительно. Большая концентрация фенолов приходится на цветки и листья. Метод мацерации позволяет извлечь фенольные соединения из цветков в количестве 33,7 мг/г

при использовании в качестве экстрагента 10%-го этилового спирта, что в 1,4 раза больше по сравнению с максимальным содержанием в листьях, а уменьшение полярности экстрагента приводит к более низкому значению фенолов (табл. 2).

Тенденция с большим содержанием флавоноидов в цветках и листьях сохраняется, если сравнивать с содержанием фенолов в этих же морфологических частях. Наибольшее содержание флавоноидов приходится на цветки *M. officinalis* и достигает до 1,74 мг/г, в то время как в листьях установлено 0,54 мг/г. При использовании спирта с концентрацией выше 60 %, содержание флавоноидов уменьшается (табл. 3).

Таблица 3. Содержание флавоноидов (мг/г) в экстрактах морфологических частей *M. officinalis*, полученных методом мацерации
Table 3. Flavonoid content (mg/g) in extracts of morphological parts of *M. officinalis* obtained by maceration

Этанол, %	Содержание фенольных соединений, мг/г		
	Цветки	Листья	Семена
10	0,47±0,03	0,26±0,07	0,15±0,02
20	0,76±0,04	0,35±0,05	0,18±0,01
30	1,47±0,04	0,42±0,07	0,15±0,01
40	1,67±0,02	0,54±0,04	0,24±0,01
50	1,74±0,03	0,50±0,04	0,23±0,01
60	1,72±0,02	0,44±0,05	0,22±0,01
70	1,63±0,03	0,45±0,04	0,23±0,01

В меньшей степени концентрация флавоноидов обнаружена в семенах растения и составляет в среднем 0,20 мг/г. Стебли содержали до 0,1 мг/г флавоноидов, в то время как в корнях и вовсе не удалось обнаружить данную группу биологически активных веществ. Следует также отметить, что оптимальная концентрация этилового спирта для извлечения флавоноидов находится в диапазоне от 40 до 50 % в зависимости от используемых параметров экстракции.

Экстракты *M. officinalis* могут рассматриваться как источник средств для лечения расстройств, связанных с окислительным стрессом и воспалением [15]. Антиоксидантную активность экстракта с наибольшим содержанием фенольных соединений определяли по формуле:

$$\text{Ингибирование} = \frac{(A_{\text{конт}} - A_{\text{э}})}{A_{\text{конт}}} \cdot 100\% \quad (1),$$

где $A_{\text{конт}}$ – оптическая плотность контрольного образца DPPH;

$A_{\text{э}}$ – оптическая плотность раствора DPPH с добавлением экстракта.

Результаты показали наличие антиоксидантного потенциала у *M. officinalis*. Фракция цветков способна ингибировать радикал DPPH до 86,9 и 89,8 % при использовании 10 и 50%-го спирта соответственно. Для определения величины полумаксимального ингибирования исходные экстракты с содержанием фенолов (33,7 мг/г) и флавоноидов (1,74 мг/г) разбавляли в 2-10 раз 70%-ым этиловым спиртом. Построили графики зависимости ингибирования (формула 1) от концентрации фенольных соединений в 10%-ом экстракте цветков, получили уравнение прямой $y=4,4255x+16,189$ с величиной аппроксимации R^2 , равной 0,9964. По уравнению прямой определили величину полумаксимального ингибирования IC50. Она составила 7,64 мг/г (рис. 2а). Построили график зависимости ингибирования (формула 1) от концентрации флавоноидных соедине-

ний в 50%-ом экстракте цветков, получили уравнение прямой $y=78,318x+21,134$ с величиной аппроксимации R^2 , равной 0,9549. По уравнению прямой определили величину полумаксимального ингибирования IC50. Она составила 0,37 мг/г (рис. 2б).

Среди выбранных экстрактов максимальной АОА обладает экстракт цветков с использованием 50%-го этилового спирта. Другие исследования также показывают наличие антиоксидантного потенциала у донника лекарственного. Был изучен метанольный экстракт семян, полученный с использованием аппарата Сокслета. Ингибирование радикала DPPH составило 29,9 %, что в 3 раза меньше по сравнению с экстрактами цветков, по нашим данным [16]. Ученым из Хорватии удалось установить наибольший процент ингибирования радикала DPPH при экстракции 96%-ым этанолом методом мацерации, который составляет 36,6 % [17], в то время как российские ученые определили антиоксидантную активность цветков донника аналогичным методом, которая составила 59 мг/см³ [18]. Отметим, что значения антиоксидантной активности различаются: это, по-видимому, связано с территорией произрастания и ее климатическими условиями, которые несомненно влияют на химический состав растительного материала и, как следствие, на его антиоксидантный потенциал.

Эффективность защитного полимерного покрытия для томатов тестировали при холодильном (4 ± 1 °C) и комнатном (20 ± 1 °C) хранении в течение 7 суток и контролировали потерю в массе с течением времени по формуле:

$$\text{Потеря массы} = \frac{(m_{\text{исх}} - m)}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\% \quad (2),$$

где $m_{\text{исх}}$ – масса исходного образца, г;

$m_{\text{э}}$ – масса экспериментального образца после каждого дня взвешивания, г.

Томаты защитили покрытием методом литья на подложке, после чего помещали в холодильник для застывания. Время засты-

вания составило не более 20 мин. Равномерность покрытия смотрели с помощью УФ облучателя (УФС-254/365, Sorbfil, Россия) с использованием люминесцентного красителя (родамин Ж), который добавляли на этапе изготовления покрытия (рис. 3а). Толщина защитного покрытия составила не более 30 мкм (микрометр, модель 1003) (рис. 3б).

Исследование показало, что при хранении потеря в массе у томатов происходит линейно, однако при хранении без охлаждения ежедневная потеря в массе была более пропорциональной: $1,1 \pm 0,1$ % и $0,9 \pm 0,1$ % для образцов без пленок и с пленками соответственно. Следует отметить, что томаты с

защитным покрытием теряют массу в меньшей степени, и в течение 7 суток эксперимента суммарная потеря в массе для томатов с покрытием составила не более 6,0 % без охлаждения, в то время как образцы без покрытия потеряли 7,3 % (рис. 4).

Установлено, что при холодильном хранении томаты теряют в весе медленнее по сравнению с хранением без охлаждения, при этом разница потери в массе после 7 суток хранения составляет 0,7 %. Следует отметить, что за первые 3 суток масса уменьшалась равномерно для всех образцов, однако, начиная с 4 суток, томаты без покрытия начинают существенно быстрее терять в весе (рис. 5).

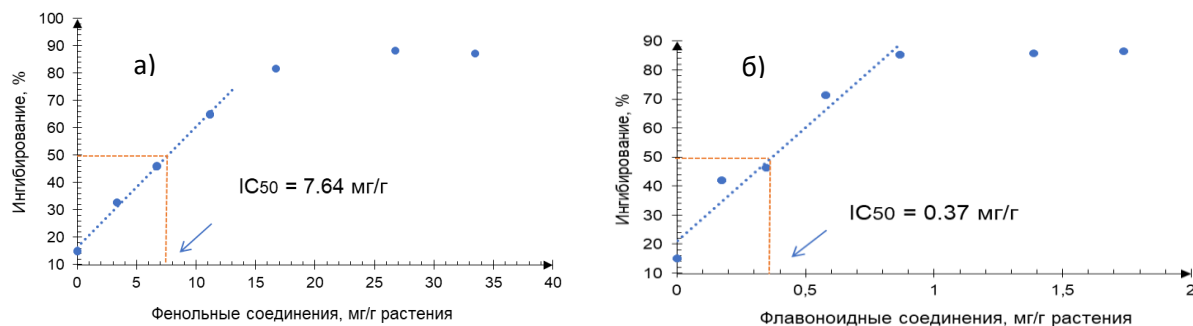


Рис. 2. График зависимости ингибирования экстракта цветков 10%-го (а) и 50%-го (б) от концентрации фенолов и флавоноидов

Fig. 2. Graph of the dependence of inhibition of 10% (a) and 50% (b) flower extract on the concentration of phenols and flavonoids

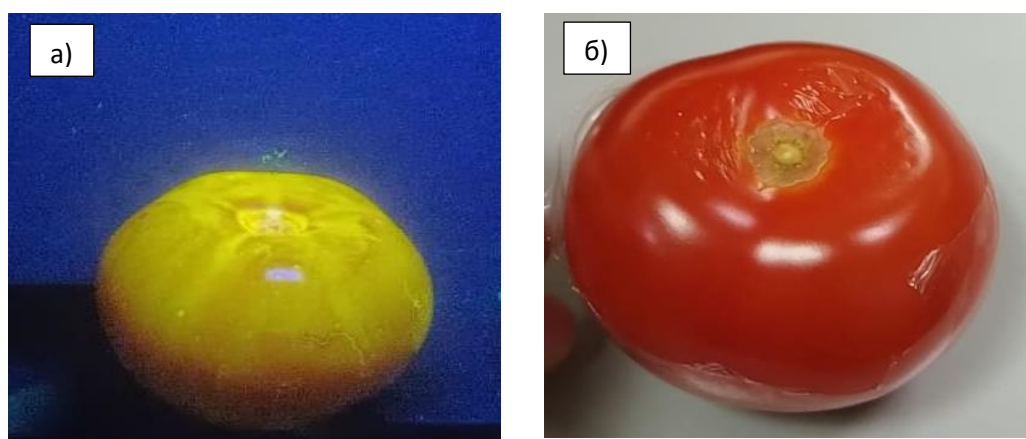


Рис. 3. Образцы томатов с добавлением люминесцентного красителя (а) и без него (б)

Fig. 3. Samples of tomatoes with the addition of fluorescent dye (a) and without (b)

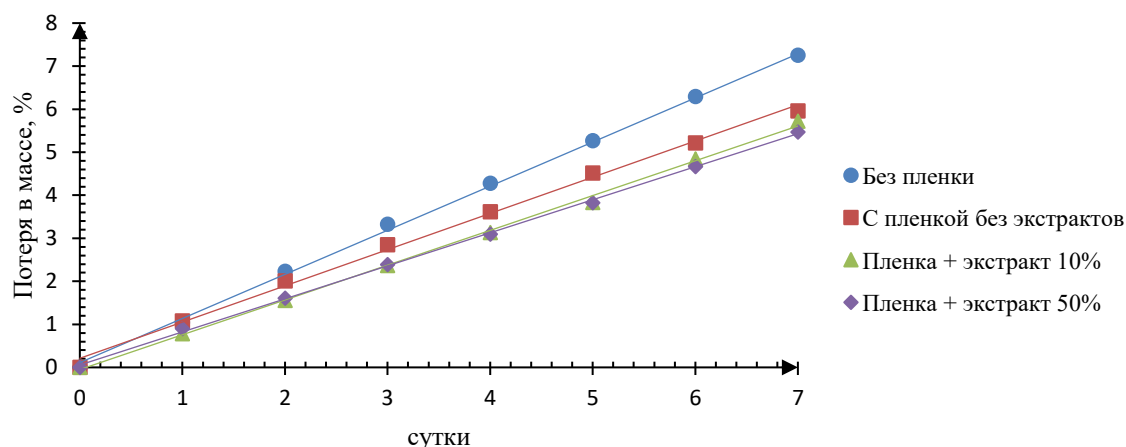


Рис. 4. Потеря в массе у томатов при хранении без охлаждения

Fig. 4. Weight loss of tomatoes during storage without refrigeration

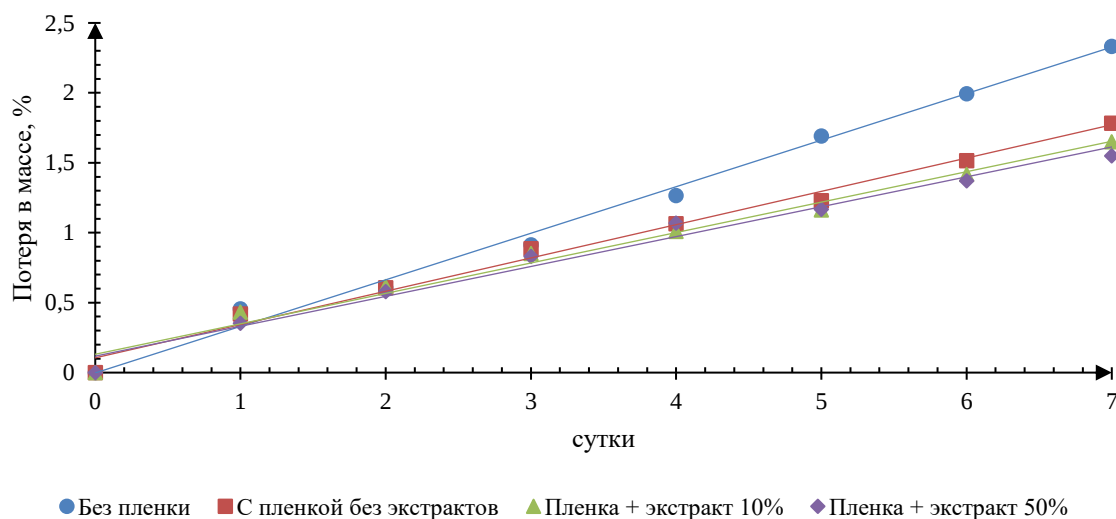


Рис. 5. Потеря в массе у томатов при холодильном хранении

Fig. 5. Weight loss of tomatoes during refrigerated storage

Результаты, представленные в статье, демонстрируют эффективность защитных покрытий на основе экстрактов *Melilotus officinalis* для снижения потери массы томатов при хранении. Эти данные согласуются с результатами исследований других авторов, которые также подтверждают положительное влияние защитных покрытий на сохранность томатов. Например, китайские ученые [19] разработали модифицированные пленки на основе желатина, которые снизили потерю массы томатов с 13,07 % до 8,95 %.

Это свидетельствует о том, что использование покрытий с антимикробными и антиоксидантными свойствами может значительно уменьшить потери массы за счет замедления процессов испарения влаги и подавления роста микроорганизмов. В другом исследовании [20], посвященном томатам черри, было показано, что покрытия на основе желатина и каррагинана также эффективно снижают потерю массы в первые 4-8 суток хранения, при этом толщина пленок варьировалась от 0,11 до 0,14 мм.

Большая потеря массы у непокрытых томатов объясняется прямым воздействием окружающей среды на плоды. Это приводит к интенсивному испарению влаги (транспирации) и активации окислительных процессов, связанных с дыханием плодов. В результате происходит истощение питательных веществ и обезвоживание тканей, что ослабляет естественный иммунитет томатов и создает благоприятные условия для развития микроорганизмов. Защитные покрытия, включая разработанные в данной статье, создают барьер, который замедляет испарение влаги и снижает интенсивность окислительных процессов,

тем самым продлевая срок хранения плодов.

Заключение. Наибольшая эффективность была отмечена у покрытия с добавлением экстрактов: потеря массы при хранении без охлаждения и холодильном хранении составила 5,7 % и 1,7 % соответственно, в то время как у томатов без покрытия эти показатели достигли 7,3 % и 2,3 %. Полученные данные подчеркивают перспективность использования защитных покрытий для увеличения срока хранения томатов и снижения потерь продукции, что особенно актуально для пищевой промышленности и сельского хозяйства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals / O. Alegbeleye [et al.] // Applied Food Research. 2022. Vol. 2, No 1. P. 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122
2. Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications / M. Ramos [et al.] // Coatings. 2016. Vol. 6, No 4. P. 1-20. DOI: 10.3390/coatings6040041
3. Development and preparation of active starch films carrying tea polyphenol / M. Feng [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2018. Vol. 196. P. 162-167. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.05.043
4. Valorisation of Tomato Waste as a Source of Cutin for Hydrophobic Surface Coatings to Protect Starch- and Gelatine-Blend Bioplastics / M. Mroczkowska [et al.] // Biomass. 2024. Vol. 4, No 3. P. 990-1004. DOI: 10.3390/biomass4030055
5. A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialization / J. Alipal [et al.] // Materials Today: Proceedings. 2021. Vol. 42, No 1. P. 240-250. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.922
6. Development of Edible Coating from Gelatin Composites with the Addition of Black Tea Extract (*Camellia sinensis*) on Minimally Processed Watermelon (*Citrullus lanatus*) / S. Sal-sabiela [et al.] // Polymers. 2022. Vol. 14, No 13. P. 2628. DOI: 10.3390/polym14132628
7. Chemical Constituents and Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anti-Tumor Activities of *Melilotus officinalis* (Linn.) Pall / Y.T. Liu [et al.] // Molecules. 2018. Vol. 23, No 2. P. 271. DOI: 10.3390/molecules23020271
8. Al-Snafi A.E. Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Melilotus officinalis* - A Review // Journal of Pharmacy. 2020. Vol. 10, No 1. P. 26-36.
9. A new isoflavane-4-ol derivative from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. / I. Mert [et al.] // Natural Product Research. 2018. Vol. 33, No 13. P. 1856-1861. DOI: 10.1080/14786419.2018.1477152

10. Определение кумарина в *Melilotus officinalis* (L.) Pall. методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Н.К. Аттобрах [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2020. № 3. С. 19.
11. Определение индивидуального кумарина в сухом экстракте донника лекарственного травы / Ароян М.В. [и др.] // Методы анализа лекарственных средств. 2021. Т. 10, № 4. С. 104-107. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-104-107
12. Компонентный состав и антимикробная активность эфирного масла *Melilotus officinalis* (L.) Pall, произрастающего в Узбекистане / Н.К. Усманова [и др.] // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 161-168. DOI: 10.14258/jcprm.20220110514
13. Мулюкин М.А., Ботиров Э.Х. Компонентный состав эфирного масла *Melilotus officinalis*, произрастающего в ХМАО-Югре // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Т. 8, № 4. С. 282-289.
14. Total (poly) phenol analysis by the Folin-Ciocalteu assay as an anti-inflammatory biomarker in biological samples / I. Dominguez-López [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024. Vol. 64, No 27. P. 10048-10054. DOI: 10.1080/10408398.2023.2220031
15. Antioxidant and Antiinflammatory Effects of *Epilobium parviflorum*, *Melilotus officinalis* and *Cardiospermum halicacabum* Plant Extracts in Macrophage and Microglial Cells / S. Merighi [et al.] // Cells. 2021. Vol. 10, No 10. P. 1-13. DOI: 10.3390/cells10102691
16. Sisay M.A., Mammo W., Yaya E.E. Phytochemical studies of *Melilotus officinalis* // Bull. Chem. Soc. Ethiop. 2021. Vol. 35, No 1. P. 141-150. DOI: 10.4314/BCSE.V35I1.12
17. Screening of Six Medicinal Plant Extracts Obtained by Two Conventional Methods and Supercritical CO₂ Extraction Targeted on Coumarin Content, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity and Total Phenols Content / M. Molnar [et al.] // Molecules. 2017. Vol. 22, No 3. P. 1-10. DOI: 10.3390/molecules22030348
18. Алексашина С.А., Макарова Н.В. Сравнительное изучение антиоксидантной активности, фенольных соединений и флавоноидов цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), донника лекарственного (*Melilotus officinalis* L.), листьев смородины (*Ribes Nigrum* Folia), земляники лесной (*Fragaria Vesca* L.), винограда (*Vitis Labrusca*), произрастающих в Самарском регионе // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 153-159. DOI: 10.14258/jcprm.2019034623
19. Development and Characterization of Modified Gelatin-Based Cling Films with Antimicrobial and Antioxidant Activities and Their Application in the Preservation of Cherry Tomatoes / J. Qiao [et al.] // Antioxidants. 2024. Vol. 13, No 4. P. 431. DOI: 10.3390/antiox13040431
20. Impact of *Premna microphylla* Turcz leaf water extracts on the properties of gelatin-carrageenan edible film and its application in cherry tomatoes storage / P.-H. Huang [et al.] // Food Chemistry: X. 2025. Vol. 25. P. 102120. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.102186

REFERENCES

1. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals / O. Alegbeleye [et al.] // Applied Food Research. 2022. Vol. 2, No. 1. P. 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122
2. Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications / M. Ramos [et al.] // Coatings. 2016. Vol. 6, No. 4. P. 1-20. DOI: 10.3390/coatings6040041
3. Development and preparation of active starch films carrying tea polyphenol / M. Feng [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2018. Vol. 196. P. 162-167. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.05.043
4. Valorization of Tomato Waste as a Source of Cutin for Hydrophobic Surface Coatings to Protect Starch- and Gelatine-Blend Bioplastics / M. Mroczkowska [et al.] // Biomass. 2024. Vol. 4, No. 3. P. 990-1004. DOI: 10.3390/biomass4030055

5. A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialization / J. Alipal [et al.] // *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 42, No. 1. P. 240-250. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.922
6. Development of Edible Coating from Gelatin Composites with the Addition of Black Tea Extract (*Camellia sinensis*) on Minimally Processed Watermelon (*Citrullus lanatus*) / S. Sal-sabiela [et al.] // *Polymers*. 2022. Vol. 14, No. 13. P. 2628. DOI: 10.3390/polym14132628
7. Chemical Constituents and Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anti-Tumor Activities of *Melilotus officinalis* (Linn.) Pall / Y.T. Liu [et al.] // *Molecules*. 2018. Vol. 23, No. 2. P. 271. DOI: 10.3390/molecules23020271
8. Al-Snafi A.E. Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Melilotus officinalis* - A Review // *Journal of Pharmacy*. 2020. ol. 10, No. 1. P. 26-36.
9. A new isoflavane-4-ol derivative from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. / I. Mert [et al.] // *Natural Product Research*. 2018. Vol. 33, No. 13. P. 1856-1861. DOI: 10.1080/14786419.2018.1477152
10. Determination of coumarin in *Melilotus officinalis* (L.) Pall. using high-performance liquid chromatography / N.K. Attobrah [et al.] // *AgroEcoInfo*. 2020. No. 3. P. 19. [In Russ.]
11. Determination of individual coumarin in dry extract of sweet clover herb / M.V. Aroyan [et al.] // *Methods of analysis of drugs*. 2021. Vol. 10, No. 4. P. 104-107. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-104-107 [In Russ.]
12. Component composition and antimicrobial activity of *Melilotus officinalis* (L.) Pall essential oil growing in Uzbekistan / N.K. Usmanova [et al.] // *Chemistry of plant raw materials*. 2022. No. 1. P. 161-168. DOI: 10.14258/jcprm.20220110514 [In Russ.]
13. Mulyukin M.A., Botirov E.Kh. Component composition of the essential oil of *Melilotus officinalis* growing in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra // *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2022. Vol. 8, No. 4. P. 282-289. [In Russ.]
14. Total (poly) phenol analysis by the Folin-Ciocalteu assay as an anti-inflammatory biomarker in biological samples / I. Dominguez-López [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64, No. 27. P. 10048-10054. DOI: 10.1080/10408398.2023.2220031
15. Antioxidant and Antiinflammatory Effects of *Epilobium parviflorum*, *Melilotus officinalis* and *Cardiospermum halicacabum* Plant Extracts in Macrophage and Microglial Cells / S. Merighi [et al.] // *Cells*. 2021. Vol. 10, No. 10. P. 1-13. DOI: 10.3390/cells10102691
16. Sisay M.A., Mammo W., Yaya E.E. Phytochemical studies of *Melilotus officinalis* // *Bull. Chem. Soc. Ethiop*. 2021. Vol. 35, No. 1. P. 141-150. DOI: 10.4314/BCSE.V35I1.12
17. Screening of Six Medicinal Plant Extracts Obtained by Two Conventional Methods and Supercritical CO₂ Extraction Targeted on Coumarin Content, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity and Total Phenols Content / M. Molnar [et al.] // *Molecules*. 2017. Vol. 22, No. 3. P. 1-10. DOI: 10.3390/molecules22030348
18. Aleksashina S.A., Makarova N.V. Comparative study of antioxidant activity, phenolic compounds and flavonoids of flowers of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), common sage (*Salvia officinalis* L.), sweet clover (*Melilotus officinalis* L.), currant leaves (*Ribes Nigrum Folia*), wild strawberry (*Fragaria Vesca* L.), grapes (*Vitis Labrusca*) growing in the Samara region // *Chemistry of plant raw materials*. 2019. No. 3. pp. 153-159. DOI: 10.14258/jcprm.2019034623
19. Development and Characterization of Modified Gelatin-Based Cling Films with Antimicrobial and Antioxidant Activities and Their Application in the Preservation of Cherry Tomatoes / J. Qiao [et al.] // *Antioxidants*. 2024. Vol. 13, No. 4. P. 431. DOI: 10.3390/antiox13040431

20. Impact of Premna microphylla Turcz leaf water extracts on the properties of gelatin-carageenan edible film and its application in cherry tomatoes storage / P.-H. Huang [et al.] // Food Chemistry: X. 2025. Vol. 25. P. 102120. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.102186

Информация об авторах / Information about the authors

Мулюкин Максим Александрович, младший научный сотрудник научно-образовательного центра института естественных и технических наук, Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; 628412, Российская Федерация, г. Сургут, пр. Ленина, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7064-2469>, e-mail: mulyukin_ma@surgu.ru

Бараненко Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент университета ИТМО, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»; 197101, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, литер А, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9284-4379>, e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

Петрова Юлия Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии института естественных и технических наук, Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; 628412, Российская Федерация, г. Сургут, пр. Ленина, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3702-2249>, e-mail: petrova_juju@surgu.ru

Сутормин Олег Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии института естественных и технических наук, Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; 628412, Российская Федерация, г. Сургут, пр. Ленина, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9474-0568>, e-mail: sutormin_os@surgu.ru

Maxim A. Mulyukin, Junior Researcher, Scientific and Educational Center, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University; 628412, the Russian Federation, Surgut, 1 Lenin Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7064-2469>, e-mail: mulyukin_ma@surgu.ru

Denis A. Baranenko, PhD (Eng.), Associate Professor of ITMO University, ITMO National Research University; 197101, the Russian Federation, St. Petersburg, 49 Kronverkskiy Prospekt, Building A, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9284-4379>, e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

Yulia Yu. Petrova, PhD (Chemistry), Associate Professor, the Department of Chemistry, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University; 628412, the Russian Federation, Surgut, 1 Lenin Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3702-2249>, e-mail: petrova_juju@surgu.ru

Oleg S. Sutormin, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Chemistry, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University; 628412, the Russian Federation, Surgut, 1 Lenin Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9474-0568>, e-mail: sutormin_os@surgu.ru

Заявленный вклад авторов

Мулюкин М.А. – проведение эксперимента

Бараненко Д.А. – разработка методики исследования и валидация данных

Петрова Ю.Ю. – оформление статьи по требованиям журнала

Сутормин О.С. – подбор литературных источников

Claimed contribution of the authors

Mulyukin M.A. – conducting the experiment

Baranenko D.A. – development of the research methodology and data validation

Petrova Yu.Yu. – article design according to the journal requirements

Sutormin O.S. – selection of literary sources

Поступила в редакцию 30.12.2024

Поступила после рецензирования 31.01.2025

Принята к публикации 05.01.2025

Received 30.12.2024

Revised 31.01.2025

Accepted 05.01.2025

Обзорная статья / Review article

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-69-89>
УДК 637.5'6.032/061



Исследования процесса созревания мяса

Т.А. Мухамедов✉¹, С.М. Мухамедова²

¹Некоммерческое акционерное общество «Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынулы»; г. Костанай Республика Казахстан

²Филиал акционерного общества «Национальный центр повышения квалификации «Өрлеу» Институт профессионального развития по Костанайской области»; г. Костанай Республика Казахстан
✉cheltob@mail.ru

Аннотация. Введение. В данной статье представлен обзор современных исследований, посвящённых различным методам созревания (старения) мяса животных, а также их физико-химическим, сенсорным и микробиологическим характеристикам. **Цель работы.** Анализ современных методов исследования процессов созревания (старения) конины, говядины и мяса ослов. **Методы исследования.** Систематический процесс поиска проводился в базе данных с применением определённых ключевых слов для соответствующих статей с момента их создания до 15 ноября 2024 года. Для более полного охвата соответствующей литературы список ссылок на связанные статьи был изучен вручную. **Результаты.** В статье анализируются результаты экспериментов, выполненных с использованием методов сухого и влажного созревания мяса. Установлено, что выбор метода созревания и рациона питания животных играет ключевую роль в формировании органолептических свойств мяса. Сравнительная оценка различных подходов к созреванию показала, что оптимальные условия хранения и кормления могут значительно улучшить качество мяса, повысив его питательные свойства и вкусовые характеристики, что имеет важное значение для мясной промышленности и потребительских предпочтений. **Заключение.** Анализ современных исследований, посвящённых методам старения мяса, демонстрирует значительное влияние различных факторов на его качество. Метод старения, система кормления и продолжительность выдержки оказывают существенное воздействие на физико-химические и сенсорные характеристики продукта. Сухое и влажное старение, каждое из которых имеет свои уникальные преимущества и недостатки, влияют на содержание питательных веществ, вкус и текстуру. Использование органических кормов дополнительно обогащает мясо ненасыщенными жирными кислотами, что усиливает его пищевую ценность.

Ключевые слова: конина, говядина, мясо ослов, мясо, созревание, методы старения, выдержка, физико-химические характеристики, сенсорные свойства, органолептические качества, системы кормления, сухое старение, влажное старение, жирные кислоты, микробиологические характеристики

Для цитирования: Мухамедов Т.А., Мухамедова С.М. Исследования процесса созревания мяса. *Новые технологии* / *New technologies*. 2025; 21(1):69-89. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-69-89>

Investigation of the meat maturation process

T.A. Mukhamedov¹✉, S.M. Mukhamedova²

¹*Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly;
Kostanay, Republic of Kazakhstan*

²*Branch of the National Center for Advanced Training "Orleu", Institute
of Professional Development in the Kostanay region;
Kostanay, the Republic of Kazakhstan
✉cheltob@mail.ru*

Annotation. Introduction. This article provides an overview of current research on various methods of maturation (aging) of animal meat, as well as their physico-chemical, sensory and microbiological characteristics. The purpose of the work is to analyze modern methods of studying the processes of maturation (aging) of horse meat, beef and donkey meat. **The Research methods.** A systematic search process was conducted in the database using specific keywords for the relevant articles from the moment of their creation until November 15, 2024. For a more complete coverage of the relevant literature, the list of links to related articles was studied manually. **The Results.** The article analyzes the results of experiments performed using the methods of dry and wet maturation of meat. It has been established that the choice of the method of maturation and the diet of animals plays a key role in the formation of organoleptic properties of meat. A comparative assessment of various approaches to maturation has shown that optimal storage and feeding conditions can significantly improve the quality of meat, increasing its nutritional properties and taste characteristics, which is important for the meat industry and consumer preferences. **Conclusion.** An analysis of modern research on meat aging methods demonstrates the significant influence of various factors on its quality. The aging method, the feeding system and the duration of exposure have a significant impact on the physico-chemical and sensory characteristics of the product. Dry and wet aging, each with its own unique advantages and disadvantages, affect the nutrient content, taste and texture. The use of organic feeds additionally enriches the meat with unsaturated fatty acids, which enhances its nutritional value.

Keywords: horse meat, beef, donkey meat, meat, maturation, aging methods, aging, physico-chemical characteristics, sensory properties, organoleptic qualities, feeding systems, dry aging, wet aging, fatty acids, microbiological characteristics

For citation: Mukhamedov T.A., Mukhamedova S.M. Investigation of the meat maturation process. *Novye Tekhnologii / New technologies*. 2025; 21(1):69-89. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-69-89>

Введение. Качество мяса, в особенности конины, играет решающую роль в формировании потребительских предпочтений и обеспечении конкурентных преимуществ на рынке [1, с. 284].

Традиционные и инновационные методы старения мяса оказывают значительное влияние на его органолептические и физико-химические свойства. Анализ существующих данных о воздействии различных методов старения и систем кормле-

ния на качество мяса может стать основой для дальнейших исследований в этой области. Одним из ключевых аспектов является влияние кормления на состав мяса и его метаболические характеристики. Использование травяного корма повышает содержание полезных жирных кислот, улучшая пищевую ценность продукта. Кроме того, изменения микробиологического и реологического профиля мяса в процессе старения необходимо учитывать, так как они затра-

гивают не только качество продукта, но и его безопасность. Оптимизация условий созревания и кормления способствует сохранению как вкусовых, так и питательных свойств мяса, одновременно улучшая здоровье потребителей и поддерживая устойчивое развитие мясной промышленности [2, с. 1151].

Мясо является важным источником питательных веществ и играет незаменимую роль в сбалансированном питании человека. С целью повышения ценности мясной продукции производители активно разрабатывают продукты с добавленной стоимостью, включая преобразование сырого мяса в более стабильный и качественный продукт. Существенное влияние на мясной рынок оказывает изменение потребительских предпочтений, среди которых особой популярностью пользуется выдержка мяса. Процесс автолиза, также известный как созревание мяса, характеризуется посмертным самораспадом мышечных тканей, что приводит к изменениям химического состава, структуры и органолептических свойств мяса под действием эндогенных ферментов. Для созревания мяса применяются два метода: сухое и влажное созревание [3, с. 3].

Цель работы. Анализ современных методов исследования процессов созревания (старения) конины, говядины и мяса ослов.

Методы исследования. Систематический процесс поиска проводился в базе данных с применением определённых ключевых слов в соответствующих статьях с момента их создания до 15 ноября 2024 года. Для более полного охвата соответствующей литературы список ссылок на связанные статьи был изучен вручную.

Результаты. Методы старения. Сухое созревание представляет собой процесс выдерживания мяса или отрубов мяса в аэробных условиях, при котором мясо подвешивается в охлаждаемом помещении в

течение нескольких недель или даже месяцев. Процесс проводят при строго контролируемых параметрах температуры, относительной влажности и циркуляции воздуха [4, с. 20].

Влажное созревание, напротив, происходит в анаэробных условиях: мясо помещают в вакуумную упаковку и выдерживают при контролируемой температуре [5, с. 21].

Органолептические качества. На вкусовые характеристики мяса влияют условия созревания (влажное и сухое созревание). В настоящее время метод сухого созревания набирает популярность в Восточной и Юго-Восточной Азии. [6, с. 20].

Процесс сухой выдержки осуществляется в специализированных камерах с оптимальной температурой и влажностью, что способствует улучшению текстуры мяса и усилению его вкусовых качеств. Мясные отрубы подвергаются воздействию микроклимата камеры, будучи подвешенными или разложенными на стеллажах [7, с. 12; 8, с. 89].

На сегодняшний день широко известны исследования, направленные на выявление летучих соединений в мясе и изучение их вклада в формирование вкуса варёного мяса. Однако, несмотря на рост потребления мяса, сравнительный анализ качества продуктов, полученных благодаря сухому и влажному созреванию, был рассмотрен лишь в ограниченном числе работ [9, с. 11; 10, с. 184; 11, с. 365].

Качество мяса, особенно конины, играет ключевую роль в производственной цепочке, определяя потребительские характеристики и конкурентоспособность продукции. Одним из важнейших факторов, влияющих на параметры, является процесс созревания. В рамках исследований авторов [12, с. 10] был проведён сравнительный анализ органолептических показателей и содержания саркоплазматиче-

ских белков в трёх мышцах лошади: поясничной, полуперепончатой и полусухожильной. Работа охватывала различные временные интервалы созревания – 1, 3, 6, 9 и 14 дней. Результаты показали, что поясничная мышца отличается наименьшими показателями твёрдости и жевательности, что подтверждает её более высокую нежность по сравнению с другими исследованными мышцами. В процессе созревания наблюдалось постепенное снижение твёрдости полусухожильной мышцы, достигающее минимального значения на 14-й день, что указывает на положительное влияние времени выдержки на текстуру мяса. Различия в миофибриллярных, гликолитических и митохондриальных белках, выявленные после 14 дней, открывают перспективы их использования в качестве резервных биомаркеров для посмертных процессов и оценки качества конины. Данные подтверждают необходимость углублённого анализа молекулярных изменений, происходящих в процессе созревания, что способствует совершенствованию технологий обработки и повышению потребительских характеристик. Таким образом, результаты исследований могут быть применены для оптимизации процесса созревания конины и улучшения органолептических свойств.

Современные исследования акцентируют внимание на влияние различных методов хранения мяса на его качество. В частности, в работе [13, с. 11] установлено, что вакуумная выдержка значительно замедляет окисление липидов, способствуя сохранению пищевой ценности мяса. Согласно данным исследований, оптимальная продолжительность этого процесса составляет 6-9 дней после убоя. В указанный период наиболее эффективно формируются органолептические характеристики, что делает данный подход особенно важным для производителей, нацеленных на улучшение качества своей продукции.

В работе [14, с. 10] проведён анализ химического состава и физических свойств мяса ослы, а также его профиля жирных кислот и летучих соединений. Результаты показывают, что высокая температура не оказывает значительного влияния на химический состав и цветовые параметры мяса. Однако было установлено, что потери при варке значительно увеличивались при 8- и 15-дневной выдержке, что может свидетельствовать о формировании текстуры и нежности мяса. Таким образом, данные исследования учитывают метод выбора оптимального режима созревания для достижения лучших качественных показателей мяса. Вакуумная выдержка представляет собой перспективный метод, способствующий сохранению пищевых свойств и стабильным органолептическим характеристикам. Однако необходимо учитывать возможные изменения в составе белков и их влияние на качество продукта.

Исследования [15, с. 58], направленные на анализ воздействия вакуумной температуры на мясопродукты, показали значительные изменения в летучих соединениях, окислительном профиле и сенсорных характеристиках продукта. Вакуумное регулирование продемонстрировало тенденцию замедления охлаждения. Тем не менее в ходе исследований было установлено, что происходит окисление и деградация белков. Такие процессы оказывают влияние на образование летучих соединений, что, в свою очередь, может отразиться на сенсорной оценке качества мяса. Таким образом, результаты показывают, что вакуумная температура является перспективным методом, который может обеспечить стабильное качество мяса. Однако необходимо учитывать возможные изменения в составе белков и их влияние на органолептические характеристики конечного продукта. Подчёркивается необходимость проведения исследований для оптимизации условий вакуумной температуры и повышения качества мяса.

Известно, что в работе [16, с. 164] в ходе оценки изменений нежности конины в процессе посмертного созревания с использованием папаина, бромелайна и грибковой протеазы под воздействием ферментов происходит деградация мышечных волокон, перимизия и эндомизия. В процессе созревания наблюдается увеличение количества фрагментов мышечных волокон, что способствует улучшению нежности и качества пищевых продуктов из конины.

Сенсорные исследования авторов [17, с. 10], изучавших влияние температуры на запах варёного мяса, показали, что длительный период созревания способствует появлению насыщенных и приятных ароматов.

Исследования авторов [18, с. 129] потребительской оценки, посвящённой влиянию выдержки (0, 7, 14 и 21 день) на органолептические характеристики мяса испано-бретонских жеребят при влажной выдержке, показали, что мясо, выдержанное в течение 7 дней, получило более высокие оценки по вкусовой и визуальной приемлемости по сравнению с несозревшим мясом. При этом более длительные периоды выдержки не улучшали потребительскую приемлемость.

Последние исследования [19, с. 272] были направлены на анализ изменений миофибрилярного субпротеома стейков, полученных из длиннейшей грудной и поясничной мышцы испано-бретонских лошадей. Основная цель работы заключалась в увеличении доли нежного мяса для улучшения его потребительских характеристик. В ходе исследования использовались 24 стейка, которые хранились в условиях темноты и вакуумной упаковки при температуре 4°C с выдержкой в течение 0, 7, 14 и 21 дня. По завершении процесса выдержки была проведена экстракция миофибрилярного субпротеома. Метод двухмерной дифференциальной геля - электрофореза позволил выявить 35 белковых пятен, что

свидетельствует об изменении их содержания в зависимости от периода выдержки. Из них 24 пятна были идентифицированы с использованием жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией, что позволило определить 29 конечных соединений, включающих структурные и метаболические компоненты. Для более глубокого анализа были выбраны четыре белка: актин, тропонин Т, а также миозин-связывающие белки 1 и 2. Результаты вестерн-блот-анализа указали на изменения в составе этих белков в зависимости от продолжительности выдержки, подтверждая их значимость в процессе тендеризации мяса. Кроме того, было отмечено увеличение количества фрагментов определённых белков, таких как глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа, что подчеркивает их роль в четвёртом этапе улучшения нежности конины. Данные акцентируют внимание на необходимость дальнейшего изучения миофибрилярного субпротеома для понимания факторов, влияющих на качество мяса, что открывает перспективы разработки более эффективных технологий обработки и хранения.

Соблюдение условий хранения мяса является основой обработки, оказывающей влияние на его органолептические и текстурные характеристики. Исследования [20, с. 188] выявили, что изменения в содержании белков в процессе созревания конины могут использоваться как индикаторы нежности мяса. В частности, было установлено, что содержание лёгкой цепи миозина I, фрагмента миозин-связывающего белка С, а также тропонинов Т и I и их фрагментов изменяется в зависимости от возраста животного. Наблюдения подтверждают ранее предложенные гипотезы о значении указанных механизмов в формировании нежности конины, обосновывая их актуальность для дальнейшего изучения.

Обобщая полученные данные, можно утверждать, что дальнейшее исследование

биохимических изменений, происходящих в процессе созревания конины, позволит лучше понять механизмы, влияющие на нежность мяса. Такой подход, в свою очередь, способен стимулировать создание инновационных методов повышения качества мясной продукции и её потребительских характеристик.

Пищевая ценность. Мясо лошади, обладающее высокой питательной ценностью, представляет собой важный компонент сбалансированного рациона. В последние годы наблюдается рост интереса к конине как источнику белка, особенно к методам, направленным на повышение её качества и потребительских характеристик. В данном обзоре авторы [21, с. 11] представляют результаты исследования, посвящённого химическому и жирнокислотному составу стейков, выдержанных в течение длительного времени. Особое внимание уделено влиянию вакуумной выдержки (0, 7, 14 и 21 день) на различные параметры качества мяса. Результаты исследования показывают, что содержание полиненасыщенных жирных кислот $n-3$ в мясе лошадей значительно выше, чем в мясе жвачных животных, что подчёркивает его высокую биологическую ценность. В процессе выдержки были зафиксированы значительные изменения визуальных характеристик мяса: на 14-й день цвет стабилизировался, что может свидетельствовать о завершении процесса окисления и улучшении презентации продукта. Улучшение нежности мяса отмечалось в течение первых двух недель выдержки. Исследование на силу сдвига, проведённое по методу Уорнера-Братцлера, показало, что мясо, выдержанное 7 дней, может быть классифицировано как обладающее промежуточной нежностью. На основании полученных данных авторы предполагают, что оптимальная продолжительность выдержки конины составляет от 7 до 14 дней. Результаты работы открывают новые перспективы для производителей

мясной продукции и переработчиков, позволяя создавать более качественные и востребованные продукты.

В последние годы изучение пищевого состава мяса ослов и лошадей привлекло внимание учёных и диетологов благодаря его ценности в рациональном питании человека. В рамках исследования, проведённого авторами [22, с. 12], оценивалось влияние 14-дневной вакуумной выдержки на содержание жирных кислот, аминокислот и холестерина в мясе этих животных. Результаты показывают, что полуперепончатая мышца как у ослов, так и у лошадей характеризуется более стабильными уровнями полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). В то же время в длинной мышце спины лошади выявлено повышенное содержание мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) и насыщенных жирных кислот (НЖК), а также более низкий уровень холестерина по сравнению с мясом ослов. Процесс созревания мяса ослов приводит к изменениям, включающим увеличение содержания МНЖК и снижение уровня ПНЖК к завершению 14-дневного периода выдержки. Кроме того, наибольшее количество незаменимых аминокислот было обнаружено в полуперепончатой мышце у лошадей и в длинной мышце спины у ослов. Таким образом, результаты исследования показывают, что мясо лошадей, обладающее стабильными питательными свойствами, может служить полезной альтернативой традиционному красному мясу.

Полученные данные играют ключевую роль в разработке рационов питания, составлении диетических рекомендаций и направлении дальнейших исследований в области мясной науки.

Качество мяса. Качество мяса является одним из ключевых факторов, влияющих на его потребительскую привлекательность и пищевую ценность. В исследовании, проведённом авторами [23, с. 12],

изучалось влияние различных методов упаковки и времени выдержки на качество 36 образцов длиннейшей мышцы поясницы от 18 быков-буйолов (*Bubalus bubalis*). Образцы мяса упаковывали тремя способами: в модифицированную газовую среду, вакуумную упаковку и кислород проницаемую упаковку на 1-й день, после чего выдерживали в течение 7 дней. В ходе анализа рассматривались такие параметры, как цвет мяса, потери при приготовлении, сила сдвига по методу Уорнера-Братцлера, содержание тиобарбитуровой кислоты и общего летучего азота. Результаты показали, что модифицированная газовая среда обеспечивает наиболее предпочтительные цветовые характеристики (CIE L*, C* и a*). Однако для этой среды были зафиксированы более высокие значения силы сдвига и содержания тиобарбитуровой кислоты. Мясо, выдержанное в течение 7 дней, демонстрировало улучшенные цветовые показатели, более нестабильные потери при приготовлении и более низкие значения силы сдвига по сравнению со свежим мясом. На основании полученных данных сделан вывод, что модифицированная газовая среда способствует сохранению цветовых характеристик, однако вакуумная упаковка и увеличение времени выдержки оказываются наиболее эффективными для снижения силы сдвига.

Процесс старения мяса представляет собой важную стадию его обработки, определяющую текстурные, вкусовые и потребительские свойства. Авторы исследования [24, с. 30] провели сравнение двух подходов к старению филе коров Hanwoo в течение 28 дней: классическое сухое старение и технология сухого старения в мешке для выдержки. Результаты исследования показали незначительные различия в химическом составе, уровне аэробных порч, показателях силы сдвига, содержании инозин-5-монофосфата и аминокислот между изучаемыми методами. Сухое старение в

мешке продемонстрировало сохранение мягкости, вкуса и общей приемлемости благодаря использованию метода стабилизации. Однако старение в мешке сопровождалось более высокой доходностью. Анализ полученных данных позволяет заключить, что старение в мешке представляет собой достойную альтернативу традиционному методу. При этом оно становится предпочтительным стандартом для низко мраморной говядины благодаря высокому выходу товарной продукции.

Срок хранения мяса является важным фактором, определяющим его качество и безопасность. В исследовании [25, с. 37] были определены оптимальные условия хранения говядины Hanwoo 1 сорта, включающей поясницу, стриплойну, вырезку и верхнюю круглую мышцу, при выдержке в течение 0, 7 или 14 дней и заморозке на 0, 3, 6 или 9 месяцев. Результаты исследования показали, что после срока хранения в морозильной камере значения светлоты (CIE L*) существенно снижались. Водоудерживающая способность всех четырёх экспериментальных мышц увеличивалась при заморозке в течение трёх месяцев, однако потери при приготовлении возрастали с увеличением срока заморозки, что свидетельствует о возможных нарушениях качества мяса. Значения силы сдвига, определённые методом Уорнера-Братцлера, снижались в пояснице, стриплойне и верхней круглой мышце с увеличением времени выдержки. Кроме того, содержание летучего основного азота и тиобарбитуровых активных веществ значительно возрастало после девяти месяцев заморозки и четырнадцати дней выдержки. На основании полученных данных рекомендуется, чтобы срок хранения говядины Hanwoo 1 сорта при реализации не превышал девяти месяцев при температуре -18°C, особенно после 14 дней выдержки при 2°C, для сохранения оптимального качества продукта.

Исследование [26, с. 36] было направлено на оценку качества и сенсорных

характеристик двенадцати основных отрубов мяса, взятого от десяти быков породы Hanwoo возрастом 25-32 месяца. Отрубы мяса упаковывали в вакуумную упаковку и выдерживали при температуре 2 °C на протяжении 0, 7, 14 и 21 дня. Анализ показал существенные изменения в содержании белка, коллагена и внутримышечного жира, которые варьировались в зависимости от конкретного отруба. С увеличением времени выдержки было зафиксировано повышение светлоты (CIE L) для таких отрубов, как вырезка, корейка, рулет, верхняя часть выреза и глазок круглой мышцы. В то же время изменения цветовых характеристик (CIE a* и b*) в большинстве отрубов не были статистически значимыми, за исключением вырезки, что указывает на различия в их визуальных свойствах.

Исследования [27, с. 12] различных методов выдержки мяса показали, что условия выдержки оказывают существенное влияние на его качество. При сухом старении наблюдались более значительные потери массы во время процесса старения и повышение содержания малонового диальдегида, в то время как влажное старение характеризовалось большими потерями массы при приготовлении. Примечательно, что такие параметры, как потери каплей и цветовые характеристики, не претерпели статистически значимых изменений между методами выдержки. Оценка текстуры выявила улучшение мягкости продукта, что было зафиксировано на основании показателей силы сдвига и текстурного профиля, независимо от используемого метода выдержки. Микробиологический профиль остался стабильным, что свидетельствует о возможности применения как сухого, так и влажного методов для улучшения качества мяса в зависимости от предпочтений конечных потребителей.

Исследования [28, с. 865], посвящённые влиянию типа животного (быков, коров и молодых бычков) на качество туши,

текстурные свойства и органолептические характеристики говядины Hanwoo, выявили значительные различия, связанные с процессом посмертного выдерживания. Образцы длиннейшей мышцы спины анализировались на третий и двадцать первый день выдерживания. В ходе эксперимента измеряли такие показатели, как pH, цвет, потери при приготовлении, содержание жирных кислот, уровень тиобарбитуровой кислоты, силу сдвига по методу Уорнера-Братцлера и текстурные характеристики. Результаты показали, что мясо коров и молодых бычков отличалось более высокой степенью мраморности, большим выходом, высокими показателями роста и меньшей твёрдостью по сравнению с мясом быков. В то же время мясо быков демонстрировало более низкие потери при приготовлении, повышенную концентрацию тиобарбитуровой кислоты и стабильные показатели силы сдвига, что отразилось на его большей твёрдости и снижении таких характеристик, как нежность, сочность и вкус. Кроме того, мясо быков содержало больше полиненасыщенных и меньше мононенасыщенных жирных кислот. Увеличение времени выдерживания улучшило нежность мяса во всех группах, однако наиболее выраженный эффект наблюдался у мяса быков. Результаты подчёркивают значительное влияние посмертного выдерживания на физико-химические и органолептические свойства говядины Hanwoo, особенно в отношении улучшения нежности мяса быков.

Исследование [29, с. 45] посвящено изучению влияния влажного вызревания на качественные параметры мяса быков-буйволов, с акцентом на длиннейшую мышцу поясницы и среднюю ягодичную мышцу. Анализ проводился на 0-й, 7-й, 14-й, 21-й, 28-й и 35-й день выдерживания, что позволило отследить динамику ключевых показателей: pH, цветовые характеристики, содержание метмиоглобина, потери при

варке, водоудерживающую способность, индекс фрагментации миофибрилл, силу сдвига по методу Уорнера-Братцлера и сенсорные качества. Результаты показали, что значения pH, красноты (a^*), желтизны (b^*), цветности (C^*) и содержания метмиоглобина увеличивались, тогда как светлота (L^*) и угол оттенка (h^*) оставались неизменными. С течением времени наблюдались рост потерь при варке и снижение водоудерживающей способности. Индекс фрагментации миофибрилл возрастал, а сила сдвига уменьшалась, что коррелировало с улучшением сенсорных характеристик. Оптимальные значения цвета, нежности и сенсорных качеств достигались к 28-му дню выдерживания для длиннейшей мышцы поясницы и к 21-му дню для средней ягодичной мышцы, что указывает на необходимость различной длительности выдерживания для улучшения текстурных и сенсорных качеств этих мышц.

Исследования [30, с. 17] влияния методов и сроков созревания на цветовые характеристики конины показали значительные различия. По показателю светлоты (L^*) наблюдались различия между кониной сухого и влажного созревания на всех этапах. Показатель красноты (a^*) постепенно увеличивался в течение процесса созревания. Различия в показателе синевы (b^*) также варьировались в зависимости от сроков выдержки. Общие цветовые изменения (ΔE^*) подтвердили заметное влияние метода созревания на цветовые характеристики конины.

Микробиология / упаковка. В исследовании [31, с. 105] изучалось микробное разнообразие и его влияние на качество мяса при сухом старении, проводимом в контролируемых условиях на протяжении 40–60 дней. В течение первых 50 дней было зафиксировано увеличение общего количества мезофильных микроорганизмов и молочнокислых бактерий, что свидетельствовало об активном развитии микробной

флоры. При этом патогенные микроорганизмы и колиформные бактерии не были обнаружены. Однако присутствие грибов, включая дрожжи и плесени, подтверждало высокое разнообразие микробной экосистемы. Вредные дрожжи и плесени, такие как *Candida spp.*, *Cladosporium spp.* и *Rhodotorula spp.*, выявлялись на начальном этапе старения, но исчезали по мере увеличения срока выдерживания. В то же время наблюдалось увеличение количества грибов *Penicillium camberti* и *Debaryomyces hansenii*, которые традиционно используются в производстве сыра и могут положительно влиять на вкусовые качества мяса. Таким образом, изменения в микробном составе сухой выдержки оказывают значительное влияние на качество и безопасность говядины, а грибы играют ключевую роль в формировании вкусовых характеристик продукта.

В исследовании [32, с. 22] сухая выдержка говядины рассматривается как процесс хранения неупакованных кусков высококачественного мяса в контролируемых условиях в течение 90 дней. Основная цель этого процесса заключается в улучшении вкусовых и текстурных характеристик продукта. В рамках исследования анализировались микробиологические, физико-химические и сенсорные параметры двенадцати образцов говяжьей корейки на разных этапах созревания. Пробы корки и мяса отбирались для анализа на 1-й, 14-й, 21-й, 35-й, 60-й и 90-й дни. Результаты исследования показали, что патогенные бактерии не были выявлены, хотя средний уровень микробного загрязнения оказался выше в корке по сравнению с мясом. Также было зафиксировано незначительное снижение активности воды и увеличение показателя pH с увеличением срока выдержки. Низкий уровень микробного загрязнения и сохранение свежести мяса подчёркивают значимость инновационных подходов к правилам производства и хранения, приме-

няемым на этапе сухой выдержки, что способствует обеспечению безопасности и высокому качеству конечного продукта.

В работе авторов [33, с. 9] изучалось влияние различных методов старения говядины, включая четыре типа влагопроницаемой упаковки, а также влажное и сухое старение, на физико-химические свойства мяса. Установлено, что с увеличением влагопроницаемости упаковки и продолжительности старения (0, 7 и 14 дней) наблюдался рост потерь массы, а также увеличение количества аэробных микроорганизмов, дрожжей и плесени. Одновременно фиксировалось снижение значений силы сдвига, твёрдости, когезионности и жевательной способности. В образцах, подвергнутых сухому старению, было отмечено уменьшение значений яркости (L^*) и желтизны (b^*), а также снижение содержания воды после 7 и 14 дней. Индекс фрагментации миофибрилл оказался выше в образцах сухого старения по сравнению с образцами, упакованными во влагопроницаемую упаковку. Установлено, что процентное содержание связанной и свободной воды снижалось с увеличением влагопроницаемости упаковки. Влагопроницаемая упаковка продемонстрировала эффективность в контроле потерь воды и снижении микробного загрязнения по сравнению с сухим старением. Изменения в индексе фрагментации миофибрилл и распределении воды подчёркивают значительное влияние влагопроницаемой упаковки на структуру миофибрилл и физико-химические свойства мяса.

Исследование [34, с. 11] описывает сухую выдержку мяса как важный процесс, направленный на повышение органолептических характеристик и улучшение вкусовых качеств продукта. В рамках работы была проанализирована кинетика изменений характеристик мышц в зависимости от времени выдержки для оптимизации качества мяса и минимизации потерь массы.

Сенсорные параметры 32 образцов длинной мышцы спины (*Longissimus thoracis*) оценивались на интервалах 7, 16, 35 и 60 дней выдержки. Результаты показали, что содержание сухого вещества увеличивалось с ростом времени выдержки, сопровождаясь умеренным повышением уровня pH. Яркость мяса стабилизировалась к 14-му дню, тогда как показатели красноты (a^*) и желтизны (b^*) продолжали снижаться до 35-го дня. Кроме того, было выявлено изменение содержания железа в процессе выдержки. Прочность сырого мяса уменьшалась до 35-го дня, однако различия в мягкости между образцами нивелировались в процессе приготовления.

В исследовании, проведённом авторами [35, с. 37], изучалось влияние различных методов старения (сухого и влажного) и продолжительности процесса (20-40 дней) на физические, механические и сенсорные характеристики двух мышц: верхней части и голени. Для анализа использовался электронный язык как инструмент исследования вкусовых характеристик. Результаты показали, что ни тип ткани, ни метод старения не оказали значительного влияния на содержание влаги в образцах. Однако сухое старение значительно снижало силу сдвига по сравнению с влажным методом, что указывало на улучшение текстурных свойств мяса. Кроме того, было выявлено, что говядина, подвергнутая сухому старению, содержала меньше жирных кислот, что, вероятно, связано с процессами деградации тканей. Сухое старение голени способствовало увеличению содержания свободных аминокислот по сравнению с верхней частью, что, в свою очередь, может улучшать вкусовые качества. Использование электронного языка подтвердило, что сухое старение усиливает вкусовые характеристики, по сравнению с влажным старением. Более того, сухое старение оказывало более значительное влияние на вкусовые качества голени, чем верхней части.

Таким образом, результаты исследования подчёркивают значимость выбора методов и продолжительности старения для оптимизации текстурных и вкусовых характеристик говядины.

В исследовании, проведённом авторами [36, с. 3250], изучалось влияние быков породы Nellore на генетическое наследие 475 молодых некастрированных самцов, происходящих от 54 быков. Внимание было сосредоточено на таких характеристиках, как масса туши, площадь рёбер, мраморность, цвет, потери влаги, потери при варке и усилие сдвига в течение 0, 7 и 14 дней выдержки. Результаты анализа показали значительное влияние на площадь рёбер, толщину жировой прослойки и мраморность. Было также зафиксировано влияние капельных потерь на 14-й день выдержки, а показатели цвета мяса изменялись на всех временных этапах. Данные подчёркивают важность отбора быков с высокой племенной ценностью, что может существенно улучшить характеристики и общее качество мяса. Таким образом, результаты исследования подчёркивают инновационный потенциал генетического подхода в мясном скотоводстве. Они демонстрируют возможности повышения качества продукции путём применения грамотных селекционных методов.

В ряде исследований [37, с. 12] изучалось влияние методов сухого и влажного вызревания на микробный профиль и физико-химические характеристики бычьей корейки, полученной от двух пород: фризских отбракованных коров и коров породы Сардо-Бруна. В рамках анализа оценивались аэробные мезофильные колонии, *Enterobacteriaceae*, мезофильные молочнокислые бактерии, *Pseudomonas*, а также плесени, дрожжи и такие патогенные микроорганизмы, как *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* и *Yersinia enterocolitica*. Кроме того, исследовались

показатели pH и активность воды в образцах мяса. Микробный профиль анализировался как с внутренних частей мяса, так и с его поверхности на 1-й, 7-й, 14-й и 21-й день выдерживания, а для коров породы Сардо-Бруна – также на 28-й и 35-й дни. Результаты исследования показали, что влажное вызревание более эффективно контролировало уровень *Pseudomonas spp.*, обеспечивая статистически значимо более низкие значения по сравнению с сухим вызреванием, особенно на более поздних стадиях. На 21-й день количество аэробных колоний и *Pseudomonas* в мясе, подвергнутом сухому вызреванию фризских коров, значительно превышало соответствующие значения в мясе, прошедшем влажное вызревание для обеих пород. В то же время уровень молочнокислых бактерий при влажном вызревании оставался низким.

Другие наблюдения [38, с. 12] показали, что уровень pH мяса после сухого вызревания был значительно выше, тогда как активность воды оставалась стабильной для обоих методов.

Результаты подчёркивают критическую важность соблюдения строгих гигиенических норм на всех этапах мясопереработки, что играет ключевую роль в обеспечении качества и безопасности конечного продукта.

Системы кормления. Исследования [39, с. 99], посвящённые влиянию кормления с добавлением райграса на физические и реологические характеристики мяса быков-буйволов при сухом старении, сосредоточились на изменениях цвета и текстуры, которые играют ключевую роль в органолептических свойствах продукта. В исследовании приняли участие 16 быков, чьи полусухожильные и длинные мышцы подвергались сухому старению в течение 30 и 60 дней соответственно. Результаты показали значительные различия в сохранении цвета мяса на 30-й день старения у

группы животных, получавших корм с добавлением райграса. В то же время у животных, в рационах которых райграсс не использовался, изменений в цвете не наблюдалось. Диета с добавлением райграса также обеспечивала стабильные текстурные характеристики на ранней стадии старения (30 дней), включая показатели твёрдости, жевательности и липкости. На поздних этапах старения (до 60 дней) изменения продолжали положительно влиять на качество мяса, способствуя снижению напряжения, хотя для полусухожильных мышц отмечалось избыточное уплотнение, что затрудняло их обработку. Данные результаты подчёркивают значимость обогащения рациона райграссом как эффективный способ улучшения характеристик мяса буйволов. Совмещение такого подхода с правильным выбором сроков сухого старения обеспечивает высокое качество готового продукта, особенно в части улучшения нежности и визуальной привлекательности.

В исследованиях [40, с. 1169], посвящённых влиянию сухой выдержки на мясо бычков породы Hanwoo, был проведён анализ физиологических, питательных и микробиологических изменений, характерных для средней ягодичной и подостной мышц. Установлено, что 28-дневный процесс сухой выдержки привёл к изменениям ключевых параметров, включая содержание белка и способность мяса сохранять структурную целостность. Визуальные и химические отличия между выдержанными и невыдержанными образцами выражались в повышенном уровне pH и более тёмном окрасе подостной мышцы после выдержки. Также были зафиксированы изменения содержания жира и основных цветовых показателей, таких как CIE a*. С точки зрения окислительных процессов, в подостной мышце наблюдались значительно более высокие показатели тиобарбитуровой кислоты, что свидетельствовало об активном

накоплении продуктов окисления липидов, типичных для длительного старения. Процесс сухой выдержки способствовал образованию насыщенных, моновенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, включая олеиновую кислоту (C18:1), которая была более выражена в средней ягодичной мышце. Кроме того, содержание триптофана в средней ягодичной мышце оказалось вдвое выше, что отражалось на вкусовых характеристиках мяса. С микробиологической точки зрения, в подостной мышце зафиксировано увеличение общего числа мезофильных бактерий, однако патогены, такие как *Salmonella spp.*, не были обнаружены, что подтверждает безопасность продукта при соблюдении санитарных норм. Таким образом, результаты исследования показывают, что 28-дневное сухое старение улучшает потребительские характеристики мяса. Средние ягодичные мышцы обладают более высокой окислительной стабильностью и сбалансированным составом по сравнению с подостной мышцей, что делает их предпочтительными с точки зрения качества готового продукта.

Другими авторами [41, с. 89] было проведено исследование, в котором анализировалось воздействие длительной выдержки, продолжающейся до 290 дней, на микробиологические, реологические и физико-химические свойства поясничной мышцы груди. Результаты показали, что длительная выдержка позволяет сохранить продукцию пригодной для транспортировки, одновременно улучшая показатели её качества. Стандартизированные условия сухого старения обеспечивают эффективный контроль переработки липидов, предотвращая нежелательные изменения, которые обычно возникают при длительном хранении. Кроме того, установлено, что этот метод значительно повышает нежность мяса, подчёркивая потенциал долгосрочного старения для достижения более благоприятных текстурных и органо-

лептических свойств. Таким образом, исследование динамики длительного старения при оптимальных условиях демонстрирует возможность значительного улучшения ключевых параметров качества мяса.

Исследования [42, с. 67], направленные на анализ изменений в длинной мышце спины и приводящих мышцах гибридной говядины вагю (смесь японской чёрной породы и голштинско-фризской), показали, что влажное старение до 40 дней в холодильных условиях способствует углублению вкусовых характеристик, которые связаны с насыщенностью вкуса и текстурой мяса. Результаты газовой хроматографии-масс-спектрометрии продемонстрировали значительные изменения метаболических профилей: в поясничной мышце увеличились уровни 94 метаболитов и уменьшились 24, тогда как в круглой мышце увеличились 91 метаболит и снизились 18. Изменения подтверждают, что процесс влажного старения стимулирует метаболическую активность, направленную на улучшение вкусовых характеристик. В частности, отмечено увеличение содержания глутаминовой кислоты, что усиливает вкусовые качества. При этом изменялись уровни креатинина и инозина, способствуя богатству вкуса.

Авторами установлено [43, с. 39], что повышение уровня предельных жирных кислот, в частности линолевой кислоты, оказывает значительное влияние на формирование аромата и текстуры, связанное с изменениями в аминокислотном профиле. Данные подтверждают, что влажное созревание является эффективным методом улучшения органолептических характеристик говядины за счёт концентрации микроэлементов и жирных кислот, оказывающих синергетическое воздействие на качество конечного продукта. Исследование продемонстрировало влияние методов производства (традиционного или органиче-

ского), уровня потребления травы и периода выдержки на характеристики говядины. Установлено, что увеличение потребления травы снижает окисление жиров и повышает содержание n-3 и насыщенных жирных кислот, что благоприятно для здоровья. Однако это также приводит к увеличению начальной силы сдвига по Уорнеру-Братцлеру и остаточной жёсткости при жевании, что указывает на изменения текстуры мяса. Органические образцы говядины показали более высокое содержание внутримышечного жира и сниженное содержание влаги и мононенасыщенных жирных кислот, что влияет на тёмный цвет мяса и сниженные вкусовые качества. В группе, питавшейся фуражом, органические образцы выделялись высоким содержанием n-3 жирных кислот и конъюгированной линолевой кислоты, а также выраженным цветом, плотностью, запахом и вкусом. Увеличение периода выдержки до 14 дней значительно улучшило органолептические характеристики мяса, особенно в группе с кормлением фуражом, придавая продукту оптимальные физико-химические, питательные и сенсорные свойства. Результаты подчёркивают потенциал органического и фуражного кормления для повышения качества мяса при контролируемом процессе выдержки.

В исследованиях [44, с. 98], направленных на изучение уровня оксигенации миоглобина перед заморозкой и влияния продолжительности хранения на цвет замороженной говядины, использовались стейки из корейки, подвергавшиеся различным условиям. Условия варьировались в зависимости от уровня оксигенации миоглобина (дезоксигенированные, оксигенированные и сильно оксигенированные), времени выдержки (4 или 20 дней) перед заморозкой, а также фасовки в проницаемую для кислорода или непроницаемую плёнку и последующего хранения при темпера-

туре -5°C до 6 месяцев. Результаты исследования подтвердили, что оксигенация миоглобина играет ключевую роль в сохранении цвета мяса. Стейки с высокой оксигенацией демонстрировали более высокие значения параметра CIE a*, указывающего на интенсивно красный цвет, по сравнению с дезоксигенированными и оксигенированными образцами. Более того, сильно оксигенированные стейки, выдержанные в течение 4 дней, сохраняли насыщенный цвет на протяжении всего срока хранения, что подчёркивает преимущества такого подхода для повышения визуальной привлекательности мяса. Однако длительная выдержка, особенно 20-дневная, и замораживание приводили к изменению цвета и усилению окисления липидов, что требует оптимизации условий хранения для минимизации негативных последствий. Стейки с высокой оксигенацией, подвергаемые длительному хранению, демонстрировали обесцвечивание и повышенные уровни окислительных изменений, что может негативно сказаться на органолептических характеристиках мяса.

Результаты подчёркивают необходимость строгого контроля условий хранения

и технологий производства для сохранения качественных характеристик и визуальной привлекательности мяса.

Заключение. Анализ современных исследований, посвящённых методам старения мяса, демонстрирует значительное влияние различных факторов на его качество. Метод старения, система кормления и продолжительность выдержки оказывают существенное воздействие на физико-химические и сенсорные характеристики продукта. Сухое и влажное старение, каждое из которых имеет свои уникальные преимущества и недостатки, влияют на содержание питательных веществ, вкус и текстуру. Использование органических кормов дополнительно обогащает мясо ненасыщенными жирными кислотами, что усиливает его пищевую ценность.

Выводы подчёркивают необходимость дальнейших исследований в данной области, а также важность внедрения полученных знаний в практику мясной промышленности. Устойчивое развитие данной отрасли требует оптимизации производственных процессов, что, в итоге, способствует повышению качества и безопасности мяса, удовлетворяя растущие запросы потребителей.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухамедов Т.А., Сакен А.К. Анализ развития коневодства и динамики производства конины в Республике Казахстан // АПК России. 2023. Т. 30, № 2. С. 284-289. DOI: 10.55934/2587-8824-2022-30-2-284-289
2. Aging mechanism for improving the tenderness and taste characteristics of meat / S-T. Joo [et al.] // J AnimSci Technol. 2023. Vol. 65(6). P. 1151-1168. DOI: 10.5187/jast.2023.e110
3. Кудряшов Л.С. Автолиз мяса. Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/c/avtoliz-miasa-3fcbf4/?v=8779308>. дата обращения 09.06.2024
4. Dry aging of beef; Review / D. Dashdorj [et al.] // J AnimSci Technol. 2016. Vol. 58. P. 20. DOI: 10.1186/s40781-016-0101-9

5. Microbiological safety of aged meat / K. Koutsoumanis [et al.] // EFSA J. 2023. Vol. 21(1). DOI: 10.2903/j.efsa.2023.7745
6. Dry aging of beef; Review / D. Dashdorj [et al.] // AnimSci Technol. 2016. Vol. 58. P. 20. DOI: 10.1186/s40781-016-0101-9
7. Reduction of the microbial load in meat maturation rooms with and without alkaline electrolyzed water fumigation / F. Savini [et al.] // Ital J Food Safety. 2023. Vol. 12(3). DOI: 10.4081/ijfs.2023.11109
8. Способ сухого созревания конины и приготовление стейка на его основе: патент 9698 Республика Казахстан / Мухамедов Т.А., Мухамедов А.А., Мухамедов А.А., Мухамедова С.М.; № 2024/0913.2; заявл. 22.07.2024; опубл. 18.10.2024, Бюл. № 42.
9. Мухамедов Т.А. Влияние тепловой обработки на органолептические показатели конины сухого и влажного созревания // Доктрины, школы и концепции устойчивого развития науки в современных условиях: сборник статей. Уфа: Аэтерна, 2024. С. 11-15.
10. Proteomic analysis to understand the relationship between the sarcoplasmic protein patterns and meat organoleptic characteristics in different horse muscles during aging / A. della Malva [et al.] // Meat Science. 2022. Vol. 184. Article 108686. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108686
11. Способ влажного созревания конины: патент 9780 Республика Казахстан / Мухамедов Т.А., Мухамедов А.А., Мухамедов А.А., Мухамедова С.М.; № 2024/0932.2, заявл. 30.07.2024; опубл. 15.11.2024, Бюл. № 46.
12. Volatile Organic Compounds, Oxidative and Sensory Patterns of Vacuum Aged Foal Meat / A. Tateo [et al.] // Animals. 2020. Vol. 10. DOI: 10.3390/ani10091495
13. Effects of Ageing on Donkey Meat Chemical Composition, Fatty Acid Profile and Volatile Compounds / P. Polidori [et al.] // Foods. 2022. Vol. 11. DOI: 10.3390/foods11060821
14. How Volatile Compounds, Oxidative Profile and Sensory Evaluation Can Change with Vacuum Aging in Donkey Meat / A. Maggolino [et al.] // Animals. 2020. Vol. 10. DOI: 10.3390/ani10112126
15. Effect of three different proteases on horsemeat tenderness during postmortem aging / Y. Cheng [et al.] // J Food Sci Technol. 2021. Vol. 58(7). P. 2528-2537. DOI: 10.1007/s13197-020-04759-x
16. Effect of muscle type and vacuum chiller aging period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef / H-V. Ba [et al.] // Anim Sci J. 2014. Vol. 85(2). P. 164-173. DOI: 10.1111/asj.12100
17. Volatile Organic Compounds, Oxidative and Sensory Patterns of Vacuum Aged Foal Meat / A. Tateo [et al.] // Animals. 2020. Vol. 10(9). Article 1495. DOI: 10.3390/ani10091495
18. Effect of ageing time on consumer preference and sensory description of foal meat / L-R. Beldarrain [et al.] // Food Research International. 2020. Vol. 129. Article 108871. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108871
19. Application of 2-D DIGE to study the effect of ageing on horse meat myofibrillar sub-proteome / L - R. Beldarrain [et al.] // Journal of proteomics. 2023. Vol. 272. Article 104770. DOI: 10.1016/j.jprot.2022.104770
20. Sentandreu Horse meat tenderization in relation to post-mortem evolution of the myofibrillar sub-proteome / L-R. Beldarrain [et al.] // Meat Science. 2022. V. 188. Article 108804. DOI: 10.1016/j.meatsci.2022.108804

21. Muscle and Subcutaneous Fatty Acid Composition and the Evaluation of Ageing Time on Meat Quality Parameters of Hispano-Bretón Horse Breed / L-R. Beldarrain [et al.] // *Animals*. 2021. Vol. 11. Article 1421. DOI: 10.3390/ani11051421
22. Nutritional Profile of Donkey and Horse Meat: Effect of Muscle and Aging Time / R. Marino [et al.] // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2022. Vol. 12(6). Article 746. DOI: 10.3390/ani12060746
23. Effect of Packaging Type and Aging on the Meat Quality Characteristics of Water Buffalo Bulls / M-H. Jaspal [et al.] // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2022. Vol. 12(2). Article 130. DOI: 10.3390/ani12020130
24. Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods / H-J. Lee [et al.] // *Asian-Australas J Anim Sci*. 2017. Vol. 30 (12). P. 1733-1738. DOI: 10.5713/ajas.17.0318
25. Effect of Aging and Freezing Conditions on Meat Quality and Storage Stability of 1++ Grade Hanwoo Steer Beef: Implications for Shelf Life / S. Cho [et al.] // *Korean journal for food science of animal resources*. 2017. Vol. 37(3). P. 440-448. DOI: 10.5851/kosfa.2017.37.3.440
26. Effect of Aging Time on Physicochemical Meat Quality and Sensory Property of Hanwoo Bull Beef / S. Cho [et al.] // *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2016. Vol. 36(1). P. 68-76. DOI: 10.5851/kosfa.2016.36.1.68
27. Effects of the Aging Period and Method on the Physicochemical, Microbiological and Rheological Characteristics of Two Cuts of Charolais Beef / M. Di Paolo [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12(3). Article 531. DOI: 10.3390/foods12030531
28. Song Z., Hwang I. Differences in toughness and aging potential of longissimus lumborum muscles between Hanwoo cow, bull and steer // *J AnimSci Technol*. 2023. Vol. 65(4). P. 865-877. DOI: 10.5187/jast.2022.e128
29. Effect of Wet Aging on Color Stability, Tenderness, and Sensory Attributes of Longissimus lumborum and Gluteus medius Muscles from Water Buffalo Bulls / M-H. Jaspal [et al.] // *Animals*. 2021. Vol. 11(8). Article 2248. DOI: 10.3390/ani11082248
30. The effect of dry and wet maturation of horse meat on color / Tikhonov S.L. [et al.] // *Scientific support for innovative development of animal husbandry and biotechnologies, materials of the International Scientific and Practical Conference "From modernization to accelerated development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agro-industrial complex" (IDSISA2024)* / Yekaterinburg, BIO web conference series: March 14-15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801010>
31. Diversity and Characteristics of the Meat Microbiological Community on Dry Aged Beef / S. Ryu [et al.] // *Journal of microbiology and biotechnology*. 2018. Vol. 28(1). P. 105-108. DOI: 10.4014/jmb.1708.08065
32. Microbial, Physicochemical Profile and Sensory Perception of Dry-Aged Beef Quality: A Preliminary Portuguese Contribution to the Validation of the Dry Aging Process / A. Ribeiro [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12(24). Article 4514. DOI: 10.20944/preprints202311.0442.v1.
33. Effects of Different Moisture-Permeable Packaging on the Quality of Aging Beef Compared with Wet Aging and Dry Aging / Y. Shi [et al.] // *Foods*. 2020. – v. 9(5). Article 649. DOI: 10.3390/foods9050649
34. Evolution of Sensory Properties of Beef during Long Dry Ageing / E-O. Marie-Pierre [et al.] // *Foods*. 2022. Vol. 11(18). Article 2822. DOI: 10.3390/foods11182822

35. Effect of Aging Process and Time on Physicochemical and Sensory Evaluation of Raw Beef Top Round and Shank Muscles Using an Electronic Tongue / J-H. Kim [et al.] // Korean J Food Sci Anim Resour. 2017. Vol. 37(6). P. 823-832. DOI: 10.5851/kosfa.2017.37.6.823
36. Sire effects on carcass and meat quality traits of young Nellore bulls / M-N. Bonin [et al.] // Genetics and molecular research: GMR. 2014. Vol. 13(2). P. 3250-3264. DOI: 10.4238/2014.29.3 апреля
37. Preliminary data on the microbial profile of dry and wet aged bovine meat obtained from different breeds in Sardinia / M.P. Meloni [et al.] // Italian journal of food safety. 2023. Vol. 12(2). Article 11060. DOI: 10.4081/ijfs.2023.11060
38. Мухамедов Т.А. Химический и минеральный состав конины сухого и влажного созревания // Инновации в науке: вызовы и перспективы будущего: сборник статей. Саратов: Цифровая наука, 2024. С. 12-18.
39. Effects of Feeding and Maturation System on Qualitative Characteristics of Buffalo Meat (*Bubalus bubalis*) / R. Marrone [et al.] // Animals: an open access journal from MDPI. 2020. Vol. 10(5). Article 899. DOI: 10.3390/ani10050899
40. Physicochemical attributes, oxidative stability, and microbial profile of boneless sirloin and bone-in T-bone steaks from Hanwoo steer with reference to dry-aging / M. Ali [et al.] // Journal of animal science and technology. 2021. Vol. 63(5). P. 1169-1181. DOI: 10.5187/jast.2021.e95
41. Microbiological, rheological and physical-chemical characteristics of bovine meat subjected to a prolonged ageing period / G. Smaldone [et al.] // Italian journal of food safety. 2019. Vol. 8(3). Article 8100. DOI: 10.4081/ijfs.2019.8100
42. New Implications of Metabolites and Free Fatty Acids in Quality Control of Crossbred Wagyu Beef during Wet Aging Cold Storage / S. Ueda [et al.] // Metabolites. 2024. Vol. 14(2). Article 95. DOI: 10.3390/metabo14020095
43. The Effect of Grazing Level and Ageing Time on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Beef Meat in Organic and Conventional Production / I. Revilla [et al.] // Animals: an open access journal from MDPI. 2021. Vol. 11(3). Article 635. DOI: 10.3390/ani11030635
44. Impact of myoglobin oxygenation level on color stability of frozen beef steaks / M-L. Henriott [et al.] // Journal of animal science. 2020. Vol. 98(7). Article 193. DOI: 10.1093/jas/skaa193

REFERENCES

1. Mukhamedov T.A., Saken A.K. Analysis of the development of horse breeding and the dynamics of horse meat production in the Republic of Kazakhstan // AIC of Russia. 2023. Vol. 30, No. 2. P. 284-289. DOI: 10.55934/2587-8824-2022-30-2-284-289 [In Russ.]
2. Aging mechanism for improving the tenderness and taste characteristics of meat / S-T. Joo [et al.] // J AnimSci Technol. 2023. Vol. 65(6). P. 1151-1168. DOI: 10.5187/jast.2023.e110
3. Kudryashov L.S. Autolysis of meat. Great Russian Encyclopedia: scientific and educational portal [Electronic resource]. URL: <https://bigenc.ru/c/avtoliz-miasa-3fcbf4/?v=8779308>. accessed 09.06.2024 [In Russ.]
4. Dry aging of beef; Review / D. Dashdorj [et al.] // J AnimSci Technol. 2016. Vol. 58. P. 20. DOI: 10.1186/s40781-016-0101-9
5. Microbiological safety of aged meat / K. Koutsoumanis [et al.] // EFSA J. 2023. Vol. 21(1). DOI: 10.2903/j.efsa.2023.7745

6. Dry aging of beef; Review / D. Dashdorj [et al.] // *AnimSci Technol*. 2016. Vol. 58. P. 20. DOI: 10.1186/s40781-016-0101-9
7. Reduction of the microbial load in meat maturation rooms with and without alkaline electrolyzed water fumigation / F. Savini [et al.] // *Ital J Food Safety*. 2023. Vol. 12(3). DOI: 10.4081/ijfs.2023.11109
8. Method of dry maturation of horse meat and preparation of steak based on it: patent 9698 Republic of Kazakhstan / Mukhamedov T.A., Mukhamedov A.A., Mukhamedova A.A., Mukhamedova S.M.; No. 2024/0913.2; declared. 22.07.2024; publ. 18.10.2024, Bulletin No. 42. [In Russ.]
9. Mukhamedov T.A. Effect of heat treatment on organoleptic indicators of dry- and wet-aged horse meat // *Doctrines, schools and concepts of sustainable development of science in modern conditions: collection of articles*. Ufa: Aeterna, 2024. P. 11-15. [In Russ.]
10. Proteomic analysis to understand the relationship between the sarcoplasmic protein patterns and meat organoleptic characteristics in different horse muscles during aging / A. della Malva [et al.] // *Meat Science*. 2022. Vol. 184. Article 108686. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108686
11. Method of wet maturation of horse meat: patent 9780 the Republic of Kazakhstan / Mukhamedov T.A., Mukhamedov A.A., Mukhamedov A.A., Mukhamedova S.M.; No. 2024/0932.2, declared 30.07.2024; published 15.11.2024, Bulletin No. 46. [In Russ.]
12. Volatile Organic Compounds, Oxidative and Sensory Patterns of Vacuum Aged Foal Meat / A. Tateo [et al.] // *Animals*. 2020. Vol. 10. DOI: 10.3390/ani10091495
13. Effects of Aging on Donkey Meat Chemical Composition, Fatty Acid Profile and Volatile Compounds / P. Polidori [et al.] // *Foods*. 2022. Vol. 11. DOI: 10.3390/foods11060821
14. How Volatile Compounds, Oxidative Profile and Sensory Evaluation Can Change with Vacuum Aging in Donkey Meat / A. Maggiolino [et al.] // *Animals*. 2020. Vol. 10. DOI: 10.3390/ani10112126
15. Effect of three different proteases on horsemeat tenderness during postmortem aging / Y. Cheng [et al.] // *J Food Sci Technol*. 2021. Vol. 58(7). P. 2528-2537. DOI: 10.1007/s13197-020-04759-x
16. Effect of muscle type and vacuum chiller aging period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef / H-V. Ba [et al.] // *Anim Sci J*. 2014. Vol. 85(2). P. 164-173. DOI: 10.1111/asj.12100
17. Volatile Organic Compounds, Oxidative and Sensory Patterns of Vacuum Aged Foal Meat / A. Tateo [et al.] // *Animals*. 2020. Vol. 10(9). Article 1495. DOI: 10.3390/ani10091495
18. Effect of aging time on consumer preference and sensory description of foal meat / L-R. Beldarrain [et al.] // *Food Research International*. 2020. Vol. 129. Article 108871. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108871
19. Application of 2-D DIGE to study the effect of aging on horse meat myofibrillar sub-proteome / L - R. Beldarrain [et al.] // *Journal of proteomics*. 2023. Vol. 272. Article 104770. DOI: 10.1016/j.jprot.2022.104770
20. Sentandreu Horse meat tenderization in relation to post-mortem evolution of the myofibrillar sub-proteome / L-R. Beldarrain [et al.] // *Meat Science*. 2022. V. 188. Article 108804. DOI: 10.1016/j.meatsci.2022.108804
21. Muscle and Subcutaneous Fatty Acid Composition and the Evaluation of Aging Time on Meat Quality Parameters of Hispano-Bretón Horse Breed / L-R. Beldarrain [et al.] // *Animals*. 2021. Vol. 11. Article 1421. DOI: 10.3390/ani11051421

22. Nutritional Profile of Donkey and Horse Meat: Effect of Muscle and Aging Time / R. Marino [et al.] // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2022. Vol. 12(6). Article 746. DOI: 10.3390/ani12060746
23. Effect of Packaging Type and Aging on the Meat Quality Characteristics of Water Buffalo Bulls / M-H. Jaspal [et al.] // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2022. Vol. 12(2). Article 130. DOI: 10.3390/ani12020130
24. Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods / H-J. Lee [et al.] // *Asian-Australas J Anim Sci*. 2017. Vol. 30 (12). P. 1733-1738. DOI: 10.5713/ajas.17.0318
25. Effect of Aging and Freezing Conditions on Meat Quality and Storage Stability of 1++ Grade Hanwoo Steer Beef: Implications for Shelf Life / S. Cho [et al.] // *Korean journal for food science of animal resources*. 2017. Vol. 37(3). P. 440-448. DOI: 10.5851/kosfa.2017.37.3.440
26. Effect of Aging Time on Physicochemical Meat Quality and Sensory Property of Hanwoo Bull Beef / S. Cho [et al.] // *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2016. Vol. 36(1). P. 68-76. DOI: 10.5851/kosfa.2016.36.1.68
27. Effects of the Aging Period and Method on the Physicochemical, Microbiological and Rheological Characteristics of Two Cuts of Charolais Beef / M. Di Paolo [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12(3). Article 531. DOI: 10.3390/foods12030531
28. Song Z., Hwang I. Differences in toughness and aging potential of longissimus lumborum muscles between Hanwoo cow, bull and steer // *J AnimSci Technol*. 2023. Vol. 65(4). P. 865-877. DOI: 10.5187/jast.2022.e128
29. Effect of Wet Aging on Color Stability, Tenderness, and Sensory Attributes of Longissimus lumborum and Gluteus medius Muscles from Water Buffalo Bulls / M-H. Jaspal [et al.] // *Animals*. 2021. Vol. 11(8). Article 2248. DOI: 10.3390/ani11082248
30. The effect of dry and wet maturation of horse meat on color / Tikhonov S.L. [et al.] // *Scientific support for innovative development of animal husbandry and biotechnologies, materials of the International Scientific and Practical Conference "From modernization to accelerated development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agro-industrial complex" (IDSISA2024)* / Yekaterinburg, BIO web conference series: March 14-15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801010>
31. Diversity and Characteristics of the Meat Microbiological Community on Dry Aged Beef / S. Ryu [et al.] // *Journal of microbiology and biotechnology*. 2018. Vol. 28(1). P. 105-108. DOI: 10.4014/jmb.1708.08065
32. Microbial, Physicochemical Profile and Sensory Perception of Dry-Aged Beef Quality: A Preliminary Portuguese Contribution to the Validation of the Dry Aging Process / A. Ribeiro [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12(24). Article 4514. DOI: 10.20944/preprints202311.0442.v1.
33. Effects of Different Moisture-Permeable Packaging on the Quality of Aging Beef Compared with Wet Aging and Dry Aging / Y. Shi [et al.] // *Foods*. 2020. – v. 9(5). Article 649. DOI: 10.3390/foods9050649
34. Evolution of Sensory Properties of Beef during Long Dry Ageing / E-O. Marie-Pierre [et al.] // *Foods*. 2022. Vol. 11(18). Article 2822. DOI: 10.3390/foods11182822
35. Effect of Aging Process and Time on Physicochemical and Sensory Evaluation of Raw Beef Top Round and Shank Muscles Using an Electronic Tongue / J-H. Kim [et al.] // *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2017. Vol. 37(6). P. 823-832. DOI: 10.5851/kosfa.2017.37.6.823

36. Sire effects on carcass and meat quality traits of young Nellore bulls / M-N. Bonin [et al.] // *Genetics and molecular research: GMR*. 2014. Vol. 13(2). P. 3250–3264. DOI: 10.4238/2014.29.3 April
37. Preliminary data on the microbial profile of dry and wet aged bovine meat obtained from different breeds in Sardinia / M.P. Meloni [et al.] // *Italian journal of food safety*. 2023. Vol. 12(2). Article 11060. DOI: 10.4081/ijfs.2023.11060
38. Mukhamedov T.A. Chemical and mineral composition of dry- and wet-aged horse meat // *Innovations in Science: Challenges and Prospects of the Future: Collection of Articles*. Saratov: Digital Science, 2024. P. 12-18. [In Russ.]
39. Effects of Feeding and Maturation System on Qualitative Characteristics of Buffalo Meat (*Bubalus bubalis*) / R. Marrone [et al.] // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2020. Vol. 10(5). Article 899. DOI: 10.3390/ani10050899
40. Physicochemical attributes, oxidative stability, and microbial profile of boneless sirloin and bone-in T-bone steaks from Hanwoo steer with reference to dry-aging / M. Ali [et al.] // *Journal of animal science and technology*. 2021. Vol. 63(5). P. 1169-1181. DOI: 10.5187/jast.2021.e95
41. Microbiological, rheological and physical-chemical characteristics of bovine meat subject to a prolonged aging period / G. Smaldone [et al.] // *Italian journal of food safety*. 2019. Vol. 8(3). Article 8100. DOI: 10.4081/ijfs.2019.8100
42. New Implications of Metabolites and Free Fatty Acids in Quality Control of Crossbred Wagyu Beef during Wet Aging Cold Storage / S. Ueda [et al.] // *Metabolites*. 2024. Vol. 14(2). Article 95. DOI: 10.3390/metabo14020095
43. The Effect of Grazing Level and Aging Time on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Beef Meat in Organic and Conventional Production / I. Revilla [et al.] // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2021. Vol. 11(3). Article 635. DOI: 10.3390/ani11030635
44. Impact of myoglobin oxygenation level on color stability of frozen beef steaks / M-L. Henriott [et al.] // *Journal of animal science*. 2020. Vol. 98(7). Article 193. DOI: 10.1093/jas/skaa193

Информация об авторах / Information about the authors

Мухамедов Талгат Амангалиевич, старший преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологий, Некоммерческое акционерное общество «Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынулы»; 110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Байтурсынова 47, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>, e-mail: cheltob@mail.ru

Мухамедова Сауле Мараловна, главный специалист учебного отдела, Филиала акционерного общества «Национальный центр повышения квалификации «Өрлеу» Институт профессионального развития по Костанайской области»; 110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Пролетарская 86, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9492-3898>, e-mail: sau8484@mail.ru

Talgat A. Mukhamedov, Senior Lecturer, Department of Food Security and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly; 110000, the Republic of Kazakhstan, Kostanay, 47 Baitursynov St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>, e-mail: cheltob@mail.ru

Saule M. Mukhamedova, Chief Specialist of the Educational Department, Branch of the Joint-Stock Company “National Center for Advanced Studies “Orleu” Institute of Professional Development in the Kostanay Region”; 110000, the Republic of Kazakhstan, Kostanay, 86 Proletarskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9492-3898>, e-mail: sau8484@mail.ru

Заявленный вклад соавторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант

Claimed contributions of co-authors

All authors of the research were directly involved in the planning, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted

Поступила в редакцию 25.11.2024

Поступила после рецензирования 10.01.2025

Принята к публикации 20.03.2025

Received 25.11.2024

Revised 10.01.2025

Accepted 20.03.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-90-109>

УДК [635.656:541.182]:615.355



Гороховая дисперсия как основа для производства ферментированных продуктов

Д.А. Самсонова✉, С. Баруа, М.Д. Гурда, Н.В. Яковченко

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»;

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉dashafom@mail.ru

Аннотация. Введение. Продукты на растительной основе, в том числе ферментированные продукты, приобретают большую популярность. Это связано с тем, что все большее количество людей по этическим, экологическим, религиозным или медицинским причинам придерживаются вегетарианства. **Цель исследования.** Целью исследования являлось определить возможность использования гороховой дисперсии в качестве основы для производства ферментированных продуктов с антиоксидантными свойствами. **Методы.** Исследования проводились на базе лабораторий факультета биотехнологий Университета ИТМО. Процесс ферментации гороховой дисперсии с культурами *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermani*, *Streptococcus thermophilus*, *Bacillus coagulans* был исследован с точки зрения динамики кислотонакопления и изменения активной кислотности, прироста биомассы, изменения органолептических свойств после ферментации, а также изменение антиоксидантной активности после ферментации и в процессе хранения. **Результаты.** Эффективность ферментации гороховой дисперсии значительно изменяется в зависимости от используемой культуры. Самое длительное время ферментации в 15 часов было выявлено у штамма *Bacillus coagulans*, самое короткое – в 7 часов у *Streptococcus thermophilus*. В большинстве образцов был отмечен прирост биомассы при ферментации гороховой дисперсии с наибольшими значениями у образцов, ферментированных *B. bifidum* – с приростом в 23,64 % до 9,25 lg(КОЕ/мл) и *B. coagulans* MTCC 5856 – с приростом в 14,68% до 7,26 lg(КОЕ/мл). В первый день после ферментации у большинства образцов отмечается повышение антиоксидантной активности, которая уменьшается в течение срока хранения. Ферментация приводит к значительному улучшению органолептических свойств продукта, улучшая однородность и снижая горечь. **Заключение.** Таким образом, гороховая дисперсия представляет собой перспективную основу для производства как самостоятельных ферментированных продуктов, так и в качестве ферментированного компонента десертов, в том числе замороженных.

Ключевые слова: гороховая дисперсия, химический состав, антиоксидантная активность, ферментация, молочнокислые бактерии, пропионовокислые бактерии, бифидобактерии

Для цитирования: Самсонова Д.А., Баруа С., Гурда М.Д., Яковченко Н.В. Гороховая дисперсия как основа для производства ферментированных продуктов. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):90-109. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-90-109>

Финансирование: статья выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-26-00288

Pea dispersion as a basis for the production of fermented products

D.A. Samsonova✉, S. Barua, M.D. Gurda, N.V. Iakovchenko

ITMO University; Saint-Petersburg, the Russian Federation
✉dariafom19@mail.ru

Abstract. Introduction. Plant-based products, including fermented products, are becoming increasingly popular. This is due to the fact that an increasing number of people adhere to vegetarianism for ethical, environmental, religious or medical reasons. **The goal.** The goal of the research was to determine the possibility of using pea dispersion as a basis for the production of fermented products with antioxidant properties. **The Methods.** The research was conducted in the laboratories of the Faculty of Biotechnology of ITMO University. The fermentation process of pea dispersion with *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. shermani*, *Streptococcus thermophilus*, *Bacillus coagulans* cultures was studied in terms of acid accumulation dynamics and changes in active acidity, biomass increase, changes in organoleptic properties after fermentation, as well as changes in antioxidant activity after fermentation and during storage. **The Results.** The fermentation efficiency of pea dispersion varies significantly depending on the culture used. The longest fermentation time of 15 hours was found in *Bacillus coagulans* strain, the shortest – 7 hours in *Streptococcus thermophilus*. Most samples showed an increase in biomass during fermentation of pea dispersion, with the highest values in samples fermented by *B. bifidum* - with an increase of 23.64% to 9.25 lg (CFU / ml) and *B. coagulans* MTCC 5856 - with an increase of 14.68% to 7.26 lg (CFU / ml). On the first day after fermentation, most samples showed an increase in antioxidant activity, which decreases during the shelf life. Fermentation leads to a significant improvement in the organoleptic properties of the product, improving homogeneity and reducing bitterness. **Conclusion.** Thus, pea dispersion is a promising basis for the production of both independent fermented products and as a fermented component of desserts, including frozen ones.

Keywords: pea dispersion, chemical composition, antioxidant activity, fermentation, lactic acid bacteria, propionic acid bacteria, bifidobacteria

For citation: Samsonova D.A., Barua S., Gurda M.D., Iakovchenko N.V. Pea dispersion as a basis for the production of fermented products. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):90-109. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-90-109>

Funding: the article was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 22-26-00288

Введение. Все больший спрос приобретают продукты на растительной основе, в том числе ферментированные. Мировой рынок растительных продуктов (альтернатив молочных продуктов) оценивается в сумму от 12,1 до 18,5 млрд. долларов США, и хотя большая часть рынка приходится на растительные напитки, доля рынка ферментированных продуктов, аналогов йогуртов, растет [1]. Это связано с увеличением количества людей, которые в силу этических, экологических, религиозных или медицинских причин придержи-

ются вегетарианства, а также людей, страдающих от непереносимости лактозы и аллергии на молочный белок [2].

Непереносимость лактозы широко распространена в мире и составляет от 57 до 65 %, в России у 61% населения выявлен дефицит лактазы [3, 4]. Аллергия на белок коровьего молока является самой распространенной пищевой аллергией у младенцев, распространенность которой колеблется от 2 до 5 %. Она проявляется как переходящая аллергия, однако при достижении детьми возраста 3-5 лет она сохраняется у

25% детей [5]. К возрасту 4 лет толерантность к белкам коровьего молока наступает в 19% случаев, к возрасту 8 лет – в 42%, к возрасту 12 лет – в 64%, а к 16 годам – в 79% [6]. При этом у около 0,4% взрослых аллергия на белки молока сохраняется [7]. Более того, тенденция развития направления производства продуктов на основе растительного сырья связана с нехваткой и дороговизной животного белка [8], а также с экологической проблемой изменения климата, который, в том числе, связан с животноводством [9].

В связи с ростом рынка продуктов на растительной основе существует мнение, что растительные аналоги продуктов вытесняют долю молочных продуктов с рынка [10]. Однако таксономические различия, основанные на растительном или животном происхождении, и сенсорная приемлемость доминируют в восприятии потребителей, что препятствуют замене молочных продуктов аналогичными продуктами растительного происхождения [11, 12]. Кроме того, значительная часть потребителей не ограничивается исключительно молочными продуктами или их растительными аналогами, а включает в свой рацион продукцию обеих категорий [13]. Поэтому рынок продуктов на растительной основе скорее формирует новую потребительскую нишу, чем вытесняет долю молочных продуктов.

У продуктов на растительной основе есть недостатки, связанные со специфическим вкусом сырья, недостаточной питательной ценностью и содержанием антипитательных веществ [14]. Однако у них есть и преимущества: они содержат функционально активные компоненты: фенольные соединения, обладающие антиоксидантной активностью; повышенное количество пищевых волокон, не содержат холестерина и лактозу, содержат витамины и минеральные вещества, и имеют низкую калорийность [12, 15, 16].

Для производства продуктов на растительной основе в качестве сырья наибольший интерес представляют зернобобовые культуры, так как они содержат большее количество белка и незаменимых аминокислот по сравнению с зерновыми культурами. Из зернобобовых наиболее широко используется соя, однако она обладает высокой аллергенностью и содержит большое количество изофлавонов [17]. Поэтому в настоящее время активно рассматриваются другие сырьевые источники: прочие бобовые культуры, масличные культуры, орехи и даже фруиты и корнеплоды [18, 19].

В Российской Федерации ведущей зернобобовой культурой является *Pisum sativum* (горох). Согласно данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), по состоянию на 2015 год Россия занимала вторую позицию в мировом рейтинге стран-производителей данной культуры. Значительная часть объемов ее выращивания сосредоточена в Ставропольском крае, Ростовской области и Алтайском крае, что обусловлено благоприятными агроклиматическими условиями данных регионов [20].

Гороховые бобы являются ценными источниками макроэлементов, включая высокомолекулярные биополимеры, такие как белки (лимитирующие аминокислоты – метионин и цистеин), крахмал, пищевые волокна и некрахмальные полисахариды. Кроме того, его химический состав включает калий, фосфор, магний и кальций. При этом горох характеризуется низким содержанием холестерина и натрия, что делает его перспективным компонентом в разработке функциональных и диетических пищевых продуктов [21, 22].

Помимо этого, значительную роль в его биологической активности играют полифенольные соединения, преимущественно представленные флавоноидами и фенольными кислотами, которые локализуются, в основном, в оболочках семян. Благодаря

комплексу биологически активных компонентов горох и его производные демонстрируют широкий спектр физиологически значимых эффектов, включая антиоксидантное, противовоспалительное, антимикробное, нефропротекторное, антифиброзное действие, а также способность модулировать метаболические процессы, связанные с развитием метаболического синдрома [23].

Горох (*Pisum sativum*) представляет собой перспективное сырье для глубокой переработки, позволяя получать широкий спектр пищевых продуктов. В частности, из него могут быть произведены растительные напитки, продукты на основе пророщенного гороха, пищевые изделия с добавлением гороховой муки, а также альтернативные мясные аналоги, созданные на основе белковых фракций данной культуры. [23, 24, 25, 26]. Особый интерес горох представляет в качестве основного сырья для производства ферментированных напитков из гороха. В процессе ферментации растительного сырья микроорганизмы способны модулировать его текстурные и реологические характеристики, а также участвовать в формировании специфического органолептического профиля конечного продукта и повысить его питательные свойства и микробиологическую безопасность [27, 28]. Кроме того, их метаболическая активность может способствовать повышению антиоксидантного потенциала ферментированного продукта за счет разрушения клеточных стенок растений и высвобождения антиоксидантных соединений, а также за счет увеличения количества фитохимических веществ, антиоксидантных полисахаридов и антиоксидантных пептидов, образующихся в результате микробного гидролиза или биотрансформации [29, 30, 31].

Для процесса ферментации использование пробиотических культур микроорганизмов является предпочтительным в

связи с тем, что в процессе ферментации данные микроорганизмы обогащают продукт продуктами своей жизнедеятельности: молочной кислотой, бактериоцинами, различными летучими веществами и другими [32]. Пробиотики, такие как молочнокислые бактерии, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium* и другие, входят в состав нормальной микрофлоры человека и животных. Кроме того, различные исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что пробиотики обладают высокой антагонистической активностью по отношению к гнилостным, патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, таким как *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus spp.*, *Acinetobacter*, виды *Candida* и другим [33].

Таким образом, целью данной работы является определить возможность использования гороховой дисперсии в качестве основы для производства ферментированных продуктов с антиоксидантными свойствами.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в Университете ИТМО на базе лаборатории факультета биотехнологий. В исследованиях использовался горох целый желтый Российского производства торговой марки «Националь» (ООО «Компания «Ангстрем Трейдинг», Россия; массовая доля белка 42-43%, массовая доля жира 20%, влажность 9%), геллановая камедь (Zhejiang Tech-Way Biotechnology Co., Ltd, Китай), заквасочные культуры: *Lactobacillus acidophilus* 57S (Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Россия); *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Yo100, Micromilk s.r.l., Италия); *Bifidobacterium bifidum* (LYOBAC-D, ALCE, Италия); *Bifidobacterium longum* B379M (ООО «Пропионикс», Россия); *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermani* KM-186 (ООО «Пропионикс»,

Россия); *Streptococcus thermophilus* (Danisco TA 40 LYO 50 DCU, Дания), *Bacillus coagulans* MTCC 5856 (LactoSpore®, США).

Титруемую кислотность определяли по методу [34]. Содержание пропионовой кислоты определяли с использованием ВЭЖХ системы Shimadzu LC-20 Prominence в соответствии с методом [35] с модификациями. Ферментированные образцы дисперсий в количестве 25 мл были смешивали с 0,001 М H₂SO₄ и центрифугировали при 10000 об/мин в течение 15 минут. Полученные супернатанты пропускали через фильтр с размером пор 0,22 мкм. Объем образца для определения составил 10 мкл. Активную кислотность определяли с помощью портативного рН-метра рН-410 с комбинированным стеклянным электродом (Научно–производственное объединение «ТЕХНОКОМ», Россия).

Массовую долю сухих веществ определяли гравиметрическим методом по ГОСТ 3626–73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества». Массовую долю золы определяли гравиметрическим методом по ГОСТ 15113.8-77 «Концентраты пищевые. Методы определения золы». Массовую долю белка определяли по методу Лоури спектрофотометрически по ОФС.1.2.3.0012.15 «Определение белка». Массовую долю жира определяли гравиметрически по ГОСТ 8756.21-89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира». Массовая доля клетчатки была определена по ГОСТ 31675-2012 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации». Массовая доля углеводов определялась расчетным методом. Содержание полифенолов определялось колориметрическим методом с применением реактива Фолина-Чокальтеу и пересчетом на галловую кислоту по Р 4.1.1672-03 «Руководство по методам контроля качества и

безопасности биологически активных добавок к пище».

Антиоксидантная активность определялась спектрофотометрическим модифицированным методом с использованием DPPH [36]. Для подготовки образца 2,5 г исследуемой дисперсии экстрагировали в 10,0 мл этанола путем добавления в центрифужную пробирку с последующим центрифугированием в течение 10 минут при 6000 об/мин. Для исследования 250 мкл полученного экстракта образца смешивали с 2,250 мл этанола и 1,0 мл свежеприготовленного 0,1 мМ этанольного раствора реактива DPPH. В качестве контроля использовали смесь 1,5 мл пустого образца и 1,5 мл 0,1 мМ этанольного раствора реактива DPPH. Подготовленные образцы хорошо перемешивали и оставляли в темноте на 30 минут, после чего измеряли оптическую плотность при 517 нм. Результаты выражали в % активности по удалению свободных радикалов (FRSA) [37].

Оценивание органолептических показателей проводилось согласно ГОСТ ISO 4121–2016 «Органолептический анализ. Руководящие указания по применению шкал количественных характеристик» и ГОСТ ISO 6658–2016 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство». Дисперсии оценивали по нескольким критериям: вкус, послевкусие, запах ферментации и гомогенность. Оценки составлялись по 7 балльной шкале, где 1 балл означает, что критерий не был выявлен, 7 – критерий интенсивно выражен.

Микроорганизмы *Bifidobacterium bifidum* были подсчитаны по ГОСТ 33924-2016 «Молоко и молочная продукция. Методы определения бифидобактерий». Для ферментации получали биомассу микроорганизмов путем культивирования на питательных средах в течение 48-96 ч. и последующим центрифугированием при 5000 об/мин в течение 10 мин. К отделенной биомассе добавляли криопротектор и использо-

вали для ферментирования образцов. Выживаемость микроорганизмов определяли методом серийных разведений в стерильном 0,9% растворе хлорида натрия и посевом на питательную среду [38,39].

Все исследования были проведены в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием общепринятых методов. Для

оптимизации расчетов использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, результаты считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Рекомендуемая технологическая схема производства растительной основы для изготовления ферментированного продукта представлена на рисунке 1.

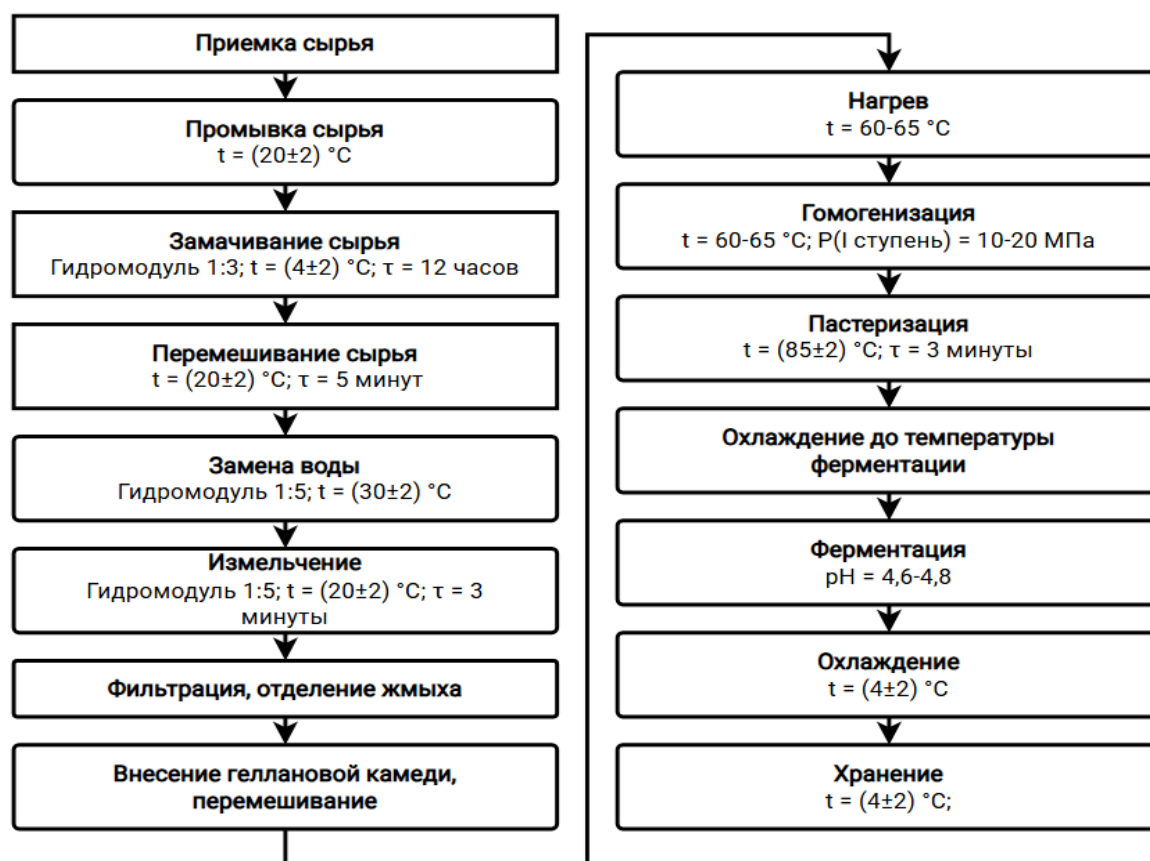


Рис. 1. Технологическая схема производства ферментированной гороховой дисперсии

Fig. 1. Process chart of fermented pea dispersion production

Растительная основа для изготовления ферментированного продукта на основе гороха представляет собой водорастворимую дисперсию, которая по внешнему виду напоминает молоко. Для получения дисперсии горох промывали в воде при температуре (20 ± 2) °C, а затем замачивали в соотношении 1:3 (сырье:вода) при температуре (4 ± 2) °C в течение 12 часов. Замачивание позволяет размягчить клеточные

стенки бобов для облегчения их измельчения.

После гидратации размягченный горох с водой перемешивали, а затем оставшуюся воду сливали для удаления водорастворимых олигосахаридов и ферментов [12], а на ее место наливали свежую в том же объеме, что был слит. Набухший горох измельчали в блендере (Philco®, модель PH900) со свежей водой в течение 3 минут, после чего от

дисперсии отделялся жмых путем отжима через лавсановые мешки (плотность 140 г/м²). При гидромодуле 1:3 консистенция дисперсии получалась достаточно густой и плотной для изготовления дисперсии, что было особенно ярко выражено после высокотемпературной обработки, пастеризации. Поэтому опытным путем был подобран гидромодуль 1:5, при котором консистенция растительной основы получалась как у коровьего молока. При гидромодуле свыше 1:5 дисперсия приобретает чрезмерно жидкую, водянистую консистенцию, слабый вкус и запах.

Крахмалистые вещества, содержащиеся в горохе, большая часть которых представлена амилозой и амилопектином, при отстое выпадают в осадок, а при нагревании образуют резиноподобный комок. Это связано с реакцией желатинизации крахмала при нагреве, пиковая температура которого составляет 64,2-70,1 °С, что ниже температуры пастеризации [40]. Также дисперсия склонна к расслоению через 24 часа после выработки. Поэтому для увеличения стабильности системы и для равномерного распределения веществ в состав был добавлен стабилизатор. На основе литературных источников была выбрана геллановая камедь, так как она отлично стабилизирует твердые частицы и придает дисперсии при-

ятную консистенцию «текучего геля». Камедь добавляли в дисперсию в количестве 0,03% в соответствии с рекомендациями производителя перед пастеризацией [41].

После отделения жмыха и добавления стабилизатора дисперсию нагревали до температуры 60-65 °С и гомогенизировали при давлении на первой ступени 10-20 МПа (Лабораторный гомогенизатор GEA Niro Soavi NS2002H, Twin Panda 400, GEA Mechanical Equipment Italia S.p.A., Италия). Гороховую дисперсию пастеризовали при температуре (85±2) °С в течение 3 минут в термомиксе (Thermomix® TM5-1, Vorwerk Elektrowerke GmbH&Co., Германия) для обеспечения микробиологической безопасности и стабильности дисперсии. В охлажденной пастеризованной дисперсии были определены физико-химические показатели, в том числе показатели пищевой ценности, представленные в таблице 1.

Полученные значения титруемой и активной кислотности приближены к коровьему молоку. Содержание сухих веществ достаточно невысокое, большую часть которых представляют углеводы, преимущественно крахмал, пищевые волокна, и некрахмальные полисахариды [23, 42, 43]. Содержание клетчатки в растительной дисперсии низкое, так как нерастворимые пищевые волокна остались в жмыхе.

Таблица 1. Физико-химические показатели гороховой дисперсии
Table 1. Physical and chemical properties of pea dispersion

Наименование показателя	Значение показателя
Титруемая кислотность, °Т	15,0±0,75
Активная кислотность	6,59±0,33
Содержание сухих веществ, %	5,73±0,28
Массовая доля золы, %	0,30±0,05
Массовая доля белка, %	1,58±0,08
Массовая доля жира, %	0,12±0,02
Массовая доля углеводов, %	3,73 ±0,37
Массовая сырой клетчатки, %	менее 0,1
Массовая доля фенольных соединений, мг/100 мл	55,33±2,77
АОА, % активности по удалению свободных радикалов	42,93±1,29

Жир в гороховой дисперсии практически отсутствует, в отличие от другого представителя бобовых – сои. Однако при производстве продуктов на основе гороховой дисперсии, в том числе ферментированных, возможно рассмотреть дополнительное внесение жировой фракции, богатой полиненасыщенными жирными кислотами, в частности, омега-3 и омега-6.

Содержание белка в полученной дисперсии также довольно невысокое, почти в 2 раза меньше, чем в коровьем молоке. Содержание золы составило 0,30 %. Фенольные соединения являются одними из основных антиоксидантов растительного происхождения. В 100 мл образца содержится достаточно высокое содержание фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту 110,66 % от адекватного уровня потребления для взрослых согласно МР 2.3.1.0253-21 «Нормы в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» и 55,33% от адекватного уровня потребления согласно Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 22 февраля 2022 года).

Пастеризованную гороховую дисперсию охлаждали до температуры ферментации: до 32 °С для ферментации культурой *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermani* KM-186; до 37 °С для ферментации культурами *Lactobacillus acidophilus* 57S, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum* B379M; до 40 °С для ферментации культурой *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*; до 45 °С для ферментации культурами *Streptococcus thermophilus* и *Bacillus coagulans* MTCC 5856. Культуры микроорганизмов вносили в виде концентрата из расчета 100 мкл на 100 мл дисперсии и ферментировали до значения pH 4,6-4,8.

Для изучения процесса ферментации гороховой дисперсии различными культурами микроорганизмов отслеживалась динамика накопления молочной и пропионовой кислот, изменение активной кислотности и прирост биомассы, результаты представлены на рисунках 2-5.

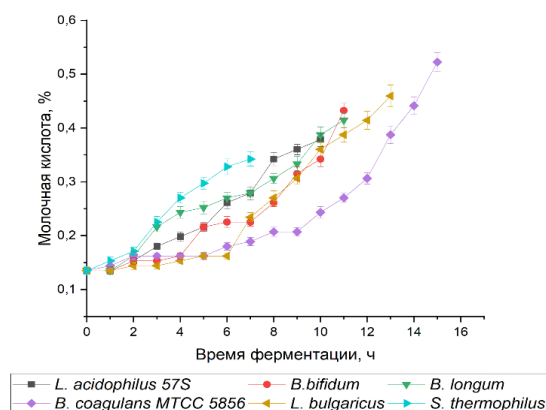


Рис. 2. Динамика накопления молочной кислоты в процессе ферментации гороховой дисперсии, % молочной кислоты

Fig. 2. Dynamics of lactic acid accumulation during the fermentation of pea dispersion, % of lactic acid

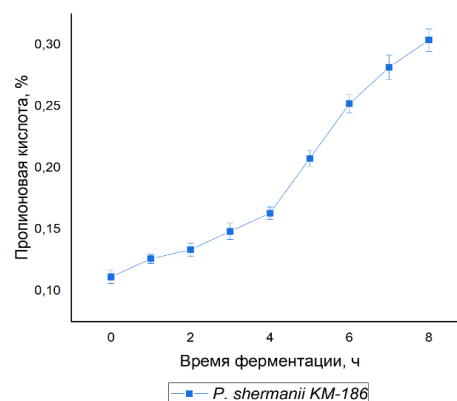


Рис. 3. Динамика накопления пропионовой кислоты в процессе ферментации гороховой дисперсии, % пропионовой кислоты

Fig. 3. Dynamics of propionic acid accumulation during the fermentation of pea dispersion, % of propionic acid

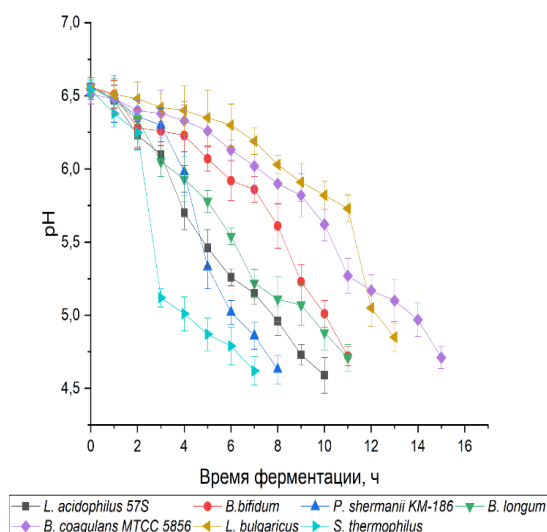


Рис. 4. Изменение активной кислотности в процессе ферментации растительной дисперсии из гороха

Fig. 4. Change in active acidity during the fermentation of pea dispersion

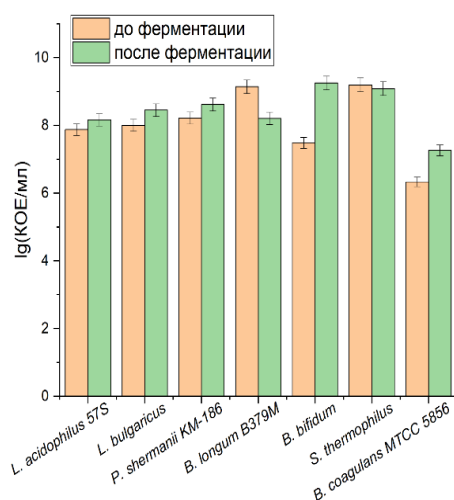


Рис. 5. Прирост биомассы пробиотических микроорганизмов в процессе ферментации гороховой дисперсии, lg(KOE/мл)

Fig. 5. Biomass growth of probiotic microorganisms during the fermentation of pea dispersion, lg(CFU/mL)

Культуры микроорганизмов демонстрируют различную интенсивность кислотообразования при ферментации горохо-

вой дисперсии в зависимости от используемого штамма молочнокислых и бифидобактерий.

Первые 2-4 часа накопление молочной и пропионовой кислот и снижение pH незначительно для всех штаммов, что может быть обусловлено адаптацией микроорганизмов к питательной среде и активацией метаболических путей брожения.

По мере увеличения времени ферментации наблюдается постепенное уменьшение pH, отражающее накопление органических кислот (молочной, пропионовой и других метаболитов брожения).

После 2-6 часов ферментации скорость накопления кислот возрастает, что свидетельствует о переходе культур в экспоненциальную фазу роста, сопровождающуюся интенсивным метаболизмом, причем наиболее выраженное кислотонакопление отмечается у *P. shermanii* KM-186, *S. thermophilus* и *L. acidophilus* 57S, что согласуется с их высокой метаболической активностью. Штаммы, *B. bifidum* и *B. longum* демонстрируют умеренный рост уровня молочной кислоты, что может быть связано с их физиологическими особенностями и возможной задержкой в активации метаболических путей. *B. coagulans* MTCC 5856 и *L. bulgaricus* характеризуются наименьшей скоростью кислотообразования на протяжении всего эксперимента, что может указывать на их специфические кинетические параметры ферментации.

Максимальная скорость снижения pH отмечается в интервале 4-8 часов, наиболее выраженная у *S. thermophilus*, *L. acidophilus* 57S и *P. shermanii* KM-186, что согласуется с высокой продукцией молочной кислоты термофильным стрептококком и ацидофильной палочкой. *P. shermanii* KM-186 продуцирует пропионовую кислоту умеренно, его метаболическая активность ниже, чем у молочнокислых бактерий по накоплению кислых метаболитов.

тов. Однако стабильный рост концентрации пропионовой кислоты свидетельствует о потенциале данного штамма для биотехнологических применений.

Наиболее активно процесс ферментации проходит при использовании *S. thermophilus* и *P. shermanii* КМ-186, за 7 и 8 часов ферментации соответственно, рН достигло 4,62-4,63, а содержание молочной и пропионовой кислот составляло 0,342 % и 0,304 % соответственно. Наиболее длительный процесс ферментации протекает при ферментации *B. coagulans* MTCC 5856 и *L. bulgaricus* – 15 и 13 часов соответственно, до достижения рН 4,71-4,85. К концу периода ферментации максимальные значения концентрации молочной кислоты достигают 0,52 % у *B. coagulans* MTCC 5856 и 0,41-0,46 % у *L. bulgaricus*, *B. bifidum* и *B. longum*, тогда как остальные штаммы демонстрируют более низкие уровни кислотонакопления. Данный результат может быть связан с различиями в катаболизме углеводов, продуктивностью молочнокислого и пропионовокислого брожения, и адаптацией микроорганизмов к субстрату. Следует отметить, что на момент окончания ферментации динамика накопления сохраняет восходящий характер, указывая на дальнейшую возможность увеличения кислотообразования при продлении времени ферментации.

Большинство штаммов демонстрируют увеличение биомассы после ферментации, что указывает на их рост в среде гороховой дисперсии. Наибольший прирост биомассы наблюдается при ферментации бифидобактериями штамма *B. bifidum* – прирост составил 23,64 % до 9,25 lg(КОЕ/мл) и *B. coagulans* MTCC 5856 – с приростом в 14,68% до 7,26 lg(КОЕ/мл). Исключением являются штаммы *L. acidophilus* 57S и *P. shermanii* КМ-186, при ферментации которыми наблюдается незначительное увеличение биомассы, и штамм *S. thermophilus*, при использовании которого содержание

микроорганизмов до и после ферментации осталось практически на неизменном уровне. При ферментации гороховой дисперсии штаммом *B. longum* наблюдается гибель 10,26 % микроорганизмов до 8,20 lg(КОЕ/мл), что возможно связано с его недостаточной способностью утилизировать источники углерода или азота в гороховой дисперсии.

Гороховая дисперсия имеет характерный вкус и запах растительного сырья, а также умеренную горечь. Было предположено, что процесс ферментации должен улучшить органолептические показатели гороховой дисперсии, в связи с чем была проведена органолептическая оценка полученных ферментированных дисперсий и неферментированной дисперсии в качестве контроля. Результаты органолептической оценки представлены на рисунке 6.

Все штаммы усиливали запах ферментации, что может быть связано с образованием летучих метаболитов (например, органических кислот и эфиров) в процессе ферментации. Наиболее интенсивный запах проявляется при использовании штаммов *B. coagulans* MTCC 5856, *P. shermanii* КМ-186 и *B. longum* B379M.

Было отмечено, что ферментация улучшает однородность консистенции, что свидетельствует о стабилизации структуры под действием микроорганизмов. Наиболее стабильная консистенция без расслоения, комков и хлопьев наблюдалась при использовании штаммов *P. shermanii* КМ-186 и *B. coagulans* MTCC 5856.

Ферментация любой из культур снижает горький вкус и послевкусие гороховых дисперсий. Наибольшее снижение горького вкуса и послевкусия было выявлено в дисперсии ферментированной *P. shermanii* КМ-186.

Вкус и послевкусие растительного сырья, гороха, также уменьшалось при ферментации, за исключением штамма *P. shermanii* КМ-186, который не влиял на вкус

растительного сырья и незначительно увеличивал послевкусие растительного сырья.

Ферментация влияет на усиление кислого вкуса в дисперсиях, причем наиболее сильный кислый вкус приобрела дисперсия, ферментированная штаммом *B. bifidum*, а дисперсия, ферментированная *B.*

coagulans MTCC 5856, стала незначительно кислее неферментированной дисперсии. При ферментации также усиливалось кислое послевкусие дисперсий, за исключением образца, ферментированного *B. coagulans* MTCC 5856, где кислое послевкусие не было выявлено.

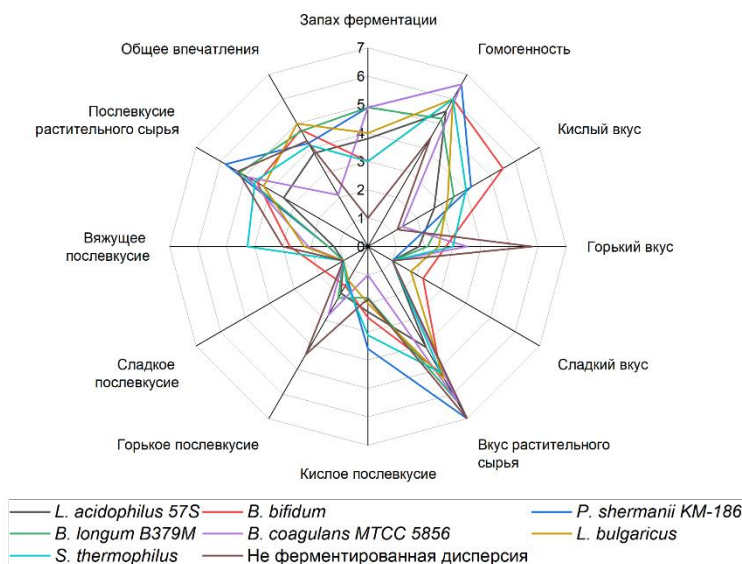


Рис. 6. Изменение органолептических показателей ферментированных гороховых дисперсий

Fig. 6. Changes in organoleptic characteristics of fermented pea dispersions

Было выявлено, что ферментация уменьшала вяжущее послевкусие в ферментированных дисперсиях, за исключением образца, ферментированного *S. thermophilus*. Слабый сладкий вкус проявлялся при ферментации штаммами *B. bifidum* и *L. bulgaricus*, однако легкое сладкое послевкусие было выявлено только у штамма *B. bifidum*.

Образцы, ферментированные штаммами *B. bifidum*, *B. longum* B379M и *L. Bulgaricus*, получили наивысшую оценку по общему впечатлению, в то время как образцы, ферментированные *B. coagulans* MTCC 5856 и *L. acidophilus* 57S, оказывали сильное негативное влияние на общее впечатление. В образцах, ферментированных *B. coagulans* MTCC 5856, респонденты отмечали появление неприятного вкуса и

запаха. Дисперсии, ферментированные *P. shermanii* KM-186 и *S. thermophilus*, по общему впечатлению, были незначительно хуже неферментированной дисперсии, которая выступала в качестве контроля.

В связи с тем, что ферментация может увеличивать антиоксидантную активность, были проведены исследования по определению активности по удалению свободных радикалов (FRSA) в течение срока хранения, результаты представлены на рисунке 7.

В большинстве образцов в первый день после ферментации наблюдается увеличение антиоксидантной активности, что может быть связано с интенсивным накоплением метаболитов в начальные этапы хранения. Так, при ферментации штаммами *L. bulgaricus*, *P. shermanii* KM-186, *B. bifidum* и *B. coagulans* MTCC 5856 антиоксидант-

ная активность в первый день после ферментации увеличилась на 14,88 %, 21,64 %, 9,30 % и 29,79% соответственно по сравнению с образцом до ферментации, антиоксидантная активность которого составляет 42,93 % (FRSA).

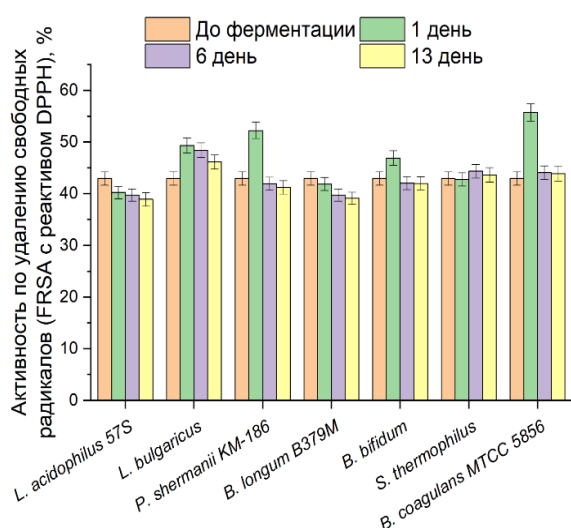


Рис. 7. Изменение антиоксидантной активности ферментированной гороховой дисперсии в процессе хранения, %

Fig. 7. Changes in antioxidant activity of fermented pea dispersion during storage, %

После ферментации штаммами *L. acidophilus* 57S и *B. longum* B379M было выявлено незначительное уменьшение антиоксидантной активности, причем в процессе хранения наблюдается тенденция к дальнейшему снижению антиоксидантной активности до 38,91 % и 39,11% (FRSA) соответственно.

На 13 день хранения антиоксидантная активность образца, ферментированного штаммом *L. bulgaricus*, была выше, чем у дисперсии до ферментации - 46,14 %. У остальных образцов, за исключением образца ферментированного штаммом *B. longum* B379M и *L. acidophilus* 57S, на 13 день хранения не было статистически значимых различий в антиоксидантной активности по сравнению с дисперсией до ферментации.

В ходе исследования из нескольких пробиотических культур микроорганизмов была подобрана оптимальная культура микроорганизмов для получения ферментированного продукта с достойными органолептическими свойствами. Полученные ферментированные продукты можно использовать в качестве как самостоятельных продуктов, так и в качестве основы для приготовления различных десертов, в том числе мороженого.

Закключение. В данной работе были представлены результаты, которые показывают, что гороховая дисперсия является подходящей основой для производства ферментированного продукта. Эффективность ферментации гороховой дисперсии различными штаммами значительно варьируется, что следует учитывать при разработке функциональных ферментированных продуктов с оптимальными органолептическими и биотехнологическими характеристиками. Однако в целом все использованные штаммы микроорганизмов могут ферментировать гороховую дисперсию. Длительность ферментации зависит от вида и штамма микроорганизма и составляет от 7 до 15 часов.

В большинстве образцов был отмечен прирост биомассы при ферментации гороховой дисперсии. Наибольшее увеличение численности микроорганизмов было отмечено в образцах, ферментированных *B. bifidum* и *B. coagulans* MTCC 5856. Однако эффективность роста и продуцирования продуктов метаболизма, в том числе молочной и пропионовой кислот, различается между штаммами.

В первый день после ферментации у большинства образцов отмечается повышение антиоксидантной активности, у образца, ферментированного *L. bulgaricus*, антиоксидантная активность была выше, чем у дисперсии до ферментации на 13 день хранения. У остальных образцов на 13 день хранения либо не было статистически

значимых различий в антиоксидантной активности по сравнению с дисперсией до ферментации, либо антиоксидантная активность была ниже, чем у дисперсии до ферментации.

Ферментация гороховой дисперсии приводит к значительному изменению органолептических свойств продукта, улучшая гомогенность, снижая горечь и усиливая кислотность. Наилучшую органолептическую оценку получили образцы, ферментированные штаммами *B. bifidum*, *B. longum* B379M и *L. bulgaricus*. Образцы, ферментированные *L. acidophilus* 57S и *B. coagulans* MTCC 5856, имеют наихудшую органолептическую оценку, в том числе из-за появления неприятного вкуса и запаха у последнего. Поэтому использование данных штаммов в качестве монокультур для ферментации не рекомендуется, но их влия-

ние на органолептические показатели гороховой дисперсии может отличаться при использовании в составе консорциума микроорганизмов.

Таким образом, гороховая дисперсия представляет собой перспективную основу для производства как самостоятельных ферментированных продуктов, так и в качестве ферментированного компонента десертов, в том числе замороженных. Технология получения гороховой дисперсии и ферментированных продуктов на ее основе не требует дорогостоящего оборудования, так как для большей части операций могут использоваться уже существующие на производстве линии и единицы оборудования для производства напитков. В связи с этим продукты на растительной основе из гороха могут быть легко внедрены на предприятии любой мощности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Medici E., Craig W.J., Rowland I.A Comprehensive Analysis of the Nutritional Composition of Plant-Based Drinks and Yogurt Alternatives in Europe // *Nutrients*. 2023. Vol. 15, No.15. P. 3415. DOI: 10.3390/nu15153415.
2. Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics / Reyes-Jurado F. [et al.] // *Food Reviews International*. 2021. Vol. 16, No. 39(4). P. 1-32. DOI: 10.1080/87559129.2021.1952421.
3. Catanzaro R., Sciuto M., Marotta F. Lactose intolerance: an update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment // *Nutrition Research*. 2021. Vol. 89. P. 23-34. DOI: 10.1016/j.nutres.2021.02.003.
4. Lactase deficiency in Russia: multiethnic genetic study / Kovalenko E. [et al.] // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2023. Vol. 77, No. 8. P. 803-810. DOI: 10.1038/s41430-023-01294-8.
5. Cow's milk protein allergy, quality of life and parental style / Korz V. [et al.] // *Journal of Human Growth and Development*. 2021. Vol. 31, No. 1. P. 28-36. DOI: 10.36311/jhgd.v31.11077.
6. The natural history of IgE-mediated cow's milk allergy / Skripak J.M. [et al.] *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2007. Vol. 120, No. 5. P. 1172-1177. DOI: 10.1016/j.jaci.2007.08.023

7. National prevalence and risk factors for food allergy and relationship to asthma: Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2006 / Liu A.H. [et al.] // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2010. Vol. 126, No. 4. P. 798-806.e14. DOI: 10.1016/j.jaci.2010.07.026.
8. Senaratne-Lenagala L., Stube A., Brackenridge A. Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production / Ismail B.P. // *Animal Frontiers*. 2020. Vol. 10, No. 4. P. 53-63. DOI: 10.1093/af/vfaa040.
9. Cheng M., McCarl B., Fei C. Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. *Atmosphere*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 140. DOI: 10.3390/atmos13010140.
10. Park Y.W. The impact of plant-based non-dairy alternative milk on the dairy industry. *Food Science of Animal Resources*. 2020. Vol. 41, No. 1. DOI: 10.5851/kosfa.2020.e82
11. Etter B., Michel F., Siegrist M. Consumers' Categorizations of Dairy Products and Plant-Based Milk, Yogurt, and Cheese Alternatives. *Appetite*. 2024. Vol. 203, No. 1. P. 107658-8. DOI: 10.1016/j.appet.2024.107658
12. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2016. Vol. 53, No. 9. P. 3408-23. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3
13. Llobell F., Giacalone D., Roigard C.M., Jaeger S.R. Plant-based alternatives vs. dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products / Cardello A.V. [et al.] // *Food Quality and Preference*. 2022. Vol. 100. P. 104599. DOI: 10.1016/j.foodqual.2022.104599
14. Падерина Е.Е. Оценка эффективности ферментации растительного молока для снижения антипитательных факторов // *Экологические проблемы региона и пути их разрешения: материалы XVIII Международной научно-практической конференции (Омск, 16-18 мая 2024 г.)*. Омск: Омский государственный технический университет, 2024. С. 119-125.
15. Dhankhar J.A Perspective on the Pros and Cons, Manufacturing Aspects, and Recent Advances in Nondairy Milk Alternatives. *Journal of Microbiology, Biotechnology & Food Sciences*. 2023. Vol. 12, No. 5. P. 1-11. DOI: 10.55251/jmbfs.9543.
16. Application of legumes in plant-based milk alternatives: a review of limitations and solutions / Xiong X. [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. P. 1-17. DOI: 10.1080/10408398.2024.2365353.
17. Silva A.R.A., Silva M.M.N., Ribeiro B.D. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*. 2020. Vol. 131. P. 108972. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108972.
18. Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects // *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 70. P. 103975. DOI: 10.1016/j.jff.2020.103975.
19. Aydar A.Y., Mataracı C.E., Sağlam T.B. Development and modeling of a novel plant-based yoghurt produced by Jerusalem artichoke and almond milk using l-optimal mixture design // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021. Vol. 15, No. 4. P. 3079-87. DOI: 10.1007/s11694-021-00884-z.
20. Сельское хозяйство в России. 2021: статистический сборник / Росстат. М., 2021. 100 с.
21. Kumari T., Deka S.C. Potential health benefits of garden pea seeds and pods: A review // *Legume Science*. 2021. Vol. 3, No. 2. DOI: 10.1002/leg3.82.

22. The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry / Shanthakumar P. [et al.] // *Molecules*. 2022. Vol. 27, No. 16. P. 5354. DOI: 10.3390/molecules27165354.
23. A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications / Wu D [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 13. P. 2527-7. DOI: 10.3390/foods12132527.
24. A review on nutritional composition, health benefits and potential applications of by-products from pea processing / Nasir G. // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2022. No. 6(14). P. 10829-10842. DOI: 10.1007/s13399-022-03324-0.
25. Ability of (extruded) pea protein products to partially replace pork meat in emulsified cooked sausages / Broucke K. [et al.] // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2022. Vol. 7. P. 102992. DOI: 10.1016/j.ifset.2022.102992.
26. Boukid F., Rosell C.M., Castellari M. Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 110. P. 729-42. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.040.
27. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value / Tangyu M. [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019. Vol. 103(23/24). P. 9263-75. DOI: 10.1007/s00253-019-10175-9.
28. Трансформация технологических свойств и органолептических характеристик растительного сырья в получении ферментированных аналогов молочных продуктов / Галочкина Н.А. [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2023. № 4. С. 92-99. DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-92-99.
29. Stobiecka M., Król J., Brodziak A. Antioxidant Activity of Milk and Dairy Products. *Animals*. 2022. No. 12(3). P. 245. DOI: 10.3390/ani12030245.
30. Fermentation Affects the Antioxidant Activity of Plant-Based Food Material through the Release and Production of Bioactive Components / Zhao Y.S. [et al.] // *Antioxidants*. 2021. No. 10(12). P. 2004. DOI: 10.3390/antiox10122004.
31. Mondragon A.C., Miranda J.M., Lombardo M., Koch W., Raposo A., et al. The Impact of Fermentation on the Antioxidant Activity of Food Products / Sümeyye S. [et al.] // *Molecules*. 2024. Vol. 29, No. 16. P. 3941-1. DOI: 10.3390/molecules29163941.
32. Alam S., Begum R.A., Shahjahan R.M., Khandaker A.M. The role of probiotics on animal health and nutrition / Anee I.J. [et al.] // *The Journal of Basic and Applied Zoology*. 2021. Vol. 82, No. 1. DOI: 10.1186/s41936-021-00250-x.
33. In-Vitro Antibacterial Activity of Probiotic Against Human Multidrug Resistant Pathogens / Saud B. [et al.] // *Archives of Veterinary Science and Medicine*. 2020. No. 03(01). DOI: 10.26502/avsm.013.
34. Zahrani A.J., Shori A.B. Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus*. spp // *LWT*. 2023. Vol. 176. P. 114531. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114531.
35. Batch Fermentation Model of Propionic Acid Production by *Propionibacterium acidipropionici* in Different Carbon Sources / Coral J. [et al.] // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2008. Vol. 151, No. 2/3. P. 333-41. DOI: 10.1007/s12010-008-8196-1.
36. Antioxidant activity of raw milk and dairy products commonly consumed in Fars province, Iran / Jafari M. [et al.] // *J Food Safe & Hyg*. 2017. No. 3(1/2).
37. Huo C., Yang X., Li L. Non-beany flavor soymilk fermented by lactic acid bacteria: Characterization, stability, antioxidant capacity and in vitro digestion. *Food Chemistry X*. 2023. No. 17. P. 100578-8. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100578.

38. Яковченко Н.В., Анцыперова М.А. Перспективы применения пробиотических микроорганизмов при производстве ферментированных продуктов на соевой основе // Аграрная наука. 2024. № 3. С. 149-156. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-149-156.

39. Перспективы применения пробиотических микроорганизмов при производстве ферментированных продуктов на гречневой основе / Гелазов Р.Х. [и др.] // Аграрная наука. 2024. № 4. С. 138-145. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145.

40. Developments in the isolation, composition, and physicochemical properties of legume starches / Ashogbon A.O. [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020. P. 1-22. DOI: 10.1080/10408398.2020.1791048.

41. Егорова, Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 25-34.

42. Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes / Kan L. [et al.] // Food Chemistry. 2018. Vol. 260. P. 317-26. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.148.

43. Impact of molecular structure on the physicochemical properties of starches isolated from different field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Saskatchewan, Canada / Raghunathan R [et al.] // Food Chemistry. 2017. Vol. 221. P. 1514-21. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.10.142.

REFERENCES

1. Medici E., Craig W.J., Rowland I.A Comprehensive Analysis of the Nutritional Composition of Plant-Based Drinks and Yogurt Alternatives in Europe // Nutrients. 2023. Vol. 15, No.15. P. 3415. DOI: 10.3390/nu15153415.

2. Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics / Reyes-Jurado F. [et al.] // Food Reviews International. 2021. Vol. 16, No. 39(4). P. 1-32. DOI: 10.1080/87559129.2021.1952421.

3. Catanzaro R., Sciuto M., Marotta F. Lactose intolerance: an update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment // Nutrition Research. 2021. Vol. 89. P. 23-34. DOI: 10.1016/j.nutres.2021.02.003.

4. Lactase deficiency in Russia: multiethnic genetic study / Kovalenko E. [et al.] // European Journal of Clinical Nutrition. 2023. Vol. 77, No. 8. P. 803-810. DOI: 10.1038/s41430-023-01294-8.

5. Cow's milk protein allergy, quality of life and parental style / Korz V. [et al.] // Journal of Human Growth and Development. 2021. Vol. 31, No. 1. P. 28-36. DOI: 10.36311/jhgd.v31.11077.

6. The natural history of IgE-mediated cow's milk allergy / Skripak J.M. [et al.] Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2007. Vol. 120, No. 5. P. 1172-1177. DOI: 10.1016/j.jaci.2007.08.023

7. National prevalence and risk factors for food allergy and relationship to asthma: Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2006 / Liu A.H. [et al.] // Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2010. Vol. 126, No. 4. P. 798-806.e14. DOI: 10.1016/j.jaci.2010.07.026.

8. Senaratne-Lenagala L., Stube A., Brackenridge A. Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production / Ismail B.P. // Animal Frontiers. 2020. Vol. 10, No. 4. P. 53-63. DOI: 10.1093/af/vfaa040.

9. Cheng M., McCarl B., Fei C. Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. *Atmosphere*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 140. DOI: 10.3390/atmos13010140.
10. Park Y.W. The impact of plant-based non-dairy alternative milk on the dairy industry. *Food Science of Animal Resources*. 2020. Vol. 41, No. 1. DOI: 10.5851/kosfa.2020.e82
11. Etter B., Michel F., Siegrist M. Consumers' Categorizations of Dairy Products and Plant-Based Milk, Yogurt, and Cheese Alternatives. *Appetite*. 2024. Vol. 203, No. 1. P. 107658-8. DOI: 10.1016/j.appet.2024.107658
12. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2016. Vol. 53, No. 9. P. 3408-23. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3
13. Llobell F., Giacalone D., Roigard C.M., Jaeger S.R. Plant-based alternatives vs. dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products / Cardello A.V. [et al.] // *Food Quality and Preference*. 2022. Vol. 100. P. 104599. DOI: 10.1016/j.foodqual.2022.104599
14. Paderina E.E. Evaluation of the efficiency of plant milk fermentation to reduce antinutritional factors // *Environmental problems of the region and ways to resolve them: Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference (Omsk, May 16-18, 2024)*. Omsk: Omsk State Technical University, 2024. P. 119-125. [In Russ.]
15. Dhankhar J.A Perspective on the Pros and Cons, Manufacturing Aspects, and Recent Advances in Nondairy Milk Alternatives. *Journal of Microbiology, Biotechnology & Food Sciences*. 2023. Vol. 12, No. 5. P. 1-11. DOI: 10.55251/jmbfs.9543.
16. Application of legumes in plant-based milk alternatives: a review of limitations and solutions / Xiong X. [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. P. 1-17. DOI: 10.1080/10408398.2024.2365353.
17. Silva A.R.A., Silva M.M.N., Ribeiro B.D. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*. 2020. Vol. 131. P. 108972. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108972.
18. Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects // *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 70. P. 103975. DOI: 10.1016/j.jff.2020.103975.
19. Aydar A.Y., Mataracı C.E., Sağlam T.B. Development and modeling of a novel plant-based yoghurt produced by Jerusalem artichoke and almond milk using l-optimal mixture design // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021. Vol. 15, No. 4. P. 3079-87. DOI: 10.1007/s11694-021-00884-z.
20. Agriculture in Russia. 2021: statistical collection / Rosstat. M., 2021. 100 p. [In Russ.]
21. Kumari T., Deka S.C. Potential health benefits of garden pea seeds and pods: A review // *Legume Science*. 2021. Vol. 3, No. 2. DOI: 10.1002/leg3.82.
22. The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry / Shanthakumar P. [et al.] // *Molecules*. 2022. Vol. 27, No. 16. P. 5354. DOI: 10.3390/molecules27165354.
23. A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications / Wu D [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 13. P. 2527-7. DOI: 10.3390/foods12132527.
24. A review on nutritional composition, health benefits and potential applications of by-products from pea processing / Nasir G. // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2022. No. 6(14). P. 10829-10842. DOI: 10.1007/s13399-022-03324-0.

25. Ability of (extruded) pea protein products to partially replace pork meat in emulsified cooked sausages / Broucke K. [et al.] // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2022. Vol. 7. P. 102992. DOI: 10.1016/j.ifset.2022.102992.
26. Boukid F., Rosell C.M., Castellari M. Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 110. P. 729-42. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.040.
27. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavor and nutritional value / Tangyu M. [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019. Vol. 103(23/24). P. 9263-75. DOI: 10.1007/s00253-019-10175-9.
28. Transformation of technological properties and organoleptic characteristics of plant materials in the production of fermented analogues of dairy products / Galochkina N.A. [et al.] // *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products*. 2023. No. 4. P. 92-99. DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-92-99. [In Russ.]
29. Stobiecka M., Król J., Brodziak A. Antioxidant Activity of Milk and Dairy Products. *Animals*. 2022. No. 12(3). P. 245. DOI: 10.3390/ani12030245.
30. Fermentation Affects the Antioxidant Activity of Plant-Based Food Material through the Release and Production of Bioactive Components / Zhao Y.S. [et al.] // *Antioxidants*. 2021. No. 10(12). P. 2004. DOI: 10.3390/antiox10122004.
31. The Impact of Fermentation on the Antioxidant Activity of Food Products / Sümeyye S. [et al.] // *Molecules*. 2024. Vol. 29, No. 16. P. 3941-1. DOI: 10.3390/molecules29163941.
32. The role of probiotics on animal health and nutrition / Anee I.J. [et al.] // *The Journal of Basic and Applied Zoology*. 2021. Vol. 82, No. 1. DOI: 10.1186/s41936-021-00250-x.
33. In-Vitro Antibacterial Activity of Probiotic Against Human Multidrug Resistant Pathogens / Saud B. [et al.] // *Archives of Veterinary Science and Medicine*. 2020. No. 03(01). DOI: 10.26502/avsm.013.
34. Zahrani A.J., Shori A.B. Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus*. spp. L.W.T. 2023. Vol. 176. P. 114531. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114531.
35. Batch Fermentation Model of Propionic Acid Production by *Propionibacterium acidipropionici* in Different Carbon Sources / Coral J. [et al.] // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2008. Vol. 151, No. 2/3. P. 333-41. DOI: 10.1007/s12010-008-8196-1.
36. Antioxidant activity of raw milk and dairy products commonly consumed in Fars province, Iran / Jafari M. [et al.] // *J Food Safe & Hyg*. 2017. No. 3(1/2).
37. Huo C., Yang X., Li L. Non-beany flavor soymilk fermented by lactic acid bacteria: Characterization, stability, antioxidant capacity and in vitro digestion. *Food Chemistry X*. 2023. No. 17. P. 100578-8. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100578.
38. Yakovchenko N.V., Antsyperova M.A. Prospects for the use of probiotic microorganisms in the production of fermented soybean-based products // *Agrarian science*. 2024. No. 3. P. 149-156. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-149-156. [In Russ.]
39. Prospects for the use of probiotic microorganisms in the production of fermented buckwheat-based products / Gelazov R.Kh. [et al.] // *Agrarian science*. 2024. No. 4. P. 138-145. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145. [In Russ.]
40. Developments in the isolation, composition, and physicochemical properties of legume starches / Ashogbon A.O. [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. P. 1-22. DOI: 10.1080/10408398.2020.1791048.

41. Egorova E.Yu. «Non-dairy milk»: a review of raw materials and technologies // Polzunovsky Vestnik. 2018. No. 3. P. 25-34. [In Russ.]
42. Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes / Kan L. [et al.] // Food Chemistry. 2018. Vol. 260. P. 317-26. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.148.
43. Impact of molecular structure on the physicochemical properties of starches isolated from different field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Saskatchewan, Canada / Raghunathan R [et al.] // Food Chemistry. 2017. Vol. 221. P. 1514-21. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.10.142.

Информация об авторах / Information about the authors

Самсонова Дарья Андреевна, аспирант факультета биотехнологий, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»; 191002, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1770-4456>, e-mail: dashafom@mail.ru

Баруа Субхраджит, аспирант факультета биотехнологий, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 191002, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3303-774>, e-mail: sbarua@itmo.ru

Гурда Мария Дмитриевна, аспирант факультета биотехнологий, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 191002, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6463-8036>, e-mail: marusia-gurda@mail.ru

Яковченко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 191002, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5188-5916>, e-mail: nviakovchenko@itmo.ru

Daria A. Samsonova, Postgraduate student, Faculty of Biotechnology, ITMO National Research University, 191002, the Russian Federation, St. Petersburg, 9 Lomonosov str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1770-4456>, e-mail: dashafom@mail.ru

Subhrajit Barua, Postgraduate student, Faculty of Biotechnology, ITMO National Research University, 191002, the Russian Federation, St. Petersburg, 9 Lomonosov str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3303-774>, e-mail: sbarua@itmo.ru

Maria D. Gurda, Postgraduate student, Faculty of Biotechnology, ITMO National Research University, 191002, the Russian Federation, St. Petersburg, 9 Lomonosov str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6463-8036>, e-mail: marusia-gurda@mail.ru

Natalia V. Iakovchenko, PhD (Eng.), Associate Professor, the Faculty of Biotechnology, ITMO National Research University, 191002, the Russian Federation, St. Petersburg, 9 Lomonosov str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5188-5916>, e-mail: nviakovchenko@itmo.ru

Заявленный вклад авторов

Самсонова Д.А., Баруа С., Гурда М.Д., Яковченко Н.В. – проведение эксперимента
Самсонова Д.А., Баруа С., Гурда М.Д. – подбор литературных источников
Самсонова Д.А. – оформление статьи по требованиям журнала
Самсонова Д.А., Яковченко Н.В. – разработка методики исследования, валидация данных

Claimed contribution of authors

Samsonova D.A., Barua S., Gurda M.D., Yakovchenko N.V. – conducting the experiment
Samsonova D.A., Barua S., Gurda M.D. – selection of literary sources
Samsonova D.A. – article design according to the Journal requirements
Samsonova D.A., Yakovchenko N.V. – development of the research methodology, data validation

Поступила в редакцию 09.01.2025
Поступила после рецензирования 20.02.2025
Принята к публикации 24.02.2025

Received 09.01.2025
Revised 20.02.2025
Accepted 24.02.2025



Результаты поисковых исследований по разработке системы применения минеральных удобрений в многолетних насаждениях в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики

Х.З. Бишенов✉, М.А. Варквасова, Ж.О. Канукова

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»;
г. Нальчик, Российская Федерация
✉hasanbi75@mail.ru*

Аннотация. Объекты исследования: яблоня сорт Флорина на полукарликовом подвое СК-2, иммунный к парше, по схеме посадки 2х5м; молодой интенсивный сад перспективных сортов яблони на карликовом подвое М-9 по схеме посадки 3,5х0,8м. **Целью** исследований является разработка эффективной системы применения минеральных удобрений, приуроченных к основным фазам развития растений в интенсивных насаждениях яблони в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. Для этого решаются **задачи** по определению влияния на рост, развитие, продуктивность и качество плодовой продукции яблони листовых подкормок на фоне минеральных удобрений; корректировка норм, доз, сроков и способов их применения. **Методы исследований:** аналитический, статистический, полевой. Полевые и лабораторные опыты проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях [6], методиками полевого опыта Б.А. Доспехова [3]. **Результаты работы и их новизна.** Лучшие результаты по продуктивности и качеству урожая получены на варианте «Нитроаммофоска» (16-16-16) 120кг д.в./га+нитрат кальция 25кг д.в./га+листовые подкормки». На данном варианте сорт яблони Флорина дал превышение над контрольным вариантом по урожайности 5%. Содержание сухих веществ и сумма сахаров соответствуют оптимальному содержанию в плодах яблони. Содержание витамина «С» колеблется в пределах 7,5-12,32%, максимальное значение данного показателя получено на контрольном варианте. Процент кислотности ниже на вариантах «Нитроаммофоска (16-16-16) 90кг д.в./га» и «Нитроаммофоска (16-16-16) 120кг д.в./га» и составляет 0,33мг/%. На всех вариантах с применением удобрений в плодах сорта «Флорина», кроме варианта «Нитроаммофоска (16-16-16) 60кг д.в./га+нитрат кальция (25 ед.)», наблюдается увеличение сахаро-кислотного индекса на 6-8 единиц по сравнению с контролем (26ед.), что показывает улучшение вкусовых качеств плодовой продукции на этих вариантах.

Ключевые слова: яблоня, сорт, интенсивный сад, минеральное питание, минеральные удобрения, питательные вещества, микроудобрения, листовые подкормки, ростовые процессы, масса плодов, качество плодов, урожайность

Для цитирования: Бишенов Х.З., Варквасова М.А., Канукова Ж.О. Результаты поисковых исследований по разработке системы применения минеральных удобрений в многолетних насаждениях в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):110-122. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-110-122>

The exploratory research results on the development of a system for the application of mineral fertilizers in perennial plantings in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic

H.Z. Bishenov✉, M.A. Varkvasova, J.O. Kanukova

*The North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Gardening;
Nalchik, the Russian Federation
✉hasanbi75@mail.ru*

Abstract. The objects of the research are the following: Florina apple tree variety on semi-dwarf rootstock SK-2, immune to scab, according to the planting scheme of 2x5 m; young intensive orchard of promising apple varieties on dwarf rootstock M-9 according to the planting scheme of 3.5x0.8 m. **The objective of the research** is to develop an effective system of application of mineral fertilizers, timed to the main phases of plant development in intensive apple tree plantations in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. For this purpose, the problems of determining the effect of foliar feeding on the growth, development, productivity and quality of apple fruit production against the background of mineral fertilizers, adjustment of rates, doses, timing and methods of their application have been solved. **The research methods** used are analytical, statistical, field ones. Field and laboratory experiments were carried out in accordance with the guidelines for laying out and conducting experiments with fertilizers in fruit and berry plantations [6], and the methods of field experiment of B.A. Dospekhov [3]. **The Results of the research and their novelty.** The best results in terms of productivity and crop quality were obtained with the variant "Nitroammophoska" (16-16-16) 120 kg active ingredient/ha + calcium nitrate 25 kg active ingredient/ha + foliar feeding". With this variant, the Florina apple variety gave a 5% yield excess over the control variant. The dry matter content and the amount of sugars corresponded to the optimal content in apple fruits. The vitamin C content fluctuated within 7.5-12.32%, the maximum value of this indicator was obtained with the control variant. The acidity percentage was lower with the variants "Nitroammophoska" (16-16-16) 90 kg active ingredient/ha and "Nitroammophoska (16-16-16) 120 kg active ingredient/ha" and is 0.33 mg/%. In all variants with the use of fertilizers in the fruits of the Florina variety, except for the variant "Nitroammophoska" (16-16-16) 60 kg active ingredient / ha + calcium nitrate (25 units), an increase in the sugar-acid index by 6-8 units was observed compared to the control (26 units), which showed an improvement in the taste of fruit products in these variants.

Keywords: apple tree, variety, intensive orchard, mineral nutrition, mineral fertilizers, nutrients, micro-nutrients, foliar feeding, growth processes, fruit weight, fruit quality, yield

For citation: Bishenov Kh.Z., Varkvasova M.A., Kanukova Zh.O. The exploratory research results on the development of a system for the application of mineral fertilizers in perennial plantings in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Novye tehnologii / New technologies / New technologies*. 2025; 21(1):110-122. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-110-122>

Введение. «Интенсификация отрасли садоводства невозможна без создания современных технологий, обеспечивающих реализацию биологического потенциала плодовых растений, экономное расходование природных ресурсов, охрану среды и получение качественной стандартной продукции» [1]. «Оптимизация применения агрохимических

средств – основное условие в решении проблемы сохранения и воспроизводства плодородия почвы, улучшения экологического состояния, достижения высокой продуктивности агроэкосистем» [8].

В эпоху точного земледелия разумное использование водных ресурсов, а также правильное использование минеральных

удобрений имеют первостепенное значение для сокращения затрат на сельское хозяйство. Поэтому необходимы усилия по повышению эффективности использования питательных веществ, а также по защите окружающей среды от избыточных минералов, которые могут представлять серьезную угрозу загрязнения водоносных горизонтов [12].

В промышленное плодоводство широко внедряются агротехнические методы повышения и стабилизации продуктивности плодовых культур. Одним из ключевых источников активации физиолого-биохимических процессов является внесение внекорневых подкормок микроудобрениями. Эффективность этого приема заключается в способности листа поглощать минеральные вещества в виде ионов вместе с водой и транспортировать по симпласту.

Удобрения выполняют комплексные функции в агроценозе, они улучшают агрохимические и агрофизические свойства почвы. В критический период развития растений, когда размеры потребления минеральных элементов невелики, но крайне необходимы их наличие и баланс, важно обеспечить их питательными веществами. В этот момент особое значение приобретает листовая подкормка. Листовая подкормка яблони значительно усиливает физиологическую деятельность листьев, рост побегов, влияет на урожайность и качество плодов. Недостаточность того или иного элемента питания отрицательно сказываются и приводят к нарушениям обмена веществ, функциональным заболеваниям и сокращению продуктивного периода деревьев.

«Передовые методы, направленные на правильное регулирование минерального питания фруктовых деревьев, также необходимы для повышения урожайности и качества плодов; тема заслуживает особого внимания в контексте глобальных изменений, которые могут серьезно повлиять на управление плодовыми деревьями» [13].

«Потребность плодовых растений в элементах минерального питания в течение вегетационного периода, в связи с прохождением тех или иных фенологических фаз роста и развития, постоянно меняется. Плодовые деревья наиболее интенсивно поглощают питательные вещества с весны до начала лета, то есть в фазу усиленного вегетационного роста и нарастания площади листовой поверхности, и в летний период – фазу закладки плодовых образований и формирования урожая плодов» [11].

Изучение и разработка эффективной системы применения минеральных удобрений в многолетних насаждениях на сегодняшний день является актуальной и заключается в совершенствовании технологии интенсивного садоводства для предгорных и горных районов Кабардино-Балкарской Республики, а также аналогичных территорий Российской Федерации, с целью повышения урожайности и качества плодовой продукции с сохранением почвенного плодородия.

Целью исследований является разработка эффективной системы применения минеральных удобрений, приуроченных к основным критическим фазам развития растений в интенсивных насаждениях яблони на выщелоченных чернозёмах предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики.

Методы и методология исследований. Методы исследований: аналитический, статистический, полевой. Полевые и лабораторные опыты проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях [6], методиками полевого опыта Б.А. Доспехова [3].

Результаты. Опыты заложены на опытных участках ФГБНУ СевКавНИИГиПС (г. Нальчик) в саду 2016 г. посадки, а также на опытном участке молодых интенсивных насаждений 2024 г. посадки. Объектом

исследований являются растения яблони: зимний сорт Флорина, обладающий иммунитетом к парше, и перспективные сорта яблони: Иноред стори, Пинк Леди (Розы Глоу), Гренни Смит, Ред делишес (Местар), Супер Чиф, Гала Дарк Барон, Голден Делишес (Рейнджерс).

Опыт 1. Сорт яблони «Флорина» на полукарликовом подвое СК-2, по схеме посадки 5х2 м, заложен в 2016 г. Насаждения расположены на равнинном участке. Почва участка чернозем слабовыщелоченный среднемогучный. Механический состав – тяжелосуглинистый. Система содержания почвы на участке дерново-перегнойная. В приствольных полосах гербицидный пар, в междурядьях – мульчирование срезанной травяной растительностью навесной скоростной роторной косилкой. Повторность в опытах четырехкратная, по 6 учетных растений в повторности.

Проведенным почвенным агрохимическим обследованием установлено: наблюдается вскипание от 10% HCl – почва карбонатная; реакция почвенной среды: $pH_{водн}$ – щелочная: (0-20 см) 8,0 ед., (20-40 см) 8,2 ед.; pH_{kcl} – нейтральная: (0-20 см) 6,9 ед., (20-40 см) 7,1 ед.; содержание гумуса – меньше минимального содержания: (0-20 см) 3,14%, (20-40 см) 2,94%. Почвы характеризуются содержанием: массовой доли нитратов – среднее: (0-20 см) 13,62 мг/кг, (20-40 см) 9,66 мг/кг; обменного аммония – очень низкое (0-20 см) 7,18 мг/кг, (20-40 см) 5,56 мг/кг; подвижного фосфора (по методу Мачигина в модификации ЦИНАО): (0-20 см) 23,4 мг/кг – среднее, (20-40 см) 4,8 мг/кг – очень низкое; обменного калия (по методу Мачигина в модификации ЦИНАО): (0-20 см) 290,0 мг/кг – среднее, (20-40 см) 160,0 мг/кг – низкое; обменного кальция – среднее: (0-20 см) 9,38 мг/кг, (20-40 см) 8,36 мг/кг; обменного магния – среднее: (0-20 см) 1,22 мг экв. 100 г почвы, (20-40 см) 1,1 мг экв. 100 г почвы.

«Наличие широкого выбора микроудобрений позволяет использовать их в течение всего вегетационного периода в соответствии с биологическими требованиями плодовых культур» [9, 10]. Воздействие комплексных макро- и микроудобрений на биологическую продуктивность растений позволяет рассматривать изучение эффективности действия листовых подкормок как перспективное направление для улучшения репродуктивной функции деревьев.

На фоне минеральных удобрений проводились листовые подкормки макро- и микроэлементами, приуроченные к определённым фазам развития растений. Нехватка одного из макро- и микроэлементов ограничивает урожайность и не позволяет растению правильно поглощать другие жизненно необходимые составляющие. «Листовая подкормка микроудобрениями усваивается быстрее в 5-8 раз, чем элементы, поступившие в растение через корневую систему. Положительные результаты от подкормки заметны спустя 2-3 дня. Благодаря листовой подкормке увеличиваются и создаются качественно-количественные показатели урожая, а также уменьшаются потери, внесенных в почву» [2, 4, 5].

С учётом сортовой особенности Флорины, а именно склонностью к интенсивному наращиванию вегетативной массы, ставится задача – не допустить чрезмерного набора вегетативной части растения в ущерб генеративным органам. Поэтому заложены варианты опыта с применением различных доз минеральных удобрений, вносимых в прикорневую область с интервалом в 30 кг.д.в./га., для определения оптимальной дозы.

Листовые подкормки приурочивали к основным фазам развития деревьев. В начале апреля, начиная с фазы «Зеленый конус», локально-внутрипочвенно на глубину 15-20 см внесли Нитроаммофоску

N(16):P₂O₅(16):K₂O(16). Для предотвращения горькой ямчатости и повышения лежкости плода с середины апреля в фазу «Розовый бутон» в почву вносили нитрат кальция СаО(26,6) N(15,5). Далее, начиная с фазы «Лещина», в мае проводили листовые подкормки: нитратом кальция СаО(26,6) N(15,5)+карбамид N(46); в июне в фазу «Грецкий орех» КальбитС Са(21) в хелатной форме; и Л-экспресс Марганец 500 SC Mn(29,7) N (0,7) для роста и повышения качества урожайности.

Схема опыта 1:

- 1) контроль без внесения минеральных удобрений и листовой подкормки;
- 2) контроль 2: фон нитроаммофоска (16-16-16) 60кг д.в./га;
- 3) нитроаммофоска (16-16-16) 60 кг д.в./га + нитрат кальция 25 кг д.в./га+ листовые подкормки;
- 4) нитроаммофоска (16-16-16) 90 кг д.в./га + нитрат кальция 25 кг д.в./га+ листовые подкормки;
- 5) нитроаммофоска (16-16-16) 120 кг д.в./га + нитрат кальция 25 кг д.в./га + листовые подкормки.

Питание, почвенная влага, задержание междурядий в садах являются мощными агротехническими приемами влияния на плодородие почвы и обеспечения благоприятных условий для роста и развития растений, повышения урожайности и качества плодов.

Осенние результаты агрохимических исследований показывают, что локальное внутрипочвенное внесение минеральных удобрений и листовые подкормки оказывают положительное влияние на содержание питательных веществ в почве. Проведенным почвенным агрохимическим обследованием установлено: наблюдается вскипание от 10% HCl – почва карбонатная; реакция почвенной среды: pH_{kcl} – нейтральная: (0-20 см) 6,88ед., (20-40 см)

7,14 ед; содержание гумуса – меньше минимального содержания: (0-20 см) 3,08%, (20-40 см) 2,48%. Почвы характеризуются содержанием массовой доли нитратов: (0-20 см) 36,14мг/кг – высокое, (20-40 см) 21,26 мг/кг – повышенное; обменного аммония – очень низкое: (0-20 см) 3,56 мг/кг, (20-40 см) 2,62 мг/кг; подвижного фосфора (по методу Мачигина в модификации ЦИНАО): (0-20 см) 39,67 мг/кг – повышенное, (20-40 см) 12,43 мг/кг – низкое; обменного калия (по методу Мачигина в модификации ЦИНАО): (0-20 см) 316,33 мг/кг – повышенное, (20-40 см) 214,25 мг/кг – среднее.

Опыт 2. Молодой интенсивный сад перспективных сортов яблони на карликовом подвое М-9 по схеме посадки 3,5х0,8 м заложен в 2024 г. Насаждения расположены на равнинном участке. Почва участка – чернозем слабовыщелоченный среднетяжелый. Механический состав – тяжелосуглинистый. Система содержания почвы в приствольных полосах и междурядьях – начальная стадия дерново-перегнойной системы. В междурядьях - скашивание растительности навесной скоростной роторной косилкой, обеспечивающее мульчирование поверхности участка. Повторность в опытах четырёхкратная, по 6 учётных растений в повторности.

Проведенным почвенным агрохимическим обследованием установлено: не наблюдается вскипание от 10% HCl – почва некарбонатная; реакция почвенной среды: pH_{kcl} – нейтральная: (0-20 см) 7,9 ед., (20-40 см) 7,20 ед; содержание гумуса – меньше минимального содержания: (0-20 см) 3,45%, (20-40 см) 2,90%. Почвы характеризуются содержанием: массовой доли нитратов - повышенное: (0-20 см) 29,75 мг/кг - высокое, (20-40 см) 21,86 мг/кг; обменного аммония – очень низкое: (0-20 см) 3,35 мг/кг, (20-40 см) 2,44мг/кг; подвижного фосфора (по методу Чирикова в модификации ЦИНАО): (0-20 см) 142,60 мг/кг –

повышенное, (20-40 см) 75,95 мг/кг – среднее; обменного калия (по методу Чирикова в модификации ЦИНАО – очень высокое: (0-20 см) 263,4 мг/кг, (20-40 см) 216,5 мг/кг.

Проведенные испытания количественного химического анализа почвы показали, что по сравнению с весенними данными внесение минеральных удобрений повлияло на повышение содержания в почве нитратного азота в 2,2-2,6 раз, при этом наблюдается уменьшение количества аммиачного азота в 2,0-2,1 раза. Содержание, в среднем, подвижных легкодоступных форм: фосфора увеличилось в 1,7-2,6 раза, калия – в 1,1-1,3 раза.

Схема опыта 2:

- 1) контроль без внесения минеральных удобрений и листовой подкормки;
- 2) нитроаммофоска (16-16-16) 20 кг д.в./га + нитрат кальция 25 кг д.в./га+ листовые подкормки;
- 3) нитроаммофоска (16-16-16) 30 кг д.в./га + нитрат кальция 25 кг д.в./га+ листовые подкормки;
- 4) нитроаммофоска (16-16-16) 40 кг д.в./га + нитрат кальция 25 кг д.в./га+ листовые подкормки.

Процессы поступления макро- и микро-элементов в корни и в надземную часть растений связаны с метеоусловиями вегетационного периода, водным режимом, величиной урожая и другими факторами. Почвенная влага является решающим

фактором произрастания плодовых культур. Наступление дефицита влаги накладывает глубокий отпечаток на внешний облик и жизнедеятельность дерева, это отражается на функциональной активности всасывающих корней, несущих функцию обеспечения организма водой и поглощение элементов минерального питания. Летний период 2024 года характеризовался дефицитом атмосферных осадков, что отрицательно сказалось на росте, развитии и продуктивности растений.

В процессе роста и развития растения предъявляют определенные требования к минеральному питанию, потребности их меняются в зависимости от фазы роста растений, величины урожая, агротехники, почвенно-климатических и других факторов. Также немаловажное значение имеют и сортовые особенности. Важным визуально наблюдаемым показателем реакции растений на внесение питательных веществ является вегетативный рост. По полученным данным можно отметить, что в результате внесения листовых подкормок на фоне минеральных удобрений, выявлена тенденция ростовой активности плодовых деревьев (табл. 1).

По приросту побегов на сорте «Флорина» выделился вариант Контроль+фон. Превышение над контролем по данному показателю составляет 30%. Наименьший прирост побегов получен на варианте NPK120+Ca+листовые (табл 2).

Таблица 1. Влияние листовых подкормок на фоне минеральных удобрений на ростовые процессы сорта «Флорина»

Table 1. The effect of foliar feeding against the background of mineral fertilizers on the growth processes of “Florina” variety

варианты	средний прирост побега
контроль	70,35
Кфон	91,41
NPK60+ Ca+листовые	80,0
NPK90+ Ca+листовые	75,6
NPK120+ Ca+листовые	68,39

Table 2. The effect of foliar feeding against the background of mineral fertilizers and irrigation on the growth processes of apple trees of the 2024 breed

варианты	сорта													
	Иноред Стори		Пинк Леди		Грени Смит		Ред Делишес		Супер Чиф		Гала Дарк Барон		Голден Делишес	
	диаметр штамба	средний прирост побега	диаметр штамба	средний прирост побега	диаметр штамба	средний прирост побега	диаметр штамба	средний прирост побега	диаметр штамба	средний прирост побега	диаметр штамба	средний прирост побега	диаметр штамба	средний прирост побега
контроль	23,0	49,3	22,3	56,3	20,9	72,1	20,7	51,6	18,0	71,4	22,7	57,3	23,3	58,3
НРК20+ Са+листовые	23,4	62,7	23,5	41,2	20,5	81,4	20,3	61,5	19,3	65,7	23,3	66,7	24,1	64,7
НРК30+ Са+листовые	18,6	61,8	22,3	53,7	21,7	76,3	20,5	59,4	19	72,1	24,0	61,0	24,1	59,6
НРК40+ Са+листовые	22,5	60,9	21,6	60,8	21,3	74,8	20,8	59,8	17,8	73,0	24,5	57,2	23,5	60,5
листовые	22,5	64,8	22,6	55,9	21,8	75,5	20,9	62,4	19,2	73,5	23,5	62,5	23,2	57,9

По биометрическим показателям на сортах Иноред Стори, Пинк Леди и Гала Дарк Барон наилучшие значения по приросту диаметра штамба получены на варианте NPK20+Ca+листовые подкормки. Превышение над контролем по данному показателю по трем сортам составляет от 1,4% до 7,9%. На сортах: Грени Смит, Ред Делишес, Супер Чиф наилучшие значения по приросту диаметра штамба получены на варианте Листовые подкормки. Превышение над контролем составляет от 1% до 4,3%. На сорте Голден Делишес наилучшие значения по приросту диаметра штамба получены на вариантах NPK20+Ca+листовые подкормки и NPK30+Ca+листовые подкормки. Превышение над контролем на данном сорте составляет 3,4%.

По приросту побегов на сортах Иноред Стори, Ред Делишес и Супер Чиф наилучшие значения были получены на варианте Листовые подкормки. Превышение над контролем по данному показателю составляет от 2,9% до 31,4%. По приросту побегов на сорте Пинк Леди наилучшие значения были получены на варианте NPK40+Ca+листовые подкормки. Превышение над контролем по приросту побегов составляет 8%. По приросту побегов на сортах Грени Смит, Гала Дарк Барон и Гол-

ден Делишес наилучшие значения были получены на варианте NPK20+Ca+листовые подкормки. Превышение над контролем составляет от 11% до 16,4%.

Отзывчивость растений на применяемые удобрения выражается в различных визуально наблюдаемых проявлениях функций растений, таких как: увеличение вегетативного прироста, усиление закладки плодовых почек, завязывание плодов, уменьшение осыпания и формирование урожая. Из сочетания всех этих элементов складывается в конечном итоге положительный результат от применения подкормок, дающий повышение урожайности яблони и качества плодов.

По результатам учёта урожайности на вариантах с применением дополнительного минерального питания наблюдается прибавка по массе плода и урожайности по сравнению с контрольным вариантом (табл. 3). Наилучшие результаты по показателям средней массы плода и урожайности показал вариант NPK120+Ca+листовые подкормки. Превышение над контрольным вариантом по урожайности 5,1%, а по массе плодов по данному варианту составило 7%.

Определенные изменения произошли и в химическом составе плодов (табл. 4).

Таблица 3. Показатели урожайности яблони сорта «Флорина»

Table 3. Yield indicators of the "Florina" apple tree variety

варианты	средняя масса плода, г	урожайность, т/га
контроль	158	27,7
Кфон	165	28,6
NPK60+ Ca+листовые	166	28,6
NPK90+ Ca+листовые	165	28,8
NPK120+ Ca+листовые	169	29,1
HCP _{0,5}	1,3	1,7

Таблица 4. Химический анализ качества плодов сорта «Флорина»
Table 4. Chemical analysis of the quality of fruits of the Florina variety

№ п/п	наименование сорта	% сухих раствори- мых веществ	сахара	витамин «С», %	общая кис- лотность, мг/%	сахаро- кислотный индекс
1	контроль	14,8	11,8	12,32	0,46	26
3	Кфон	14,6	11,7	7,5	0,37	32
4	NPK60+ Са+лиственные	13,5	10,8	8,8	0,43	25
2	NPK90+ Са+лиственные	14,0	11,2	9,7	0,33	34
5	NPK120+ Са+лиственные	13,2	10,6	8,0	0,33	32

Химический анализ качества плодов сорта «Флорина» показал, что содержание сухих веществ и суммы сахаров соответствуют оптимальному содержанию в плодах яблони: сухие вещества 13,2-14,8% и сумма сахаров 10,6-11,8%. Содержание витамина «С» колеблется в пределах 7,5-12,32%, максимальное значение данного показателя получено на контрольном варианте. Процент кислотности ниже на вариантах «Нитроаммофоска (16-16-16) 90 кг д.в./га» и «Нитроаммофоска (16-16-16) 120 кг д.в./га» и составляет 0,33 мг/%. На всех вариантах с применением удобрений в плодах сорта «Флорина», кроме как на варианте «Нитроаммофоска (16-16-16) 60 кг д.в./га+нитрат кальция (25 ед), наблюдается увеличение сахаро-кислотного индекса на 6-8 единиц по сравнению с контролем (26 ед), что показывает улучшение вкусовых качеств плодовой продукции на этих вариантах.

Заключение. По всем вариантам опыта наблюдается прибавка по средней массе плода и урожайности по сравнению с контрольным вариантом. Наилучшие результаты по показателям средней массы плода и урожайности показал вариант NPK120+Са+лиственные подкормки. Превышение над контрольным вариантом по

массе плодов по данному варианту составило 7%, а по урожайности – 5,1%.

По биометрическим показателям на сортах Иноред Стори, Пинк Леди и Гала Дарк Барон наилучшие значения по приросту диаметра штамба получены на варианте NPK20+Са+лиственные подкормки. Превышение над контролем по данному показателю составляет от 1,4% до 7,9%. На сортах Грени Смит, Ред Делишес, Супер Чиф наилучшие значения по приросту диаметра штамба получены на варианте Листовые подкормки. Превышение над контролем составляет от 1% до 4,3%. На сорте Голден Делишес наилучшие значения по приросту диаметра штамба получены на вариантах NPK20+Са+лиственные подкормки и NPK30+Са+лиственные подкормки. Превышение над контролем составляет 3,4%.

По приросту побегов на сортах Иноред Стори, Ред Делишес и Супер Чиф наилучшие значения были получены на варианте Листовые подкормки. Превышение над контролем по данному показателю составляет от 2,9% до 31,4%. По приросту побегов на сорте Пинк Леди наилучшие значения были получены на варианте NPK40+Са+лиственные подкормки. Превышение над контролем составляет 8%.

По приросту побегов на сортах: Грени Смит, Гала Дарк Барон и Голден Делишес наилучшие значения были получены на варианте NPK20+Ca+листовые подкормки. Превышение над контролем составляет от 11% до 16,4%.

Содержание сухих веществ и сумма сахаров соответствуют оптимальному содержанию в плодах яблони: сухие вещества 13,2-14,8% и сумма сахаров 10,6-11,8%. Содержание витамина «С» колеблется в пределах 7,5-12,32%, максимальное значение данного показателя получено на кон-

трольном варианте. Процент кислотности ниже на вариантах «Нитроаммофоска (16-16-16) 90 кг д.в./га» и «Нитроаммофоска (16-16-16) 120 кг д.в./га» и составляет 0,33 мг/%. На всех вариантах с применением удобрений в плодах сорта «Флорина», кроме как на варианте «Нитроаммофоска (16-16-16) 60 кг д.в./га+нитрат кальция (25 ед), наблюдается увеличение сахаро-кислотного индекса на 6-8 единиц по сравнению с контролем (26 ед), что показывает улучшение вкусовых качеств плодовой продукции на этих вариантах.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брынкин Н.С. Чернявская Н.В. Сохранение видового разнообразия и почвенного плодородия в плодоводстве на биоценотической основе // Современные проблемы исследования биоразнообразия растительных и животных сообществ и пути их сохранения: сборник материалов международной научно-практической конференции (Южно-Сахалинск, 14-17 окт. 2014 г.). Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет, 2015. С. 19-21. EDN VGYIMD.
2. Дорошенко Т.Н., Чумаков С.С., Максимцев Д.В. Оптимизация продукционного процесса плодовых растений при использовании макро- и микроэлементов в качестве некорневого питания. Краснодар: КубГАУ, 2015.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник для студентов. 6-е изд. стереотип. М.: Альянс, 2011. 350 с.
4. Кузин А.И. Влияние фертигации капельного орошения и некорневых подкормок на продуктивность яблони качество плодов и свойства почвы в интенсивном саду Центрального Черноземья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 130. С. 1-17.
5. Медведева А. Значение внекорневой (листовой) подкормки для формирования урожая // Агро XXI. 2018. № 5. С. 18.
6. Методические указания по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях / сост. А.К. Кондаков, А.А. Пастухова. М., 1981. 39 с.
7. Минеев В.Г. Воспроизводство плодородия почвы и экологические функции удобрений в агроценозе // Проблемы агрохимии и экологии. М., 2008. С. 3-6.
8. Овчинникова М.Ф., Гомонова Н.Ф., Минеев В.Г. Содержание, состав, подвижность гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы и уровень ее биопродуктивности при длительном применении агрохимических средств // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. № 5. С. 22-25. EDN PFTXHP.

9. Влияние листовых подкормок на продуктивность и качество плодов яблони в условиях Краснодарского края / Попова В.П. [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 3. С. 27-31.
10. Попова В.П. Агроэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем: монография. Краснодар: СКЗНИИСВ, 2005. 242 с.
11. Сергеева Н.Н. Влияние некорневых обработок растений специальными удобрениями на продуктивность слаборослой яблони // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 62 (2). С. 72-83.
12. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment / Finger R. [et al.] // Annu. Rev. Resour. Econ. 2019. No. 1. P. 313.
13. Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns // Plants 2018. No. 7. P. 4.

REFERENCES

1. Brynkin N.S., Chernyavskaya N.V. Preservation of species diversity and soil fertility in fruit growing on a biocenotic basis // Modern problems of studying the biodiversity of plant and animal communities and ways of their conservation: collection of materials of the International scientific and practical conference (Yuzhno-Sakhalinsk, October 14-17, 2014). Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin State University, 2015. P. 19-21. EDN VGYIMD. [In Russ.]
2. Doroshenko T.N., Chumakov S.S., Maksimtsev D.V. Optimization of the production process of fruit plants using macro- and microelements as foliar nutrition. Krasnodar: KubSAU, 2015. [In Russ.]
3. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment: textbook for students. 6th ed. stereotype. M.: Alliance, 2011. 350 p. [In Russ.]
4. Kuzin A.I. The influence of drip irrigation fertigation and foliar feeding on apple productivity, fruit quality and soil properties in an intensive orchard of the Central Black Earth Region // Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2017. No. 130. P. 1-17. [In Russ.]
5. Medvedeva A. The importance of foliar feeding for crop formation // Agro XXI. 2018. No. 5. P. 18. [In Russ.]
6. Methodical guidelines for laying and conducting experiments with fertilizers in fruit and berry plantations / compiled by A.K. Kondakov, A.A. Pastukhova. M., 1981. 39 p. [In Russ.]
7. Mineev V.G. Reproduction of soil fertility and ecological functions of fertilizers in agrocenosis // Problems of Agrochemistry and Ecology. Moscow, 2008. P. 3-6. [In Russ.]
8. Ovchinnikova M.F., Gomonova N.F., Mineev V.G. Content, composition, mobility of humus substances of sod-podzolic soil and the level of its bioproductivity with long-term use of agrochemicals // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2003. No. 5. P. 22-25. EDN PFTXHP. [In Russ.]
9. The effect of foliar feeding on the productivity and quality of apple fruits in the conditions of the Krasnodar Territory / Popova V.P. [et al.] // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2019. No. 3. P. 27-31. [In Russ.]
10. Popova V.P. Agroecological aspects of the formation of productive garden ecosystems: monograph. Krasnodar: SKZNIISV, 2005. 242 p. [In Russ.]
11. Sergeeva N.N. The effect of foliar treatments of plants with special fertilizers on the productivity of dwarf apple trees // Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2020. No. 62 (2). P. 72-83. [In Russ.]

12. Swinton, S.M.; El Benni, N.; Achim, W. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment / Finger R. [et al.] // Annu. Rev. Resour. Econ. 2019. No. 1. P. 313.

13. Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns // Plants. 2018. No. 7. P. 4.

Информация об авторах/ Information about the authors

Бишенов Хасанби Замахширович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»; 360004, Российская Федерация, г. Нальчик, ул. Калюжного, д. 11, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6301-7406>, e-mail: hasanbi75@mail.ru

Варквасова Марита Азизовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»; 360004, Российская Федерация, г. Нальчик, ул. Калюжного, д. 11, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4121-4577>, e-mail: kbrapple@mail.ru

Канукова Жаннет Османовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»; 360004, Российская Федерация, г. Нальчик, ул. Калюжного, д. 11, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5402-917X>, e-mail: laboratory_cp@mail.ru

Khasanbi Z. Bishenov, PhD (Agr.), Leading Researcher, The North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture; 360004, the Russian Federation, Nalchik, 11 Kalyuzhny St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6301-7406>, e-mail: hasanbi75@mail.ru

Marita A. Varkvasova, PhD (Agr.), Leading Researcher, The North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture; 360004, the Russian Federation, Nalchik, 11 Kalyuzhny St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4121-4577>, e-mail: kbrapple@mail.ru

Jeannette O. Kanukova, PhD (Agr.), Leading Researcher, The North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture; 360004, the Russian Federation, Nalchik, 11 Kalyuzhny St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5402-917X>, e-mail: laboratory_cp@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Бишенов Х.З., Канукова Ж.О. – проведение эксперимента

Бишенов Х.З., Варквасова М.А., Канукова Ж.О. — подбор литературных источников

Бишенов Х.З., Варквасова М.А., Канукова Ж.О. – оформление статьи по требованиям журнала.

Бишенов Х.З., Варквасова М.А., Канукова Ж.О. – разработка методики исследования, валидация данных

The claimed contribution of the authors

Bishenov Kh.Z., Kanukova Zh.O. – conducting the experiment

Bishenov Kh.Z., Varkvasova M.A., Kanukova Zh.O. – selection of literary sources

Bishenov Kh.Z., Varkvasova M.A., Kanukova Zh.O. – article design according to the Journal requirements.

Bishenov Kh.Z., Varkvasova M.A., Kanukova Zh.O. – development of the research methodology, data validation

Поступила в редакцию 16.01.2025

Поступила после рецензирования 21.02.2025

Принята к публикации 24.02.2025

Received 16.01.2025

Revised 21.02.2025

Accepted 24.02.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-123-134>
УДК 635.21:631.559:632.9



Пути снижения вредоносности растениям картофеля переносчиками вирусной инфекции

Т.А. Гериева, У.Ю. Джабиев, С.С. Басиев✉, М.Дз. Газдаров

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»;
г. Владикавказ, Российская Федерация
✉basiev_s@mail.ru*

Аннотация. Введение. Исследования проводились в предгорной зоне РСО – Алания в 2022–2023 гг. для изучения динамики лета тлей – переносчиков вирусов и их влияния на урожайность и качество картофеля. **Цель исследований.** Изучение динамики лета тлей – переносчиков вирусов в вертикальной зональности РСО–Алания и их влияние на урожайность и качество картофеля. **Методы исследования.** Использовались методы учета численности тлей (ловушки Мёрике, шкала Зыкина), лабораторный анализ видового состава и выявление вирусной инфекции (ИФА, ПЦР). Опыты включали варианты без изоляции, пространственную изоляцию на расстоянии 1000–1200 м и изоляцию посевами овса для оценки их эффективности. **Результаты.** Установлено, что пик лёта всех видов крылатых тлей приходился на июль, а период появления лёта тлей, в основном, начинался с середины мая и заканчивался 20 августа. Анализ динамики численности крылатых тлей по месяцам показал, что за 2022 и 2023 годы был зафиксирован максимум численности крушинниковой тли в июне, июле и августе. Доказано, что минимальный урожай сорта Удача и Садон сформировали в 2023 году на варианте без изоляции – 29,4 т/га и 35,0 т/га соответственно. А максимальный урожай исследуемые сорта сформировали на третьем варианте (пространственная изоляция посевами ярового овса по периметру шириной 100 м) в среднем за два года – 39,3 т/га и 40,5 т/га соответственно. **Заключение.** Исследования показали, что изоляционные полосы ярового овса эффективно защищают семенные посадки картофеля, снижая численность тлей на 50%. В предгорной зоне РСО–Алания наиболее распространены крушинная, крушинниковая и большая картофельная тля. Урожайность семенного картофеля на участках с пространственной изоляцией (1000–1200 м от товарных посадок) сохраняется на уровне 3,0–8,4 т/га, что подтверждает эффективность изоляционных мер.

Ключевые слова: картофель, мини-клубни, вирусная инфекция, тля, клубни, переносчики, температура, изоляция, урожайность, пораженность, пространственная изоляция, динамика лёта

Для цитирования: Гериева Т.А., Джабиев У.Ю., Басиев С.С., Газдаров М.Дз. Пути снижения вредоносности растениям картофеля переносчиками вирусной инфекции. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):123–134. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-123-134>

Ways to reduce harm to potato plants caused by virus carriers

T.A. Gerieva, U.Yu. Dzhabiev, S.S. Basiev✉, M.Dz. Gazdarov

Gorsk State Agrarian University; Vladikavkaz, the Russian Federation
✉basiev_s@mail.ru

Abstract. Introduction. The research was conducted in the foothill zone of the Republic of North Ossetia - Alania in 2022-2023 to study the flight dynamics of aphids - virus carriers and their impact on the yield and quality of potatoes. **The goal of the research.** Study of the flight dynamics of aphids - virus carriers in the vertical zonality of the Republic of North Ossetia - Alania and their impact on the yield and quality of potatoes. **The research methods.** The methods used to count aphids (Mörke traps, Zykin scale), laboratory analysis of species composition and detection of viral infection (ELISA, PCR) were used. The experiments included variants without isolation, spatial isolation at a distance of 1000-1200 m and isolation with oat crops to assess their effectiveness. **The Results.** It was found that the peak of the flight of all species of winged aphids occurred in July, and the period of the appearance of aphids' flight mainly began in mid-May and ended on August 20. Analysis of the dynamics of the number of winged aphids by months showed that in 2022 and 2023, the maximum number of buckthorn aphids was recorded in June, July and August. It was proven that the minimum yield of the Udacha and Sadon varieties was formed in 2023 in the variant without isolation - 29.4 t/ha and 35.0 t/ha, respectively. The maximum yield of the studied varieties was formed in the third variant (spatial isolation by spring oat crops along a 100 m wide perimeter) on average over two years - 39.3 t/ha and 40.5 t/ha, respectively. **Conclusion.** The studies have shown that isolation strips of spring oats effectively protect potato seed plantings, reducing the number of aphids by 50%. In the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania, buckthorn, buckthorn and large potato aphids are the most common. The yield of seed potatoes in areas with spatial isolation (1000-1200 m from commercial plantings) remains at the level of 3.0-8.4 t/ha, which confirms the effectiveness of isolation measures.

Keywords: potato, mini-tubers, viral infection, aphid, tubers, vectors, temperature, isolation, yield, infestation, spatial isolation, summer dynamics

For citation: Gerieva T.A., Dzhabiev U.Yu., Basiev S.S., Gazdarov M.Dz. Ways to reduce harm to potato plants caused by virus carriers. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):123-134. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-123-134>

Введение. В нашей стране картофель по объемам потребления на душу населения стоит на одном уровне с зерновыми колосовыми культурами [1]. Технология выращивания картофеля трудозатратна, требует привлечения ручного труда при уборке и закладке на хранение, что, в свою очередь, увеличивает себестоимость производимой продукции. Урожайность культуры в большой степени зависит от качества семенного материала [2]. При выращивании картофеля поражают различные грибные, бактериальные и вирусные болезни. Возбудители, как правило, переда-

ются последующим репродукциям через семенные клубни. Одними из наиболее вредоносных заболеваний этой культуры являются вирусные болезни. Вирусная инфекции наносит огромный ущерб семеноводству картофеля во многих регионах нашей страны. Вирусы или их комплексы вызывают на вегетирующих растениях картофеля характерные симптомы болезней: вирусы X и S вызывают крапчатую мозаику, вирус Y – полосчатую мозаику, в сочетании с X и A – морщинистую мозаику, скручивание листьев вызывает вирус L, курчавость листьев вызывает вирус A,

мозаичное закручивание листьев – вирус М [3]. Наиболее распространенными и вредоносными вирусными болезнями картофеля в нашей стране являются различные мозаики (вирусы У, Х, S, М), а в некоторых районах, кроме того, столбур и вирус веретеновидности клубней. В южных регионах страны, в частности на территории Северо-Кавказского региона, наиболее распространенными по результатам многолетних исследований ученых СКНИИГПСХ Щербина А.Н. и Корсаковой Э.А. считаются морщинистая, крапчатая, полосчатая мозаики и скручивание листьев [4].

Большинство вирусных заболеваний в полевых условиях передается от больных растений к здоровым насекомыми колюще-сосущим ротовым аппаратом. Первое место среди таких насекомых занимают тли [5].

Насекомые, обладающие грызущим ротовым аппаратом, не являются эффективными переносчиками вирусов, так как при питании они совершают глубокие ранения тканей растений, что ведет к отмиранию поврежденных частей вместе с внесенным вирусом.

По данным отечественной и зарубежной литературы, главными переносчиками вирусов картофеля являются следующие виды тли: крушинная (*Aphis nasturtii* Kalt.), крушинниковая (*Aphis frangulae* Kalt.), бахчевая, или огуречная (*Aphis gossypii* Glov.), большая картофельная (*Macrosiphum solanifolii* Ashm.) и обыкновенная картофельная (*Aulacorthum solani* Kalt.). Ряд авторов упоминает как переносчика вируса Y свекловичную тлю (*Aphis fabae* Scop.) [6].

Общепризнанно, что важнейшими переносчиками наиболее вредоносных вирусов картофеля являются виды тлей *Myzodesauctus* Walk, *Rhopalomyzus* (Myzus) *ascalonicus* Donc., *Myzus* (Myzodes) *portulacae* Macch. (*M. ornatus* Laing.), *Neomyzus circumflexus* Buckt., *Rhopalosiphoninus latysiphon* Dav. Последние три вида переносят вирусы в условиях

закрытого грунта (теплицы, хранилища). В переносе вирусов картофеля принимают участие более двух десятков видов тлей.

Насекомое «тля» обладает сезонными изменениями в питательных растениях и чередованием девственного (партеногенетического) и полового размножений в своем жизненном цикле. Летом тли питаются различными травянистыми растениями и размножаются без участия полового процесса, осенью они мигрируют на определенные древесные породы, где откладывают оплодотворенные яйца и затем в этой стадии зимуют [7]. Зимние растения-хозяева строго выбираются: например, персиковая тля может зимовать только на персиках, березах и сливах, а крушинная тля (*a. nasturtii*) способна зимовать на крушине (*rhamnus cathartica*), а крушинниковая тля (*a. frangulae*) – на крушиннике (*frangula alnus*) [8].

Различные варианты тлей: огуречная (или бахчевая), большая картофельная и обыкновенная картофельная не находят зимнего убежища среди зимних растений. Они обычно зимуют в теплицах, подвалах или на осколках травянистых растений. Рассмотрим подробнее персиковую тлю как самую важную особь, распространяющую вирусы картофеля. Жизненные циклы персиковой тли состоят из двух этапов за один год. На территории Северо-Кавказского региона она зимует в виде яиц на персиках (*Prunus persicae* L.), а также на различных видах слив. Летом она перемещается на различные травянистые растения и картофель. На южных территориях тля полностью завершает свои циклы в естественных условиях. С наступлением весны и теплой погоды из зимних яиц появляется первое поколение насекомых. Весеннее поколение тлей, как правило, лишено крыльев и служит основой для последующих поколений. Тли размножаются партеногенетически, то есть путем бесполого размножения. Уже во втором поколении они частично обладают крыльями, но все еще

остаются на персиках и питаются нежными тканями распускающихся почек. Третье поколение тлей всегда полностью обладает крыльями и к концу лета переходит на различные травянистые растения, становясь новыми растительными вредителями. Для тлей первый весенний период длится от 10 до 16 часов после отлёта насекомых с мест зимовки. В этот период тли не останавливаются и движутся вертикально, а ветреная погода способствует их разносу. Во второй период тли окончательно оседают на одном из выбранных растений, начиная автолиз крыльев у крылатых особей [9].

Уровень заселенности тлями зависит от сорта картофеля. Иными словами, для развития одного поколения бескрылой тли требуются определенные условия среднесуточной температуры воздуха и наличие кормовых растений. В благоприятных условиях тли размножаются быстро, и каждая самка может дать до 2500 потомков [10].

Цель исследований. Целью исследований является изучение динамики лета тлей – переносчиков вирусов в вертикальной зональности РСО–Алания и их влияние на урожайность и качественные показатели картофеля.

В задачи исследований входили:

- исследования динамики лета тли в двух природно-климатических зонах РСО–Алания;
- изучение различных видов изоляции на продуктивность заселения тлями посадок картофеля;
- изучение влияния фитосанитарной нагрузки на урожайность и качество семенного картофеля;
- химические меры борьбы посевов картофеля от вирусных болезней;
- экономическая эффективность применения различных видов изоляции от тлей.

Методы исследований. Опыт по выявлению переносчиков вирусной инфекции был заложен в предгорной зоне на выщелоченных черноземах в 2022–2023 гг.

В предгорной зоне предшественником культуры была озимая пшеница. При посадке использовали мини-клубни и первое полевое поколение оригинального семенного материала сортов Удача и Садон. Для определения динамики развития насекомых проводили исследования, основываясь на этапах органогенеза кормовых растений и воздействия погодных условий на них. Численность тлей учитывалась с помощью желтых водяных ловушек Мёрике в строгом соответствии с методикой. Видовой состав тлей определяли с помощью бинокулярных микроскопов в лаборатории ВНЦ РАН по методу Шапошниковой и Зыкина. А.Г. Зыкиным была разработана шкала для определения численности вредителей на листьях, основанная на его исследованиях в 1970 году. Данная шкала характеризует следующие значения численности тлей: низкая – до 100 особей на 100 листьев, относительно низкая – от 100 до 300 особей, средняя – от 300 до 500 особей, высокая – от 800 до 1500 особей, очень высокая – свыше 1500 особей. Опыты по учету и наблюдениям за семенными участками картофеля проводились в соответствии со стандартными методиками, изложенными в различных изданиях. Для проведения исследований использовались полевые, лабораторные и статистические методы.

Учеты и наблюдения по выявлению вирусной инфекции осуществляли методами ИФА и ПЦР в период бутонизации – начала цветения. Отобранный листовой материал на наличие вирусной инфекции растения тестировали с учетом активности крылатых особей тлей, мигрирующих на посадках картофеля.

Варианты опыта в предгорной зоне:

1) без изоляции (семенные посадки расположены в непосредственной близости от общих посадок картофеля и других резерваторов вирусной инфекции);

2) пространственная изоляция на расстоянии 1000–1200 м (семенные посадки

расположены на расстоянии 1000-1200 м от общих посадок картофеля);

3) пространственная изоляция посевами ярового овса (по периметру семенных посадок высеяны полосы овса, шириной 100 м).

Результаты. Во время исследования погодные условия менялись из года в год по температуре и влажности, но в целом были типичными для зоны. В апреле 2022 года температура была на 2°C выше нормы, осадков выпало 70,7 мм, что на 12 мм меньше среднемноголетней нормы. Относительная влажность воздуха составляет 74% от нормы. Погода в мае выдалась нестабильной, холоднее обычного, осадков выпало на 57 мм ниже нормы; остальное время вегетации совпадала с многолетними показателями и особых сюрпризов не вносила.

Июнь был умеренно теплым с количеством осадков выше нормы, а июль был жарким и сухим.

В августе жаркая погода продолжалась с дождями в отдельные дни, что соответствует среднемноголетним данным. Погода в сентябре продолжала оставаться теплой, что способствовало продолжению жизнедеятельности тли.

Агрометеорологические условия данной зоны в 2023 году были отмечены как неблагоприятные: низкие температуры и дожди в апреле-мае не позволили провести посадку в оптимальные сроки. Июнь и июль были теплыми и жаркими с температурами на 0,2-0,3 °C выше среднемноголетних. Количество осадков было выше нормы на 53-86% и носило ливневый характер.

В августе температура воздуха была значительно (на 3,1 °C) выше среднемноголетних значений, при этом осадков выпало в два раза меньше, что сказалось на динамике лёта тли.

Создание оптимальных условий для насекомых в их жизненной среде включает в себя ряд абиотических факторов, как климатические условия, так и тепло, влаж-

ность, свет, движение воздушных масс и т.д. Одним из важнейших климатических факторов, оказывающих существенное влияние на заселение картофеля фитофагами, включая крылатых тлей, является количество осадков, выпавших в период вегетации культурных растений.

Учетные данные показывают, что основными представителями тлей в 2022 году являлись крушинниковая тля, крушинная тля, большая картофельная тля, свекловичная тля, персиковая тля и обыкновенная картофельная тля.

В заселенности посадок картофеля в исследуемом 2022 году колониями тлей сыграла роль жаркая и сухая погода. Это способствовало достижению максимума численности тлей до 63,2 шт./растение. Снижение лёта тлей наблюдалось только с третьей декады июля и до второй декады августа, чему способствовало повышение среднесуточной температуры воздуха до 25-28°C и дождливая погода июля. Снижение среднесуточной температуры до оптимальной привело ко второму пику лёта тлей и был зафиксирован во второй декаде августа.

Исследованиями было установлено, что к началу сентября численность тлей существенно уменьшилась, хотя в августе (табл. 1) насчитывалось крушинной тли более 100 экз.

Благоприятные агрометеорологические условия для развития тлей 2023 года способствовали увеличению их численности по сравнению с 2022 годом (табл. 1).

Как было отмечено выше, температурные показатели 2022 года с мая по июнь способствовали благоприятному росту и развитию растений картофеля. Согласно учетам, основными представителями тлей на картофельном поле, изолированном полосой овса по периметру, были: крушинниковая тля (*Aphis frangulae* Kalt.) – 175,8 ед., крушинная тля (*Aphis nasturtii* Kalt.) – 147,1 ед., большая картофельная тля (*Makrosiphum euphorbiae* Thom) – 93,9 ед.,

свекловичная (*Aphis fabae*) – 84,8 ед., персиковая тля (*Myzodes persicae* Sulz) – 61,1 ед., обыкновенная картофельная тля (*Aulacorthum solani* Kalt.) – 46,6 ед. Изоляция являлась частичной преградой для миграции крылатых особей тлей (табл. 2).

Наблюдения показали, что пик лёта всех видов крылатых тлей приходился на июль, когда была зафиксирована наибольшая сумма эффективных температур. За годы исследования были выявлены границы лёта тлей, а именно – с середины мая и до 20 августа (усредненные данные за

годы проведения опыта в предгорной зоне РСО – Алания).

В конце августа был зафиксирован второй пик лёта тлей, когда температура воздуха снизилась до оптимальной для их развития, а масса ограждающего участка овса потеряла свою зеленую массу. Анализ динамики численности крылатых тлей по месяцам показал, что в среднем за период 2022–2023 годов был зафиксирован максимум в июне, июле и августе для крушинниковой тли, численностью 37,1 ед., 48,0 ед., 61,4 ед. соответственно.

Таблица 1. Численность крылатых тлей в предгорной зоне за период вегетации картофеля (вариант без изоляции, 2022-2023 гг.)

Table 1. Number of winged aphids in the foothill zone during the potato growing season (non-isolation variant, 2022-2023)

видовой состав тлей	год	динамика лёта и изменение численности крылатых тлей					доля рас- смати- ваемого вида, %
		всего, экз.	в том числе, экз.				
			май	июнь	июль	август	
крушинная тля (<i>Aulacorthum solani</i> Kalt)	2022	218,1	27,1	74,5	63,2	53,3	22,1
	2023	250,0	77,6	69,3	86,4	106,7	25,4
	Ср.	234,0					23,7
свекловичная (<i>Aphis fabae</i>)	2022	149,2	19,7	47,3	43,6	38,6	15,1
	2023	128,7	12,6	38,0	40,6	37,5	13,1
	Ср.	138,9					14,1
персиковая тля (<i>Myzodes persicae</i> Salz)	2022	153,1	28,3	33,8	40,8	50,2	15,5
	2023	74,6	14,4	20,3	19,3	20,6	7,6
	Ср.	113,8					11,5
обыкновенная картофе- льная тля (<i>Aulacorthum solani</i> Kalt)	2022	85,2	18,5	20,5	25,5	20,7	8,6
	2023	98,5	19,9	37,7	22,5	18,4	10,0
	Ср.	91,8					9,3
крушинниковая тля (<i>Aphis frangulae</i> Kalt)	2022	230,7	45,0	50,5	60,2	75,6	23,3
	2023	255,5	41,1	65,5	70,0	77,5	25,9
	Ср.	243,1					24,7
большая картофельная (<i>Macrosiphum solanifolii</i> Ashm)	2022	152,3	20,7	47,5	45,6	38,5	15,4
	2023	176,5	35,0	40,5	48,0	53,0	17,9
	Ср.	164,4					16,7
всего	2022	988,6					100
	2023	983,8					100
общее		986,0					

Таблица 2. Учет численности крылатых тлей в период вегетации картофеля. Предгорная зона с изоляцией полосой овса, шириной 100 м (2022-2023 гг.)

Table 2. Counting the number of winged aphids during the potato growing season. Foothill zone with an isolation strip of oats, 100 m wide (2022-2023)

видовой состав тлей	год	динамика лёта и изменение численности крылатых тлей					доля рас- смати- ваемого вида, %
		всего, экз.	в том числе, экз.				
			май	июнь	июль	август	
крушинная тля (<i>Aulacorthum solani</i> Kalt)	2022	156,1	24,1	46,5	47,2	38,3	25,5
	2023	138,0	28,1	47,8	40,9	21,2	22,6
	Ср.	147,1					24,1
свекловичная (<i>Aphis fabae</i>)	2022	79,2	2,7	29,3	25,6	21,6	13,0
	2023	90,4	15,1	21,4	24,9	29,0	14,8
	Ср.	84,8					13,9
персиковая тля (<i>Myzodes persicae</i> Salz)	2022	82,2	11,3	15,8	22,8	32,2	13,5
	2023	42,0	5,0	13,0	11,5	12,5	6,9
	Ср.	61,1					10,2
обыкновенная картофе- льная тля (<i>Auulacorthum solani</i> Kalt)	2022	48,8	7,3	10,8	15,0	20,7	7,9
	2023	44,3	2,7	21,0	9,8	10,8	7,3
	Ср.	46,6					7,6
крушинниковая тля (<i>Aphis frangulae</i> Kalt)	2022	166,4	32,0	37,0	48,4	49	27,2
	2023	185,2	40,1	46,9	49,4	48,8	30,4
	Ср.	175,8					28,8
Большая картофельная (<i>Macrosiphum solanifolii</i> Ashm)	2022	78,2	2,2	29,3	25,6	21,1	12,8
	2023	109,5	17,3	25,0	29,9	37,3	17,9
	Ср.	93,9					15,4
всего	2022	610,9					100
	2023	609,4					100
	Ср.	610,2					

Исследованиями было выявлено, что в 2022 году на изолированном (пространственной изоляцией – 1000-1200 м) участке, где переносятся вирусные инфекции, количество инфицированных растений было на 30% меньше, чем на участке с посадками овса, где поражение растений картофеля было больше.

По данным учета крылатых тлей в 2023 году, эта закономерность подтвердилась. На изолированном участке было зарегистрировано 537,7 особей, а на участке с овсом – 609,4 особей (табл. 2).

Исследованиями также было установлено, что пространственная изоляция на

1000-1200 метров способствовало снижению численности переносчиков инфекции в два раза по сравнению с контрольным вариантом. Изоляция посевами овса снижал общий инфекционный фон на 30%.

Результатами исследований было выявлено, что порог вредоносности крылатыми тлями в исследуемой Предгорной зоне на одну ловушку не превысил критический порог вредоносности по месяцам периода вегетации (более 50 экземпляров) (табл. 3).

Анализируя распространение вирусной инфекции в разрезе вариантов опыта, сорта, данные менялись идентично. Пространственная изоляция (вариант 2) в пред-

горной зоне способствовала уменьшению распространения инфекции на посадках картофеля на 47,3%. Можно отметить, что полоса ярового овса, высеянная по периметру семенного картофеля, также снижала инфекционную нагрузку.

У сорта Удача количество больных растений в контрольном варианте составило 5,7 %, а на варианте 2-3,45%, у сорта Садон 5,7 % и 3,9% соответственно (табл. 4).

По результатам 2 лет исследований, нами установлено, что в предгорной зоне

изоляция овсом снижала пораженность растений картофеля по сорту Удача в среднем на 3,25%, Садон – 1,8%. Пространственная изоляция снижала поражаемость по исследуемым сортам на 3% по сравнению с контрольным вариантом (табл. 4).

Оценка урожайности картофеля за период исследований больше изменялась в зависимости от сортовых особенностей, погодных условий и агротехнических приемов, чем от переносчиков вирусной инфекции (табл. 5).

Таблица 3. Численность крылатых тлей в Предгорной зоне за период вегетации картофеля с пространственной изоляцией (2022-2023 гг.)

Table 3. Number of winged aphids in the foothill zone during the potato growing season with spatial isolation (2022-2023)

видовой состав тлей	год	динамика лёта и изменение численности крылатых тлей					доля рас- смати- ваемого вида, %
		всего, экз.	в том числе, экз.				
			май	июнь	июль	август	
крушинная тля (<i>Aulacorthum solani</i> Kalt)	2022	114,0	18,8	22,7	34,5	38,0	26,1
	2023	170,3	26,6	30,4	45,4	67,9	31,7
	ср.	141,2					28,9
свекловичная (<i>Aphis fabae</i>)	2022	57,8	2,0	11,4	28,7	15,7	13,2
	2023	66,9	11,2	25,8	18,4	11,5	12,4
	ср.	62,4					12,8
персиковая тля (<i>Myzodes persicae</i> Salz)	2022	59,8	8,2	11,5	23,5	16,6	13,7
	2023	29,9	3,6	9,2	8,2	8,9	5,6
	ср.	44,9					9,7
обыкновенная картофе- льная тля (<i>Auulacorthum solan i</i> Kalt)	2022	25,4	5,1	7,6	10,5	2,2	5,8
	2023	46,2	1,9	22,3	14,2	7,8	8,6
	ср.	35,8					7,2
крушинниковая тля (<i>Aphis frangulae</i> Kalt)	2022	123,1	19,2	25,9	33,6	44,4	28,1
	2023	143,4	24,8	36,7	37,8	44,1	26,6
	ср.	133,3					27,4
большая картофельная (<i>Macrosiphum solanifolii</i> Ashm)	2022	57,0	1,6	21,3	18,7	15,4	13,0
	2023	81,0	12,8	18,5	22,1	27,6	15,1
	ср.	69,0					14,1
Всего	2022	437,1					100
	2023	537,7					100
		487,4					

Таблица 4. Влияние тлей – переносчиков вирусов на поражение растений картофеля вирусной инфекцией, ИФА и ПЦР, 2022-2023 гг.

Table 4. The influence of aphids – virus carriers on the damage of potato plants by viral infection, ELISA and PCR, 2022-2023

вариант	количество пораженных растений по годам, %					
предгорная зона						
	2022		2023		среднее	
	удача	садон	удача	садон	удача	садон
1	3,4	3, 9	7,1	7,5	5,7	5,7
2	3,0	2,1	5,0	5,8	3,45	3,9
3	2,8	1,9	2,8	3,5	2,7	2,7

Таблица 5. Урожайность сортов картофеля в зависимости от способов изоляции, 2022-2023 гг.

Table 5. Yield of potato varieties depending on isolation methods, 2022–2023

вариант	урожайность, т/га					
	удача		среднее за два года	садон		среднее за два года
	2022г	2023г		2022г	2023г	
предгорная зона						
1	38,7	35,0	36,8	34,1	29,4	32,1
2	39,2	37,3	38,2	39,3	38,3	38,8
3	40,6	38,0	39,3	40,9	40,0	40,5
	HCP=0.89	HCP=0.31		HCP=1.42	HCP=1.39	

Положительная корреляция урожайности с численностью тлей-переносчиков прослеживалась не так четко, как в исследованиях с распространением вирусной инфекции.

Исследованиями было установлено, что минимальный урожай сорта Садон и Удача сформировал в 2023 году на контрольном варианте (без изоляции) – 29,7 т/га и 36,8 т/га соответственно. На варианте с изоляцией полосой овса 38,2 т/га и 38,8 т/га соответственно урожайность незначительно повышалась или находилась в пределах ошибки опыта.

Существенно повышение урожайности выявлено только при сравнении контрольного

варианта с пространственной изоляцией 1000-1200 м (табл. 5).

Закключение.

1. Изоляционные полосы ярового овса защищают семенные посадки картофеля от тлей, снижая численность долетающих насекомых до кормового объекта на 50%.

2. В предгорной зоне республики РСО–Алания наиболее распространенными видами тлей являются крушинная, крушиновая и большая картофельная тля.

3. Урожайность на семенных участках картофеля расположенных в предгорной зоне на отдалении 1000–1200 м от товарных посадок картофеля сохраняется на 3,0–8,4 т/га.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малявко А.А., Ториков В.Е. Белоус Н.М. Адаптация инновационных приемов в технологии возделывания картофеля // Вестник БГАУ. 2019. № 1 (71). С. 12-13.
2. Семеноводство картофеля в России: состояние, проблемы перспективные направления / Анисимов Б.В. [и др.] // Картофелеводство России. М.: Росинформ-агротекс, 2007. С. 41-50.
3. Фоминых Т.С., Медведева К.Д. Вирусные болезни картофеля на Северо-Западе России // Вестник защиты растений. 2018. № 4(98). С. 40-43.
4. Pelletier Y., Nie X., Giguere M.-F. A. New approach for the identification of Aphid Vectors (Hemiptera, Aphididae) of potato Virus // J. Econ. Entomol. 2012. Vol. 105, Iss. 6. P. 1909-1914.
5. Mowry T., Ophus J. Effects of sublethal imidacloprid levels on potato leafroll virus transmission by Myzus persicae // Entomol. Exp. Applicata. 2002. Vol. 103. P. 249-255.
6. Берим М.Н. Тли – вредители картофеля // Защита картофеля. 2017. № 1. С. 30-34.
7. Волгарёв С.А., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И., Берим М.Н. Проблемы мониторинга тлей – переносчиков вирусной инфекции при выращивании меристемного картофеля на примере Ленинградской области // Вестник защиты растений. 2018. № 4(98). С. 34-40.
8. Шелабина Т.А., Берим М.Н. Мониторинг динамики численности тлей – потенциальных переносчиков вирусов на посадках картофеля на Северо-Западе России // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 5 (73). С. 111-115.
9. Pest free potato (*Solanum* spp.) micropropagative material and minitubers for international trade // International standards for phytosanitary measures. ISPM, FAO. 2011. P. 20.
10. Динамика численности тлей-переносчиков вирусов на семенных посадках картофеля в Архангельской области / Попова Л.А. [и др.] // Вестник Курского ГСХА. 2018. № 9. С. 69-76.

REFERENCES

1. Malyavko A.A., Torikov V.E., Belous N.M. Adaptation of innovative techniques in potato cultivation technology // Bulletin of BSAU. 2019. No. 1 (71). P. 12-13. [In Russ.]
2. Potato seed production in Russia: state, problems, promising directions / Anisimov B.V. [et al.] // Potato growing in Russia. Moscow: Rosinform-agrotex, 2007. P. 41-50. [In Russ.]
3. Fominykh T.S., Medvedeva K.D. Viral diseases of potato in the North-West of Russia // Bulletin of Plant Protection. 2018. No. 4 (98). P. 40-43. [In Russ.]
4. Pelletier Y., Nie X., Giguere M.-F. A. New approach for the identification of Aphid Vectors (Hemiptera, Aphididae) of potato Virus // J. Econ. Entomol. 2012. Vol. 105, Iss. 6. P. 1909-1914.
5. Mowry T., Ophus J. Effects of sublethal imidacloprid levels on potato leafroll virus transmission by Myzus persicae // Entomol. Exp. Applicata. 2002. Vol. 103. P. 249-255.
6. Berim M.N. Aphids – potato pests // Potato protection. 2017. No. 1. P. 30-34. [In Russ.]
7. Volgarev S.A., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I., Berim M.N. Problems of monitoring aphids - carriers of viral infection in the cultivation of meristem potatoes on the example of the Leningrad region // Bulletin of Plant Protection. 2018. No. 4 (98). P. 34-40. [In Russ.]
8. Shelabina T.A., Berim M.N. Monitoring the dynamics of the number of aphids - potential carriers of viruses on potato plantings in the North-West of Russia // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 5 (73). P. 111-115. [In Russ.]

9. Pest free potato (*Solanum* spp.) micropropagative material and minitubers for international trade // International standards for phytosanitary measures. ISPM, FAO. 2011. P. 20.

10. Dynamics of the number of aphids - carriers of viruses on seed potato plantings in the Arkhangelsk region / Popova L.A. [et al.] // Bulletin of Kursk State Agricultural Academy. 2018. No. 9. P. 69-76. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Гериева Тамара Анатольевна, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, e-mail: fatima.gerieva@mail.ru

Джабиев Урузмаг Юрьевич, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37

Басиев Солтан Сосланбекович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрономии, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2920-2143>; e-mail: basiev_s@mail.ru

Газдаров Магомет Дзанхотович, старший научный сотрудник селекционно-семеноводческого центра, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1316-0922>, e-mail: gazdmag@rambler.ru

Tamara A. Gerieva, Postgraduate student, Gorsk State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., e-mail: fatima.gerieva@mail.ru

Uruzmag Yu. Dzhabiev, Postgraduate student, Gorsk State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St

Soltan S. Basiev, Dr Sci. (Agr.), Professor, Head of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Gorsk State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2920-2143>; e-mail: basiev_s@mail.ru

Magomet Dz. Gazdarov, Senior Researcher, Selection and Seed Center, Gorsk State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1316-0922>, e-mail: gazdmag@rambler.ru

Заявленный вклад авторов

Гериева Тамара Анатольевна – проведение эксперимента, подбор литературных источников

Джабиев Урузмаг Юрьевич – проведение эксперимента

Басиев Солтан Сосланбекович – разработка методики исследования, валидация данных

Газдаров Магомет Дзанхотович – оформление статьи по требованиям журнала

Claimed contribution of authors

Gerieva Tamara Anatolyevna – conducting the experiment, selecting literary sources

Dzhabiev Uruzmag Yuryevich – conducting the experiment.

Basiev Soltan Soslanbekovich – development of research methodology, data validation

Gazdarov Magomet Dzankhotovich – article design according to the Journal requirements

Поступила в редакцию 23.12.2024

Поступила после рецензирования 29.01.2025

Принята к публикации 05.02.2025

Received 23.12.2024

Revised 29.01.2025

Accepted 05.02.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-135-147>
УДК 635.112:631.811.1



Характеристика родительских линий и гибридов F₁ сахарной свеклы по содержанию альфа-аминного азота и щелочности

Е.С. Дмитрива✉¹, Л.В. Цаценко¹, С.Н. Щеглов²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; г. Краснодар, Российская Федерация
✉79197323800@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет»; г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. Современное аграрное производство сталкивается с необходимостью повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Для сахарной свеклы ключевыми факторами, определяющими урожай и качество корнеплодов, являются содержание альфа-аминного азота и щелочность корнеплодов сахарной свеклы. Эти параметры оказывают значительное влияние на метаболизм растений, их рост и развитие, что влияет на производительность и качество урожая. **Цель исследования** направлена на изучение анализа концентрации щелочности и содержание альфа-аминного азота в корнеплодах сахарной свеклы. **В задачи входило** определить содержание и влияние альфа-аминного азота и щелочности на корнеплоды сахарной свеклы. **Методы исследования.** Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях. Были разработаны детальные схемы опыта. Статистический анализ полученных результатов был выполнен в рамках исследования. **Результаты.** Комплексный анализ включал оценку щелочности и содержания альфа-аминного азота в корнеплодах сахарной свеклы. В 2023 году показатель щелочности варьировался в диапазоне 1,31-3,59 мг-экв/100 г. В 2024 году наблюдалось небольшое повышение щелочности до 1,54-3,73 мг-экв/100 г. Высокое содержание а-аминного азота негативно влияет на процесс сахарообразования в корнеплодах сахарной свеклы, поэтому этот показатель требует особого внимания и изучения его у родительских форм и гибридов F₁ сахарной свеклы. В ходе проведенного анализа была установлена взаимосвязь между уровнем щелочности и содержанием альфа-аминного азота, определяющая их воздействие на корнеплоды сахарной свеклы. **Заключение.** Качественные показатели корнеплодов сахарной свеклы ухудшаются из-за роста концентрации щелочей и альфа-аминного азота, что наиболее четко прослеживается в засушливые годы. По результатам статистической обработки наибольшее воздействие (20,5%) на показатель щелочность было достигнуто при совместном действии трех компонентов (Год x Генотип x Фон), а на альфа-аминный азот повлияло сочетание факторов - Год x Генотип и составило 27,8%.

Ключевые слова: Сахарная свекла, родительские линии, материнская линия, отцовский компонент, альфа-аминный азот, щелочность, климатические условия

Для цитирования: Дмитрива Е.С., Цаценко Л.В., Щеглов С.Н. Характеристика родительских линий и гибридов F₁ сахарной свеклы по содержанию альфа-аминного азота и щелочности. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):135-147. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-135-147>

Alpha-amine nitrogen content and alkalinity characteristics of sugar beet parental lines and F₁ hybrids

E.S. Dmitrova✉¹, L.V. Tsatsenko¹, S.N. Shcheglov²

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation
✉79197323800@mail.ru

²Kuban State University; Krasnodar, the Russian Federation

Abstract. Modern agricultural production is faced with the need to increase the yield and quality of agricultural crops. For sugar beet, the key factors determining the yield and quality of root crops are the content of alpha-amine nitrogen and the alkalinity of sugar beet roots. These parameters have a significant impact on plant metabolism, growth and development, which affects the productivity and quality of the crop. The goal of the research is to analyze the concentration of alkalinity and the content of alpha-amine nitrogen in sugar beet roots. The objective is to determine the content and effect of alpha-amine nitrogen and alkalinity on sugar beet roots. **The Research methods.** The studies were conducted in the field and laboratory conditions. Detailed experimental schemes were developed. Statistical analysis of the results was performed as part of the study. **The Results.** The comprehensive analysis included an assessment of alkalinity and alpha-amine nitrogen content in sugar beet roots. In 2023, the alkalinity index varied in the range of 1.31-3.59 mg-eq/100 g. In 2024, there was a slight increase in alkalinity to 1.54-3.73 mg-eq/100 g. High content of alpha-amine nitrogen negatively affects the process of sugar formation in sugar beet roots, so this indicator requires special attention and study in parental forms and F₁ hybrids of sugar beet. In the course of the analysis, a relationship between the alkalinity level and the content of alpha-amine nitrogen, which determines their impact on sugar beet roots has been established. **Conclusion.** The quality indicators of sugar beet roots deteriorate due to an increase in the concentration of alkalis and alpha-amine nitrogen, which is most clearly seen in dry years. According to the results of statistical processing, the greatest impact (20.5%) on the alkalinity indicator was achieved with the combined action of three components (Year x Genotype x Background), and alpha-amine nitrogen was affected by a combination of factors - Year x Genotype and amounted to 27.8%.

Keywords: Sugar beet, parental lines, maternal line, paternal component, alpha-amine nitrogen, alkalinity, climatic conditions

For citation: Dmitrova E.S., Tsatsenko L.V., Shcheglov S.N. Alpha-amine nitrogen content and alkalinity characteristics of sugar beet parental lines and F₁ hybrids. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21 (1):135-147. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-135-147>

Введение. Производство сахара в нашей стране во многом зависит от успешного выращивания сахарной свеклы – важнейшей сельскохозяйственной культуры [7, с. 23]. В России сахарная свекла – одна из главных технических культур, дающая богатые углеводом корнеплоды, из которых получают сахар. Корнеплоды сахарной свеклы содержат - 16-20% сахарозы. При высокой урожай-

ности корней свеклы (40-50 т/га) сбор сахара может составить 7-8 т/га и более [6, с. 1]. Благодаря расширению посевных территорий и повышению продуктивности свекловодства, российский рынок становится все более самодостаточным. Это позволяет существенно снизить объемы закупок сахара из-за рубежа и укрепить позиции отечественного агропромышленного комплекса [8, с. 48].

В частности, для сахарной свеклы, ключевыми факторами, определяющими урожай и качество корнеплодов, являются содержание альфа-аминного азота и щелочность корнеплодов [11, с. 21]. Эти параметры оказывают значительное влияние на метаболизм растений, их рост и развитие, что, в свою очередь, влияет на производительность и качество урожая [4, с. 67]. Анализ взаимосвязи между концентрацией альфа-аминного азота в почве и щелочностью представляет собой важный шаг в оптимизации агротехнических приемов, направленных на улучшение качества и количества получаемой продукции [2, с. 3].

Альфа-аминный азот вносит значительный вклад в развитие сахарной свеклы, улучшая её структурные и метаболические процессы. Он действует как ключевой компонент в биосинтезе белков, важных для роста растения и развития корнеплодов [5, с. 7]. Этот элемент помогает свекле формировать мощную корневую систему и повышает её способность к ассимиляции питательных веществ из почвы, что критически важно в условиях низкого уровня плодородия. Кроме того, альфа-аминный азот активизирует ферментативные процессы, отвечающие за синтез сахарозы, способствуя накоплению сахара в корнеплодах. Таким образом, адекватное поступление данного типа азота может существенно повысить урожайность сахарной свеклы и качество урожая, увеличивая содержание сахара в корнеплодах. Однако его избыток в среде может привести к отрицательным последствиям [10, с. 158].

Анализ взаимосвязи между концентрацией альфа-аминного азота в почве и щелочностью представляет собой важный шаг в оптимизации агротехнических приемов, направленных на улучшение качества и количества получаемой продукции [3, с. 14]. Настоящая статья посвящена исследованию эффекта этих факторов на рост и развитие сахарной свеклы, а также последствиям их

взаимодействия для агрономической практики. Изучение данной темы позволит аграриям принимать более обоснованные решения при выборе удобрений и регулировании уровня pH почв, что способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства [9, с. 457].

Разработка и применение новых технологий в селекции и выращивании сахарной свеклы также позволяют значительно улучшить её технологические качества. Инновационные подходы, такие как генная инженерия, точное земледелие и умное сельское хозяйство, открывают новые возможности для увеличения производительности и сокращения негативного воздействия на окружающую среду [1, с. 53].

Цель исследования. Исследование направлено на анализ концентрации щелочности и содержания альфа-аминного азота, а также определение их воздействия на корнеплоды сахарной свеклы.

Задачи.

1. Определить содержание и влияние альфа-аминного азота на корнеплоды сахарной свеклы.
2. Определить концентрации щелочности и ее влияние на корнеплоды сахарной свеклы.

Методы исследования. В рамках исследования селекционных процессов была проведена серия экспериментальных работ. Научно-исследовательская деятельность осуществлялась на территории Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы», которое находится в Краснодарском крае, Гулькевичском районе, г. Гулькевичи. Место проведения исследований территориально входит во второй климатический регион Краснодарского края, характеризующийся резкими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха и неустойчивым характером увлажнения.

Комплексное изучение проводилось в течение двух последовательных сезонов – 2023 и 2024 годов, что позволило получить данные в различных климатических условиях.

Исследования проводились как в полевых, так и в лабораторных условиях. Для наглядного представления исследования были разработаны детальные схемы. В частности, на рисунке 1 отображена общая схема проведения опыта, а рисунок 2 демонстрирует подробную схему отдельного повторения опыта.

Исследуемые фоны минерального питания:

фон-1: контроль: без удобрений; фон-2: $N_{30}P_{30}K_{30}$; фон-3: $N_{60}P_{60}K_{60}$; фон-4: $N_{90}P_{90}K_{90}$; фон-5: $N_{120}P_{120}K_{120}$

Изучаемый материал:

гибриды первого поколения – Первомайский (контроль), Крокус, Луч;

материнские линии (МС) – МС (11348x11301), МС (27038x12126), МС 12169;

отцовские линии (Оп) – Оп 6279, Оп Фа, Оп Мр.

При проведении селекционных исследований особое внимание уделялось технологии посева экспериментального материала. Для обеспечения точности эксперимента была выбрана трехкратная повторность опытов, что позволило получить достоверные результаты. Посевные работы проводились в апреле, когда почвенно-климатические условия наиболее благоприятны для прорастания семян. В качестве основной техники использовался современный трактор БЕЛАРУС 1221.3, агрегатированный с высокоточной пневматической сеялкой GASPARDO MTR, имеющей 12 посевных секций. Данная комбинация техники обеспечила равномерное распределе-

ние посевного материала с заданной нормой высева 8-10 семян на погонный метр.

Результаты. В ходе наблюдений отмечены значительные климатические различия между исследуемыми периодами. Если в 2024 году наблюдалась сильная засуха с минимальным уровнем осадков (265,2 мм), то предшествующий 2023 год характеризовался обильными дождями, когда выпало 691,2 мм осадков. Температурный режим обоих лет превысил среднегодовую норму в 10,7 градусов: в 2023 году средняя температура достигла 13,8°C, а в 2024 году поднялась до 14,4°C.

Одной из главных проблем является ухудшение качества корнеплодов за счет снижения содержания сахара. Это связано с тем, что избыток альфа-аминного азота способствует интенсивному росту зеленой массы за счет углеводов, которые иначе были бы использованы для образования сахара в корнеплодах (табл. 1). Кроме того, высокий уровень альфа-аминного азота может поддерживать развитие некоторых болезнетворных организмов, влияющих на корнеплоды и листья, что еще больше снижает урожайность и качество продукции.

В период 2023-2024 гг. проводился мониторинг альфа-аминного азота, который выявил существенные вариации показателей. Максимальная концентрация «вредного азота» была достигнута в 2023 году образцом МС (11348x11301) и составила 5,37 моль/100 г на участках с интенсивным удобрением. Минимальный уровень в том же году не превысил 1,10 моль/100 г. В последующем 2024 году отцовский компонент Оп Фа на фоне-4 ($N_{90}P_{90}K_{90}$) показал наибольшее значение - 4,20 моль/100 г. При этом наименьшая концентрация была обнаружена у Оп 6279 и составила 1,27 моль/100 г при использовании фона-5 ($N_{120}P_{120}K_{120}$).

Общая схема всего полевого опыта

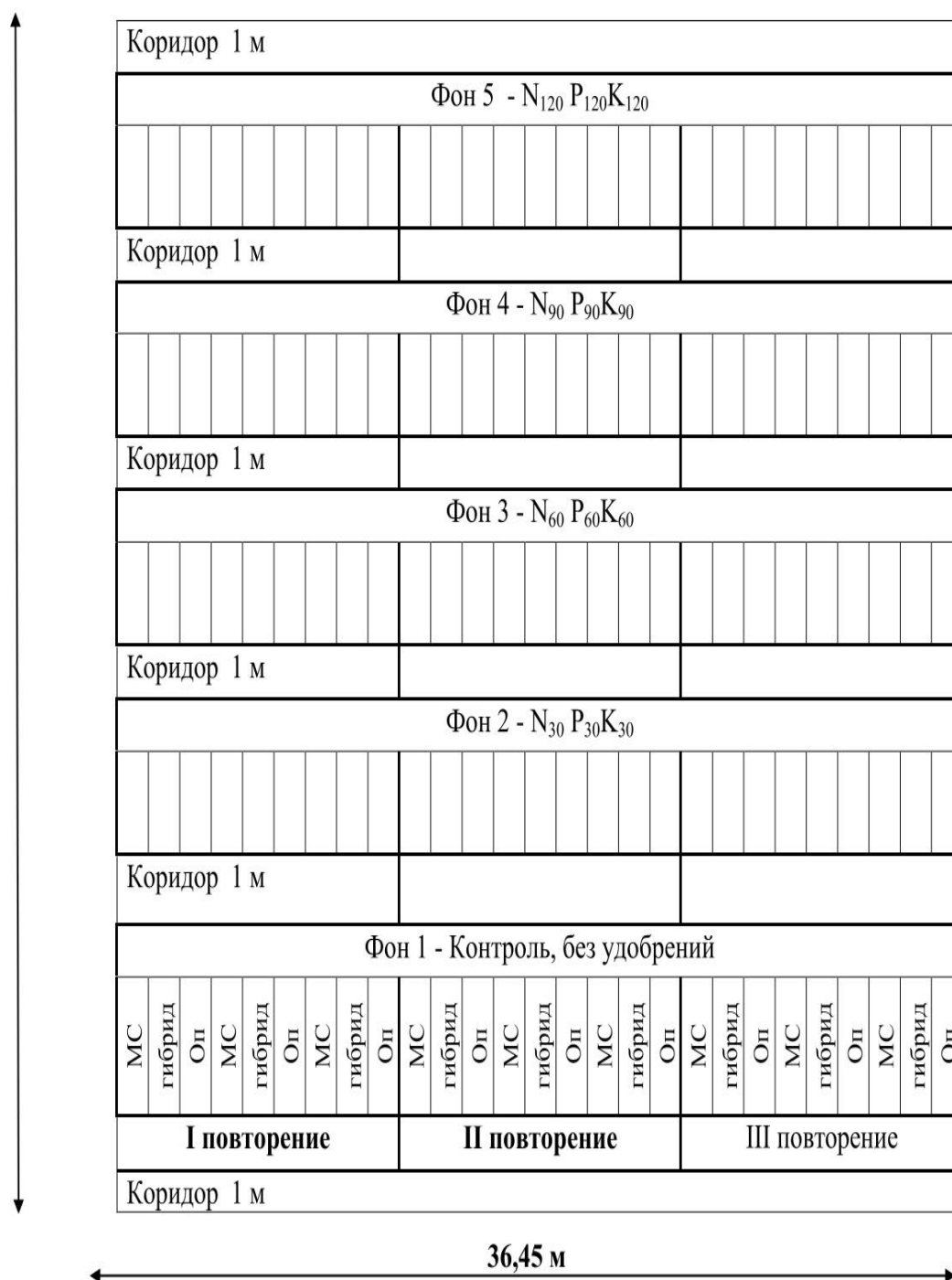


Рис. 1. Общая схема опыта
Fig. 1. General scheme of the experiment

Схема 1-го повторения

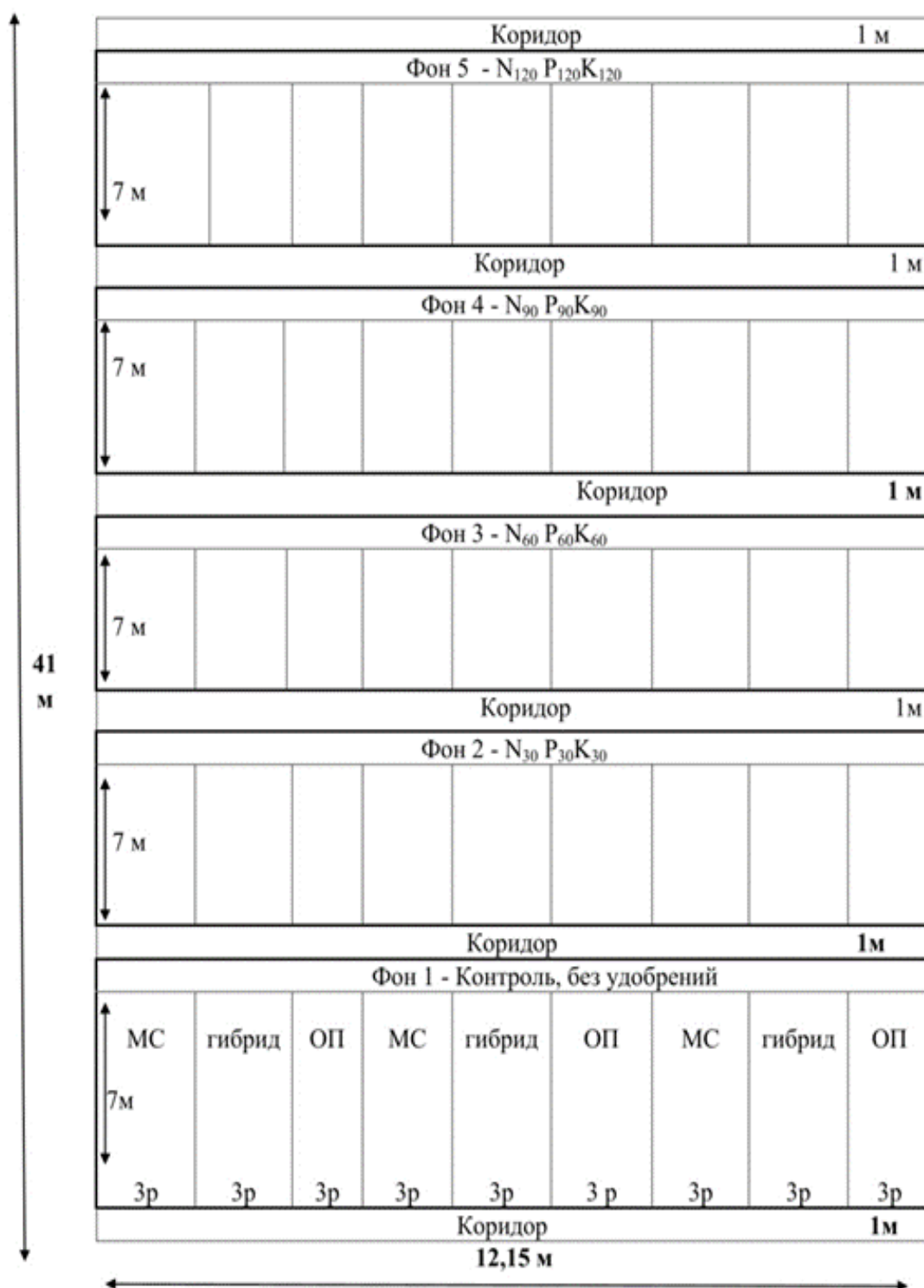


Рис. 2. Схема одного повторения опыта
Fig. 2. Scheme of one repetition of the experiment

Таблица 1. Содержание альфа-аминного азота в корнеплодах сахарной свеклы

Table 1. Alpha-amine nitrogen content in sugar beet roots

№ п.п.	Селекционный материал	a-N, моль/100 г									
		I		II		III		IV		V	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1	Первомайский (контроль)	2,12	2,22	2,03	2,36	2,07	2,43	2,40	2,03	2,70	1,93
2	МС (27038x12126)	2,69	2,23	2,18	2,13	2,54	3,47	2,32	3,91	2,45	2,83
3	Оп 6279	2,36	2,40	2,28	2,07	2,33	3,12	2,71	1,35	2,29	2,25
4	Крокус	2,40	2,81	2,55	2,57	2,14	3,30	2,19	2,80	2,99	1,93
5	МС 12169	3,37	2,95	2,89	2,14	3,55	2,39	3,29	1,87	5,11	2,48
6	Оп Фа	2,91	1,90	3,09	2,93	3,96	1,80	3,26	4,20	2,51	1,27
7	Луч	3,61	1,86	2,77	1,51	2,57	2,61	3,01	2,91	2,85	2,16
8	МС (11348x11301)	4,50	1,95	4,70	2,09	3,87	2,93	4,31	2,75	5,37	1,92
9	Оп Мр	1,81	1,42	1,10	1,56	1,48	1,92	1,11	3,41	1,82	3,35

* – фон-1 контроль без удобрений; II – фон-2 N₃₀P₃₀K₃₀; III – фон-3: N₆₀P₆₀K₆₀; IV – фон-4: N₉₀P₉₀K₉₀; V – фон-5: N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀

Таблица 2. Показатели щелочности в корнеплодах у родительских форм и гибридов F₁ сахарной свеклы

Table 2. Alkalinity indices in root crops of parental forms and F₁ hybrids of sugar beet

№ п.п.	Селекционный материал	Щелочность, мг-экв/100 г									
		I		II		III		IV		V	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1	Первомайский (контроль)	2,74	2,84	2,72	2,25	2,73	2,41	2,52	2,85	2,15	2,40
2	МС (27038x12126)	2,46	2,39	2,77	2,57	2,39	1,84	2,43	1,62	2,35	2,16
3	Оп 6279	2,73	3,06	2,39	2,52	2,57	2,56	2,60	3,14	2,80	2,42
4	Крокус	2,47	2,11	2,31	2,45	2,29	2,04	1,93	2,23	1,82	2,65
5	МС 12169	2,24	2,14	2,17	2,74	1,91	2,67	2,20	3,01	1,36	2,13
6	Оп Фа	2,17	2,37	1,99	2,30	1,42	3,12	1,63	1,54	2,12	2,50
7	Луч	1,86	2,71	1,91	3,16	1,94	1,86	1,76	2,23	1,80	2,73
8	МС (11348x11301)	1,65	2,42	1,49	2,56	1,55	2,04	1,64	2,16	1,31	2,40
9	Оп Мр	2,46	3,73	3,59	2,80	2,64	3,19	3,26	1,80	2,45	1,81

* – фон-1 контроль без удобрений; II – фон-2 N₃₀P₃₀K₃₀; III – фон-3: N₆₀P₆₀K₆₀; IV – фон-4: N₉₀P₉₀K₉₀; V – фон-5: N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀

Щелочность корнеплодов сахарной свеклы влияет на многие важные аспекты, включая усвояемость питательных веществ, устойчивость к болезням, и, что наиболее важно, на содержание сахара и его экстракцию. Повышенная щелочность затрудняет извлечение сахара в процессе производства, уменьшая тем самым экономическую эффективность выращивания сахарной свеклы.

Согласно данным таблицы 2, изменение диапазона щелочности между двумя периодами составляет: в 2024 году от 1,54 до 3,73 мг-экв/100 г, а годом ранее этот показатель находился в пределах 1,31-3,59 мг-экв/100 г. Исследование гибридов сахарной свеклы показало вариативность уровня щелочности. Гибрид Луч и Первомайский продемонстрировали максимальные показатели - 3,16 (2023год) и 2,74 мг-экв/100 г (2024 год) соответственно. Минимальное значение в 2024 году составило – 1,86 мг-экв/100 г, а в 2023 году – 1,76 мг-экв/100 г. Отцовские компоненты характеризовались колебаниями значений в пределах 1,42-3,73 мг-экв/100 г, в то время как у материнских форм наблюдалась вариация показателей от 1,31 до 3,01 мг-экв/100 г. Таким образом, обе родительские группы продемонстрировали различные диапазоны изменчивости признака.

Статистические методы анализа позволяют решать множество задач при работе с массивами информации. С их помощью исследователи определяют внутреннюю организацию данных и классифицируют объекты по группам, проверяя точность такого разделения. Особенно ценна возможность обнаружения взаимосвязей между различ-

ными показателями в больших массивах и определение их обобщенных характеристик. На основе выявленных закономерностей аналитики могут строить прогностические модели, предсказывающие поведение изучаемых параметров при изменении условий.

Результаты статистической обработки данных представлены в таблицах 3-4.

Анализ результатов показал, что взаимодействие года выращивания и генотипических особенностей является ключевым фактором, определяющим уровень альфа-аминного азота, с долей влияния 27,8%. Существенное воздействие также оказывает тройственная связь между годом, генотипом и фоном возделывания, составляющая 13,3% от общего влияния, что подтверждается данными, представленными в третьей таблице.

Анализ взаимодействия различных факторов показал (табл. 4), что наименьшее воздействие на щелочность наблюдается при сравнении фонов – всего 2,8%. При этом щелочность максимально зависит от комплексного взаимодействия трех параметров: год $\times$ генотип $\times$ фон.

Количественное влияние условий года, генотипа и фона на изученные признаки оценивалось с помощью дисперсионного анализа. Доли влияния факторов вынесены в отдельную таблицу (табл. 5).

Из таблицы видно, что совместное влияние условий года и генотипа наиболее существенно на содержание альфа-аминного азота (27,8%). Сочетание влияния генотипа и фона выявлено на альфа-аминный азот (4,8%) и щелочность (5,5%). Сочетание влияния всех трех факторов оказалось максимальным на щелочность (20,5%).

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа альфа-аминного азота в корнеплодах у родительских форм и гибридов F₁ сахарной свеклы

Table 3. The results of dispersion analysis of alpha-amine nitrogen in root crops of parental forms and F₁ hybrids of sugar beet

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Между годами	1	12,47	26,4	0,08	5,1
Между генотипами	8	6,95	14,7	0,19	12,3
Между фонами	4	1,45	3,1	0,02	1,0
Год x Генотип	8	7,78	16,5	0,42	27,8
Год x Фон	4	2,51	5,3	0,06	4,3
Генотип x фон	32	0,98	2,1	0,07	4,8
Год x Генотип x Фон	32	1,17	2,5	0,20	13,3
Остаточная	225	0,47	-	0,47	31,3

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа щелочности в корнеплодах у родительских форм и гибридов F₁ сахарной свеклы

Table 4. The results of dispersion analysis of alkalinity in root crops of parental forms and F₁ hybrids of sugar beet

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Между годами	1	4,58	23,2	0,03	5,4
Между генотипами	8	2,64	13,4	0,07	13,5
Между фонами	4	1,11	5,6	0,01	2,8
Год x Генотип	8	1,43	7,2	0,07	13,6
Год x Фон	4	0,19	0,94	0,00	0,0
Генотип x фон	32	0,40	2,0	0,03	5,5
Год x Генотип x Фон	32	0,57	2,9	0,11	20,5
Остаточная	225	0,20	-	0,20	38,7

Таблица 5. Вклад влияния факторов в общую изменчивость признаков, %

Table 5. Contribution of factors to the overall variability of traits, %

Изменчивость	Альфа-аминный азот	Щелочность
Между годами	5,1	5,4
Между генотипами	12,3	13,5
Между фонами	1,0	2,8
Год x Генотип	27,8	13,6
Год x Фон	4,3	0,0
Генотип x фон	4,8	5,5
Год x Генотип x Фон	13,3	20,5

Заключение. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) максимальная концентрация альфа-аминного азота в 2023 году наблюдалась у материнской линии МС (11348х11301) и составила 5,37 моль/100 г, а в 2024 году максимальное значение было у отцовского компонента Оп Фа – 4,20 моль/100 г;

2) если сравнивать показатели щелочности за два последовательных года, то в 2023 году они варьировались от 1,31 до

3,59 мг-экв/100 г, в то время как в 2024 году наблюдается расширение этого диапазона до 1,54-3,73 мг-экв/100 г;

3) по результатам статистической обработки наибольшее воздействие (20,5%) на показатель щелочность было достигнуто при совместном действии трех компонентов (Год х Генотип х Фон), а на альфа-аминный азот повлияло сочетание таких факторов как - Год х Генотип и составило 27,8%.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаева А.У. Оценка и перспективы развития сахарной свеклы в России // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания: сборник научных статей III Международной научно-практической конференции (Курск, 09 апр. 2021 г.). Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2021. С. 53-55.
2. Дмитрова Е.С. Содержание макроэлементов в гибридах сахарной свеклы // Развитие, проблемы и перспективы аграрной науки: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Персиановский, 27 мая 2024 г.). Персиановский: Донской гос. аграрный ун-т, 2024. С. 3-5.
3. Дмитрова Е.С., Цаценко Л.В. Технологические качества родительских линий сахарной свеклы // Современные векторы развития науки: сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год (Краснодар, 06 февр. 2024 г.). Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2024. С. 14-16.
4. Засорина Э.В., Голощапов А.В., Трубицына Е.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность СМАРТ-гибридов сахарной свеклы // Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием (Курск, 31 марта 2023 г.). Ч. 1. Курск: Курский гос. аграрный ун-т им. И.И. Иванова, 2023. С. 67-72. EDN FTHYGQ.
5. Ошевнев В.П., Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. Отбор отечественных селекционных образцов сахарной свеклы с высокими технологическими качествами // Сахарная свекла. 2022. № 2. С. 7-11. DOI 10.25802/SB.2022.80.92.001.
6. Способ повышения продуктивности разных генотипов сахарной свеклы: патент 2818319 С1 Рос. Федерация, МПК А01G 22/25 / Е.В. Жеряков, С.А. Семина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»; № 2023133140: заявл. 14.12.2023; опубл. 02.05.2024.

7. Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. Повышение продуктивности и улучшение технологического качества сахарной свеклы под действием биопрепарата // Сахарная свекла. 2020. № 5. С. 23-27. DOI 10.25802/SB.2020.81.91.001.
8. Сахарная свекла в России / И.Д. Верниковский [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы VIII Международной научно-практической конференции (Рязань, 21 марта 2024 г.). Рязань: Рязанский ГАУ им. П.А. Костычева, 2024. С. 48-51.
9. Смирнова Л.Ю. Комплексная оценка технологических качеств сахарной свеклы // Пища. Экология. Качество: труды XIX Международной научно-практической конференции (Новосибирск, 08-09 нояб. 2022 г.). Новосибирск: СФНЦА РАН, 2022. С. 457-461.
10. Технологические качества экспериментальных гибридов сахарной свеклы / А.В. Логвинов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 183. С. 158-165. DOI 10.21515/1990-4665-183-016.
11. Чечеткина И.В., Гуляка М.И. Влияние азотных удобрений на продуктивность и качество сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2022. № 3. С. 21-22.

REFERENCES

1. Ataeva A. U. Assessment and development prospects of sugar beet in Russia // Problems of competitiveness of consumer goods and food products: collection of scientific articles of the III International scientific and practical conference (Kursk, April 09, 2021). Kursk: South-West State University, 2021. P. 53-55. [In Russ.]
2. Dmitrova E. S. Content of macronutrients in sugar beet hybrids // Development, problems and prospects of agricultural science: materials of the All-Russian scientific and practical conference (Persianovsky, May 27, 2024). Persianovsky: Don State Agrarian University, 2024. P. 3-5. [In Russ.]
3. Dmitrova E. S., Tsatsenko L. V. Technological qualities of parental lines of sugar beet // Modern vectors of science development: collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of R&D for 2023 (Krasnodar, February 6, 2024). Krasnodar: KubSAU named after I.T. Trubilin, 2024. P. 14-16. [In Russ.]
4. Zasorina E.V., Goloshchapov A.V., Trubitsyna E.V. Influence of mineral fertilizers on the productivity of SMART hybrids of sugar beet // Actual issues of modern technologies for the production and processing of agricultural products: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation (Kursk, March 31, 2023). Part 1. Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2023. P. 67-72. EDN FTHYGQ. [In Russ.]
5. Oshevnev V.P., Putilina L.N., Lazutina N.A. Selection of domestic breeding samples of sugar beet with high technological qualities // Sakharnaya beet. 2022. No. 2. P. 7-11. DOI 10.25802/SB.2022.80.92.001. [In Russ.]
6. Method for increasing the productivity of different sugar beet genotypes: patent 2818319 C1 the Russian Federation, IPC A01G 22/25 / E.V. Zheryakov, S.A. Semina; applicant Penza State Agrarian University; No. 2023133140: declared 14/12/2023; publ. 02.05.2024. [In Russ.]
7. Putilina L.N., Lazutina N.A. Increasing productivity and improving the technological quality of sugar beet under the influence of a biopreparation // Sugar beet. 2020. No. 5. P. 23-27. DOI 10.25802/SB.2020.81.91.001. [In Russ.]

8. Sugar beet in Russia / I.D. Vernikovskiy [et al.] // Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agricultural technologies: materials of the VIII International scientific and practical conference (Ryazan, March 21, 2024). Ryazan: Ryazan State Agrarian University named after P.A. Kostychev, 2024. P. 48-51. [In Russ.]
9. Smirnova L.Yu. Comprehensive assessment of technological qualities of sugar beet // Food. Ecology. Quality: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference (Novosibirsk, November 08-09, 2022). Novosibirsk: SFNCA RAS, 2022. P. 457-461. [In Russ.]
10. Technological qualities of experimental sugar beet hybrids / A. V. Logvinov [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2022. No. 183. P. 158-165. DOI 10.21515/1990-4665-183-016. [In Russ.]
11. Chechetkina I. V., Gulyaka M. I. Influence of nitrogen fertilizers on the productivity and quality of sugar beet // Sugar beet. 2022. No. 3. P. 21-22. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Дмитрова Елена Сергеевна, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, 13; e-mail: 79197323800@mail.ru

Цаценко Людмила Владимировна, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, 13, e-mail: lvt-lemna@yandex.ru

Щеглов Сергей Николаевич, доктор биологических наук, профессор, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет»; 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3919-8168>, e-mail: gold_finch@mail.ru

Elena S. Dmitrova, Postgraduate student, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin Street, 13, e-mail: 79197323800@mail.ru

Lyudmila V. Tsatsenko, Dr Sci. (Biol.), Professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin Street, e-mail: lvt-lemna@yandex.ru

Sergey N. Shcheglov, Dr Sci. (Biol.), Professor, Kuban State University; 350040, the Russian Federation, Krasnodar, 149 Stavropolskaya str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3919-8168>, e-mail: gold_finch@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Дмитрова Елена Сергеевна – проведение эксперимента, разработка методики исследования, оформление статьи по требованиям журнала

Цаценко Людмила Владимировна – подбор литературных источников, разработка методики исследования

Щеглов Сергей Николаевич – валидация и статистическая обработка данных

Claimed contribution of authors

Dmitrova Elena Sergeevna – conducting the experiment, developing the research methodology, preparing the article according to the Journal requirements

Tsatsenko Lyudmila Vladimirovna – selection of literary sources, development of the research methodology

Shcheglov Sergey Nikolaevich – validation and statistical processing of data

Поступила в редакцию 23.12.2024

Received 23.12.2024

Поступила после рецензирования 31.01.2025

Revised 31.01.2025

Принята к публикации 03.02.2025

Accepted 03.02.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-148-161>

УДК [635.21:632.9] (470.6)



Результат многолетнего скрининга Генофонда картофеля на наличие болезней в условиях предгорной зоны Северного Кавказа

А.В. Любченко✉¹, Е.В. Рогозина²

¹Майкопская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский
институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»;
п. Подгорный, Российская Федерация
✉alexandrlyubchenko@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова»; г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Введение. В предгорной зоне Северного Кавказа широко распространено инфекционное вырождение картофеля. Изучение новых сортов, выявление и создание адаптивного исходного материала являются актуальными задачами для селекции картофеля. **Цель исследования.** Исследования проведены на Майкопской опытной станции – филиале ВИР в 2010-2019 гг. по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам, по устойчивости к различным заболеваниям, вредителям и неблагоприятным условиям внешней среды. Изучено 277 образцов картофеля различного географического происхождения, полученных из коллекции ВИР. **Методы.** Исследования проводили с использованием полевых и лабораторных методов оценки образцов коллекции. Полевой метод является основным при изучении и позволяет наиболее полно дать оценку образца в различных погодно-климатических условиях. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями, принятыми в ВИР. **Результаты.** При анализе генетического материала картофеля одной из наиболее значимых задач является оценивание его устойчивости к разнообразию патогенов. Концепция устойчивости к вирусным инфекциям в контексте картофеля обладает сложностью, поскольку она включает как качественные, так и количественные аспекты анализа. Болезнь снижает семенные качества клубней картофеля. Заражение обуславливает различные фенотипические проявления, включая изменения цвета листьев, деформацию побегов и преждевременное старение. Климатические факторы играют значительную роль в активации и распространении фитопатогенных условий, приводящих к эпифитотиям у культивируемых растений. **Заключение.** В результате многолетнего скрининга мирового генофонда картофеля выделен ценный исходный материал с комплексом хозяйственно ценных признаков, необходимых селекционеру для выведения высокопродуктивных сортов, способных адаптироваться к широкому диапазону варьирования абиотических и биотических стрессов в условиях предгорной зоны Республики Адыгея.

Ключевые слова: предгорная зона Северного Кавказа, метеорологические условия, картофель, селекционные сорта, вирусные, грибные, фитоплазменные болезни, климатические факторы, многолетний скрининг, мировой генофонд, инфекционное вырождение, полевой мониторинг

Для цитирования: Любченко А.В., Рогозина Е.В. Результат многолетнего скрининга Генофонда картофеля на наличие болезней в условиях предгорной зоны Северного Кавказа. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):148-161. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-148-161>

Благодарность: работа выполнена в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) № FGEM -2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

The results of long-term screening of the potato gene pool for the presence of diseases in the conditions of the foothill zone of the North Caucasus

A.V. Lyubchenko✉, E.V. Rogozina

¹*Maikop Experimental Station – Branch of All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; Podgorny, the Russian Federation*
✉alexandrlyubchenko@yandex.ru

²*All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; St. Petersburg, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. Infectious degeneration of potatoes is widespread in the foothill zone of the North Caucasus. The study of new varieties, identification and creation of adaptive source material are urgent tasks for potato breeding. **The goal of the research.** The research was conducted at the Maikop Experimental Station – Branch of VIR in 2010-2019 for the main biological and economically valuable traits, resistance to various diseases, pests and adverse environmental conditions. A total of 277 potato accessions of different geographical origin obtained from the VIR collection were studied. **The Methods.** The studies were conducted using field and laboratory methods for assessing collection accessions. The field method is the main one in the study and allows for the most complete assessment of the accession in various weather and climatic conditions. The research was carried out in accordance with the guidelines adopted at VIR. **The Results.** When analyzing the genetic material of potatoes, one of the most significant tasks is to assess its resistance to a variety of pathogens. The concept of resistance to viral infections in the context of potatoes is complex because it includes both qualitative and quantitative aspects of the analysis. The disease reduces the seed quality of potato tubers. Infection causes various phenotypic manifestations, including changes in leaf color, deformation of shoots and premature aging. Climatic factors play a significant role in the activation and spread of phytopathogenic conditions leading to epiphytotic in cultivated plants. **Conclusion.** As a result of long-term screening of the world gene pool of potatoes, valuable source material with a complex of economically valuable traits necessary for a breeder to develop highly productive varieties capable of adapting to a wide range of abiotic and biotic stresses in the conditions of the foothill zone of the Republic of Adygea has been isolated.

Keywords: foothill zone of the North Caucasus, meteorological conditions, potatoes, breeding varieties, viral, fungal, phytoplasma diseases, climatic factors, long-term screening, world gene pool, infectious degeneration, field monitoring

For citation: Lyubchenko A.V., Rogozina E.V. The results of long-term screening of the potato gene pool for the presence of diseases in the conditions of the foothill zone of the North Caucasus. *Novye*

tehnologii / New technologies. 2025; 21(1):148-161. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-148-161>

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the state assignment of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov (VIR) No. FGEM -2022-0004 “Improving approaches and *ex situ* methods for conservation of the identified gene pool of vegetatively propagated crops and their wild relatives, developing technologies for their effective use in breeding”.

Введение. Майкопская опытная станция – филиал ВИР – является держателем уникальной коллекции картофеля единственной на Юге России. Работа по изучению культуры планомерно ведется с 1932 года.

Территориально филиал расположен в предгорной зоне Республики Адыгея, в обширной долине реки Белая, на 20 км южнее Майкопа.

Под образцами коллекции находятся светло-серые горно-лесные почвы, плотной структуры, с обеднённым содержанием гумуса и демонстрирующие кислую почвенную реакцию (рН 5-6).

Регион отличается умеренно тёплым и влажным климатом. Влияние восточных ветров заметно, причём их скорость иногда достигает уровня ураганов. В начале весны и во время зим с недостаточным количеством снега эти ветра способны вызывать пыльные вихри. При наличии снега они могут приводить к образованию метелей. Активность южных циклонов приводит к западным потеплениям и интенсивным осадкам, особенно в районах, прилегающих к горам. Летом и осенью преобладание западных и восточных ветров способствует формированию устойчивой погоды. В это время циклоны,двигающиеся с запада и юга, часто несут с собой сильные ливни, порой сопровождаемые грозами и градом.

Цель. Каждый год ассортимент изучения пополняется новыми селекционными сортами и гибридами. Исследования проводились по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам, по устойчивости к различным заболеваниям, вредителям и неблагоприятным условиям внешней среды. Главная цель исследования –

характеристика селекционных сортов картофеля на устойчивость или восприимчивость по каждому заболеванию, изученных в период с 2010 по 2019 годы в условиях предгорной зоны Республики Адыгея.

Задачи. В данном регионе ярко выражено инфекционное вырождение картофеля. Ежегодный мониторинг на жизнеспособность, а также оценка стабильности воспроизведения селекционных сортов полевой коллекции картофеля в условиях республики Адыгея на Майкопской ОС – филиал ВИР – является крайне актуальной задачей для исследования.

Материал и методы. За годы исследований прошли изучение 277 образцов картофеля. Коллекция охватывала экземпляры, происходящие из различных стран: России (89), Украины (65), Казахстана (38), Беларуси (22), Германии (21), Нидерландов (16) и др.

В качестве эталона для категории среднеспелых сортов выступал сорт Канадка, произрастающий в РФ; для ранних и среднеранних периодов созревания использовался сорт Луговской, также из России, в то время как для оценки среднеспоздних и поздних сортов применялся сорт Невский, выведенный на российской территории.

Достоверные данные по всем признакам при изучении образцов коллекции получаем по единой методике [6].

Результаты. Метеорологические условия. Весенний сезон наступает в третьей декаде марта, причём этот период отмечается значительными колебаниями температуры. Например, в марте после повышения температуры до +23,9 °С, в начале месяца, она внезапно падает до -4,4 °С. В течение

девяяти дней наблюдаются условия заморозков, а снеговой покров достигает толщины в 13 см. К апрелю возможно установление сухой погоды, тем не менее в течение примерно пяти дней еще могут быть фиксированы заморозки до -2 °С.

С приходом лета в конце мая, этот сезон отмечается изменчивым гидрометеорологическим режимом, когда уровень осадков варьируется до 500 мм, распределяясь

крайне неравномерно и принимая форму коротких, интенсивных дождей. Часто в июне случаются сильные дожди, сопровождающиеся грозами и градом. Постепенно, к завершению сезона, регион становится с периодами засухи, когда влагосодержание почвы снижается до минимума, делая доступ к водным ресурсам ограниченным. Согласно таблицам 1 и 2 лето 2010 г. было жарким и засушливым.

Таблица 1. Средняя месячная температура воздуха по годам

Table 1. Average monthly air temperature by year

Год	Апрель		Май		Июнь		Июль		Август	
	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК
2010	10,2	2,5	16,0	1,5	21,7	1,4	23,4	1,8	22,8	0,3
2011	8,5	3,4	14,8	3,8	18,8	2,6	23,0	0,9	20,1	0,4
2012	13,6	1,3	17,4	2,6	20,1	1,9	21,7	0,8	20,8	1,4
2013	11,8	1,2	17,8	0,3	19,2	1,7	20,6	2,2	20,7	0,9
2014	10,8	2,6	16,9	2,6	19,0	1,8	21,8	1,9	22,2	0,1
2015	8,4	4,0	15,2	1,2	19,6	3,0	20,9	1,2	21,4	0,9
2016	12,4	1,4	14,8	4,1	20,0	2,8	21,2	0,6	22,9	2,4
2017	10,3	2,7	14,6	4,2	19,1	1,2	23,4	1,1	23,2	0,6
2018	12,7	1,4	17,9	1,1	21,2	1,4	23,5	1,0	22,7	0,4
2019	10,3	2,2	17,3	1,1	22,5	0,4	20,6	1,8	21,5	0,7
ср. мн. (за 70 лет)	11,2	2,0	15,8	1,8	19,2	1,8	21,6	1,2	20,9	1,2

Примечание - градация, ГТК: до 0,5 - засуха; 0,6-1,0 - засушливо; 1,1-1,4 - умеренное увлажнение, 1,5-2,0 - хорошее увлажнение; выше 2,0 - избыточное увлажнение.

Таблица 2. Количество выпавших осадков по годам, мм

Table 2. Amount of precipitation by year, mm

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сумма осадков	% к норме
2010	76,4	76,5	88,6	130,1	20,3	391,9	96,5
2011	87,2	173,5	147,3	61,1	23,4	492,5	121,3
2012	54,4	138,8	113,4	57,0	89,4	453,0	111,6
2013	44,0	17,6	98,8	143,3	57,5	361,2	89,0
2014	82,7	134,7	104,5	129,7	6,3	457,9	112,8
2015	100,9	58,3	178,5	77,6	62,3	477,6	117,6
2016	48,9	176,8	164,9	38,3	157,0	585,9	144,3
2017	81,5	184,5	67,9	71,0	41,8	446,7	110,0
2018	50,8	61,2	84,1	71,6	26,5	294,0	72,4
2019	66,0	58,0	26,4	114,5	47,1	312,0	76,8
ср. мн. (за 70 лет)	63,0	84,0	105,0	79,0	74,0	406,0	100

Засушливые условия июня и начала июля приостановили рост клубней и привели после прошедших дождей к сильному израстанию. Весна в 2011 году была влажной и холодной, а лето засушливое не смотря на то, что за июнь 2011 г. выпало 147,3 мм осадков (табл. 2), что составило 140,3% к показаниям среднеголетних данных, температура воздуха 18,8°C была благоприятна для сильного развития фитофтороза. В июне 2012 г. выпало 113,4 мм осадков, что составило 108% к среднеголетней, и температура воздуха 20,1°C были благоприятны для сильного развития фитофтороза. Ранняя и засушливая весна была в 2013 г., лето – в пределах среднеголетней нормы. Весна в 2014 г. – ранняя с обильными осадками. В апреле осадков выпало на треть выше нормы. Май был отмечен пасмурным с обильными осадками. Лето в первой половине сырое, а во второй засушливое. Весна в 2015 году была ранняя с обильными осадками. Апрель был холодный и дождливый (100,9 мм). В мае выпало 58,3 мм при норме 84,0 мм. В июне осадков было 178,5 мм, но уже в июле и августе их было немного меньше среднеголетних значений, среднемесячная температура была в пределах нормы.

Весна 2016 года – ранняя с обильными осадками. Апрель был холодным и дождливым. В мае выпало осадков в 2 раза больше нормы. Июнь – тёплым и дождливым. Июль холоднее нормы, осадков выпало в половину меньше. Очень жарко было в августе с выпадением осадков более 2 норм. Лето в первой половине сырое, во второй – засушливое.

Холодная поздняя, с обильными осадками, была весна в 2017 году. В апреле осадков выпало 81,5 мм, а в мае – 184,5 мм, что в 2 раза выше нормы. Июнь был тёплый, умеренно влажный, июль – в пределах среднеголетних норм, а август – очень жаркий и сухой.

Весна в 2018 году была теплая с умеренным выпадением осадков, лето жаркое и сухое. Июнь 2019 года был тёплым и очень сухим – выпало 26,4 мм при норме осадков в 105,0 мм. Июль – тёплый и влажный, а август – жаркий и сухой.

Изложенные выше погодные условия, естественно, отражаются не только на росте и развитии растений, но определяют урожай и его качество в данной зоне. Сравнительная оценка большого набора сортов по ряду хозяйственно-ценных признаков позволяет выделить наиболее перспективные сорта для почвенно-климатических условий Адыгеи.

Территория станции расположена в зоне сильного распространения вирусных, грибных и микоплазменных заболеваний. Устойчивость образцов картофеля к комплексу заболеваний, на ряду с продуктивностью и качеством клубней, является важнейшим аспектом наших исследований [4].

Вирусные болезни. Среди более чем 40 известных вирусов, атакующих картофель, шесть выделяются из-за их вредоносности и широкого распространения, включая вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) и несколько типов мозаичных вирусов, таких как PVX, PVS, PVM, PVA, и PVY [21]. Особенно опасны случаи, когда происходит заражение несколькими типами вирусов одновременно, что нередко приводит к значительным убыткам как в коммерческом производстве, так и в семеноводстве. Вирус PVY особенно выделяется из-за своей серьезной вариабельности, включая пять не рекомбинантных и более 30 рекомбинантных штаммов [17]. В последние годы во многих странах сельского хозяйства, включая Российскую Федерацию, наблюдается увеличение случаев распространения рекомбинантных штаммов PVY, некоторые из которых вызывают некроз или трещины на клубнях, что становится серьезным вызовом для картофелеводства [8, 12, 16, 19].

С учетом высокой опасности, которую представляют вирусы, особенно при условии комбинированной инфекции, стоит отметить, что вирусные агенты могут находиться в скрытом, латентном состоянии, не проявляя явных симптомов, что создаёт риск заражения более чувствительных к вирусам растений при их разведении в контексте семеноводства. В то время как растения, не показывающие признаков заражения, могут оказаться устойчивыми к вирусной инфекции, что делает их потенциально ценными для процессов селекции [11].

Согласно исследованиям, проведенным Э.В. Трускиновым, для идентификации типа вирусной инфекции применяются различные иммунологические методы, включая серологический анализ, а также более поздние разработки, такие как иммуноферментный анализ (ИФА или ELISA). Приоритет отдается отечественным тест-системам на основе технологии «сэндвич-метода» ИФА, разработанным коллективом ученых из Московского государственного университета, Института биоорганической химии РАН и Научно-исследовательского института картофельного хозяйства, для диагностики вирусов, таких как HPV, SVK, MVK и YVK [10].

При анализе генетического материала картофеля одной из наиболее значимых задач является оценивание его устойчивости к разнообразию патогенов. Концепция устойчивости к вирусным инфекциям в контексте картофеля обладает сложностью, поскольку она включает как качественные, так и количественные аспекты анализа. В российской научной среде данный атрибут коррелирует с термином «резистентность», который используется и на международном уровне. Наивысшая форма резистентности, называемая экстремальной устойчивостью (ER), часто ассоциируется с полным иммунитетом, характеризующимся отсутствием вос-

приимчивости культуры к конкретному патогену. Примером такого иммунитета может служить неуязвимость злаков к болезням и вредителям, специфичным для семейства пасленовых, и наоборот. В исследованиях выделяют семь типов устойчивости к вирусам у картофеля, каждый из которых требует отдельного выявления и характеристики [2;7].

Майкопская опытная станция – филиал ВИР – изучает ежегодно 200-500 образцов селекционных сортов и межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к вирусным болезням. Наблюдения и учёты за проявлением вирусных болезней проводятся в три срока: при высоте растений 12 – 15 см, массовой бутонизации, в период массового цветения до начала естественного отмирания ботвы. Оценка (в период 2010-2019 гг.) проведена по внешним симптомам в полевых условиях и дополнена лабораторным анализом клубней в феврале.

Опытные делянки – однорядковые, десятиклубневые. Весенняя посадка картофеля проводилась пророщенными на свету клубнями в конце марта - первой декаде апреля; уборка – в конце июля - августе.

Устойчивость образцов к вирусам в поле визуально оценивали по 9-балльной шкале: 1 балл – неустойчивые (симптомы отмечены более чем у 70% растений), 3 балла – слабоустойчивые (симптомы у 31-69% растений), 5 баллов – среднеустойчивые (симптомы у 11-30%), 7 – повышено устойчивые (симптомы у 6-10%), 9 – высокоустойчивые (симптомы у 5% растений и менее).

Метеорологические условия в годы изучения были различны (табл. 1, табл. 2), что влияло на степень распределения болезней (табл. 3), прохождение фенологических фаз и, в конечном счёте, на урожайность картофеля.

Таблица 3. Распределение болезней картофеля, % (2010-2019 гг)

Table 3. Distribution of potato diseases, % (2010-2019)

Год	Болезни картофеля:			
	Вирусы	Фитофтороз	Парша обыкновенная	Столбур
2010	40,2	38,2	75,0	75,2
2011	27,1	71,1	70,3	-
2012	6,5	86,9	31,7	78,8
2013	-	84,3	75,2	66,8
2014	-	97,3	52,2	33,5
2015	28,3	40,3	32,0	49,5
2016	19,3	82,3	40,6	12,0
2017	24,4	31,8	-	13,0
2018	20,0	48,6	-	74,0
2019	14,6	-	-	69,8

Поражённость образцов мировой коллекции картофеля такими вирусными болезнями, как закручивание (М) и скручивание (L) листьев, морщинистая (X+Y) и полосчатая (Y) мозаики, рассмотрена нами в комплексе. За годы исследований вирусное вырождение в среднем составило 27,5% и колебалось от 6,5% (2012 г) до 53,6% (2015 г). Изменялось как общее число растений, пораженных этими вирусами, так и количество больных образцов.

Достоверная оценка полевой устойчивости картофеля к вирусным заболеваниям может быть получена только при испытании исходного материала в благоприятных условиях для ежегодного естественного развития болезни. Такие условия сложились в 2011, 2016-2019 гг.

Результаты визуальной оценки генофонда селекционных сортов показали неоднородность по признаку устойчивости к вирусным заболеваниям. Амплитуда баллов поражения – от 1 до 9.

В 2011 году, по данным визуальной оценки, в слабой степени было поражено 37 сортов (44,6%). Заражение вирусными болезнями в целом по коллекции составило 27,1%. Слабой степенью поражения в 2012 году отмечено 15 сортов (18,0%). Развитие инфекции в целом по коллекции составило 6,5%. Из-за низкой степени проявления

признаков инфицирования на растениях провести оценку селекционных сортов по устойчивости в 2013 году не удалось. Погодные условия и раннее развитие фитофтороза в 2014 году не позволили провести учёт к вирусным заболеваниям.

Сорта картофеля в 2010 и в 2015 годах были сильно поражены различными вирусными болезнями. Выявить устойчивые образцы не удалось. Инфекционное развитие болезней в целом по коллекции составило соответственно 40,2% и 53,6% образцов.

В дальнейшем распределение вирусных заболеваний картофеля (табл. 3) для каждого года было следующим: 2016 году – 19,3%; 2017 – 38,9%; 2018 – 20,0%; 2019 – 14,6%.

В результате многолетнего изучения выделены сорта картофеля: Colete (к-24767), Vitessa (к-24780), Бармалей (к-24705), Божедар (к-25074), Вектор (к-25134), ВИД-2 (к-24824), Гарлица (к-25078), Емеля (к-24710), Звиздаль (к-24797), Кобза (к-25084), Красавица брянщины (к-24721), Красная заря (к-24721), Мангуст (к-24724), Мелодия (к-25091), Орбий (к-25093), Радич (к-24816), Радуга (к- 24739), Султан (к-25131), Тетерев (к-25099), Фантазия (к-25101), Чарайник (к-25139), Багряна (к-25073), Повинь N (к-24736), Радуга (к-24739), Славянка N (к-24747) – в каче-

стве исходного материала для селекции по признаку устойчивости к закручиванию (М) и скручиванию (L) листьев, морщинистой (Х+У) и полосчатой (У) мозаики картофеля.

Грибные болезни. Фитофтороз (возбудитель – оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) является одним из вредоносных грибных заболеваний. В своей работе Чижик В.К. и др. (2018 г) подчеркивает, что важной причиной серьезного вреда, который фитофтороз наносит культурам картофеля, является быстрое изменение в генах, отвечающих за вирулентность патогена [13]. Эти гены, известные как Avr гены, находятся в частях генома *P. infestans*, где встречается высокая концентрация мобильных элементов. Они кодируют эффекторный белки, служащие основой для патогенеза. Механизмы устойчивости растений обусловлены взаимодействием данных эффекторов с рецепторными киназами, вырабатываемыми по генам устойчивости Rpi. Динамичное развитие и распространение популяций *P. infestans* приводят к значительному фенотипическому разнообразию, обостряющемуся при половом процессе за счет рекомбинации [15]. Связь между составом Avr и Rpi генов в популяциях патогена и растений тесно коррелирует, что приводит к тому, что новые патотипы патогена могут преодолевать существующие гены устойчивости в коммерческих сортах картофеля, способствуя распространению эпидемий фитофтороза [22; 23].

Ежегодно на станции проводится полевая оценка устойчивости коллекции селекционных сортов к фитофторозу. Распространение фитофтороза в полевых сезонах 2012, 2013, 2014 и 2016 гг. носило характер эпифитотий (табл. 3).

Сухая и жаркая погода в 2010 году не благоприятствовала развитию этого заболевания. В средней степени было поражено 31,2% образцов. Не поражались фитофторозом сорта: Arosa, Брянский юбилейный

(к-12163), гибрид 1226/33 (к-25003). Развитие болезни в среднем по коллекции составило 38,2%.

Погодные условия 2011 года (в июне выпало осадков 140,3% к средней многолетней) способствовали сильному развитию и распространению фитофтороза. Первые симптомы болезни отмечены 24 июня. В средней и сильной степени было поражено 74,7% и в слабой – 25,3%. Слабо поражались фитофторозом сорта: Biogold, Et Mundo, Meteor (к-24835), Ароза, Бармалей (к-24705), Белуха (к-25146), Билина (к-24785), Горлица (к-25078), Дара (к-25079), Кобза (к-25084), Елена N (к-25087), Маугли (к-24725), Оливия (к-25094), Орбий (к-25093), Памяти Кулакова (к-24736), Придеснянский (к-24813), Радич (к-24817), Султан (к-25131), Тетерев (к-25099), Явирь (к-24758). Развитие болезни в среднем по коллекции составило 71,1%.

В 2012 г высокая влажность и температура воздуха в конце мая – начале июня (выпало осадков 165,2% в мае и 108,8% в июне к средней многолетней) способствовали поражению растений фитофторозом. Первые симптомы болезни отмечены 13 июня. В сильной степени было поражено 91,6% и в средней и слабой – 8,4%. Слабо поражались фитофторозом сорт Мусинский. В средней степени поражались сорта: Красавица брянщины (к-24721), Купава (к-25086), Кустаревский (к-24722), Елена N (к-25087), Билина (к-24785) и Ароза. Развитие фитофтороза в среднем по коллекции составило 86,9%.

В 2013 г в сильной степени было поражено 88,5% и в средней – 11,5% образцов. В средней степени поражались сорта: Елена N (к-25087), Билина (к-24785), Маугли (к-24725), Придеснянский (к-24813), Радич (к-24816), Султан (к-25131), Максимум (к-25136). Развитие болезни в среднем по коллекции составило 84,3%.

В 2014 г высокой степенью было поражено 97,3% и в средней – 2,7% образцов. В средней степени поражались сорта: Закидка (к-24796) и Червона рута (к-25102). Развитие данного заболевания в среднем по коллекции составило 97,6% образцов.

Поражение фитофторозом в среднем по коллекции картофеля в 2015 г составило 40,3%, за 2016 г – 82,3%, за 2017 – 31,8%, 2018 г – 48,6% (табл. 3).

Проведённые в разные годы результаты полевых наблюдений за образцами из коллекции картофеля, в том числе эпифитотий фитофторы, показывают, что коллекция ВИР содержит богатый исходный материал, характеризующийся высокой степенью устойчивости.

Среди исследованных образцов упоминания заслуживают такие сорта, как: Кузнечанка (к-25005), Слава брянщины (к-12176), Выток (к-11897), Звиздаль (к-24797), Купава (к-25086), Максимум (к-25136), Мангуст (к-24724), Билина (к-24785), Придеснянский (к-24813), Закидка (к-24796), Актюбинский (к-25104), Брянский юбилейный (к-12163), Meteor (к-24835), Бармалей (к-24705), Белуха (к-25146), Горлица (к-25078), Дара (к-25079), Кобза (к-25084), Маугли (к-24725), Оливия (к-25094), Орбий (к-25093), Явирь (к-24758).

Парша обыкновенная (*Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waks. et Hehrici) – широко распространённое заболевание картофеля в регионе, вызываемое различными видами актиномицетов. Осадки в сочетании с высокой температурой воздуха способствуют распространению данного заболевания.

Наиболее заметный ущерб причиняет парша в годы с жарким и сухим летом и умеренными осадками в период клубнеобразования. В такие годы урожай полностью поражается паршой обыкновенной. Пораженные паршой клубни имеют неприятный вид, теряют товарную ценность, дают большой отход при переработке клубней, а

во время хранения быстрее подвергаются действию других сапрофитных микроорганизмов и загнивают. Такие клубни быстрее испаряют воду, теряют вес, содержание крахмала в них резко уменьшается. Болезнь снижает семенные качества клубней картофеля. Проведенный анализ устойчивости селекционных сортов к парше показал, что среднее распределение болезни по годам следующее: 75,0% (2010 г), 70,3% (2011 г), 31,7% (2012 г), 75,2% (2013 г), 52,2% (2014 г), 32,0% (2015 г), 40,6% (2016 г) (табл. 3).

Слабые симптомы болезни отмечены на клубнях образцов Антонина (к-24624), Юбиляр (к-24627), Кузнечанка (к-25005), Местный синий, Памяти Рогачева, Скороплодный, Улыбка (к-12177), Vitessa (к- 24780), Билина (к-24785), Божедар (к-25074), Вектор (к-25134), Веста (к-25075), Вирина (к-25076), Дара (к-25079), Добрович (к-25081), Емеля (к-24710), Жеран (к-24793), Кобза (к-25084), Красная заря (к-24720), Максимум (к-25136), Мангуст (к-24724), Маугли (к-24725), Мелодия (к-25091), Повинь N (к-24736), Радич (к-24816), Явирь (к-24758), Веста (к-25075), Памяти Кулакова (к-24735), Фантазия N (к-25101), ВИД-1 (к-24823), ВИД-2 (к-24824), Танай (к-2514).

Фитоплазменные болезни. Фитоплазмы, ранее упоминавшиеся как микоплазмо-подобные организмы (МПО), относятся к классификации Mollicutes и тесно связаны с бактериями по своей таксономии. Отличительной чертой фитоплазм является отсутствие клеточной стенки, вместо которой их окружает трехслойная мембрана. Они не способны к росту на искусственных питательных средах, в растении предпочитают селиться в ситовидных трубках флоэмы, проявляют себя как облигатные паразиты и распространяются через членистоногих. Ключевыми переносчиками служат насекомые с типом питания,

основанным на всасывании: цикадки, псиллиды и листоблошки. Помимо этого, фитоплазмы могут передаваться через прививки, вегетативно и с помощью растений-паразитов, однако они не передаются механическим путем и через семена. Исторически диагностика фитоплазм основывалась на визуальных признаках, присутствии векторов и испытаниях на индикаторных растениях. Фитоплазменные болезни картофеля классифицированы по симптомам в такие категории, как желтуха, столбур и «ведьмина метла», каждая из которых вызывается определенным видом фитоплазмы. Заражение обуславливает различные фенотипические проявления, включая изменения цвета листьев, деформацию побегов и преждевременное старение. Визуальная диагностика, однако, уступила место более точным серологическим, гибридным и молекулярным технологиям, таким как ПЦР и RFLP, которые расширили понимание генетических связей и видового многообразия фитоплазм [1, 14]. Сравнительный анализ последовательностей 16S рРНК стал основой для филогенетического анализа, объединяющего фитоплазмы в связанные группы и упрощающего процесс идентификации. Сейчас выделено 28 различных групп фитоплазм, каждая из которых ассоциирована с определенными болезнями растений [18, 20].

Главный носитель патогена – выюнковая цикада (*Hyalesthes obsoletus* Sign). Исследователи во главе с Д.З. Богоутдиновым идентифицировали новый вектор заболевания столбняка пасленовых – цикаду *Empoasca pteridis* и определили векторную функцию для цикады *Makrosteles laevis* – ранее предполагаемого переносчика данного патологического состояния в России [1].

Инфицирование картофеля происходит через питательные действия насекомых. В периоды их массового размножения и повышенной активности заражение столбу-

ром становится массовым явлением. В качестве резервуаров болезни выступают многолетние сорняки – такие как выюнок полевой, осот, цикорий, предоставляющие пищу цикадам до начала роста картофельных всходов. Патогены, фитоплазмы, размножаются как внутри самой цикады, так и во флоэме инфицированного растения. Заражённое насекомое остаётся переносчиком на протяжении всей его жизни, возможно, передавая инфекцию потомству через яйца. При заражении столбуром в клетках флоэмы поражённых растений происходит накопление фитоплазм, что приводит к нарушению работы сосудистой системы. Это вызывает задержку транспорта питательных веществ и накопление крахмала в хлоропластах, ведущее к одному из типичных признаков болезни – хлорозу растения [9].

Несмотря на серьёзный вред, который столбур наносит картофелю, случайность его проявлений значительно усложняет определение степени устойчивости сортов к данному недугу. В условиях предгорья особенно часто замечается феномен нитевидного роста ростков, превосходя по распространенности классические симптомы столбура. Следовательно, в качестве критерия для анализа устойчивости к заболеванию выбрана именно нитевидность ростков [3].

Климатические факторы играют значительную роль в активации и распространении фитопатогенных условий, приводящих к эпифитотиям столбура как у культивируемых, так и у дикорастущих видов растений. Высокие температуры в сочетании с интенсивным солнечным излучением создают идеальные условия для размножения насекомых-переносчиков, таких как цикады, что способствует усилению отдельных очагов этого заболевания. В то же время холодная и влажная погода благоприятствует снижению их активности, тем самым замедляя процесс заражения растений [5].

По проведённым итогам визуальной оценки на наличие фитоплазменных болезней было отмечено слабое распространение столбура картофеля. В результате по данным учета качества ростков (суммарное количество тонких и нитевидных ростков и не проросших клубней) распространение столбура в коллекции картофеля составило 75,2% (2010 г), 78,8% (2012 г), 35,5% (2014 г), 49,5% (2015 г), 12,0% (2016 г), 13,0% (2017 г), 74,0% (2018 г), 69,8% (2019 г).

Ежегодно в феврале при проведении анализа на качество ростков, образцы, имеющие 100% тонких и нитевидных ростков, выбраковываются.

Заключение. Описанные погодно-климатические факторы предгорной зоны Северного Кавказа позволяют выделить ценный исходный материал устойчивый к инфекционному вырождению картофеля.

Многолетняя оценка по внешним признакам за 277 сортами картофеля в полевых и лабораторных условиях выявила 25 сортов по признаку устойчивости к закручиванию (М) и скручиванию (L) листьев, морщинистой (X+Y) и полосчатой (Y) мозаики картофеля; 22 сорта – относительно устойчивых к поражению фитофторой картофеля; и 32 сорта – к парше обыкновенной.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богоутдинов Д.З. Фитоплазмозы картофеля и методы их изучения: научно-методическое пособие. Самара: Самарская ГСХА. 2000. 35 с.
2. Гавриленко Т.А., Рогозина Е.В., Антонова О.Ю. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и методов биотехнологии // В кн.: Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб: ВИР, 2005. С. 644-662.
3. Горковенко М.Н. Прогнозирование столбура на картофеле в Краснодарском крае // Научно-технический бюллетень ВИР. 1991. Вып. 214. С. 25-30.
4. Горковенко М.Н. Результаты многолетнего скрининга генофонда картофеля в условиях юга России: к 80-летию мировой коллекции картофеля ВИР // В кн.: Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения / под общ. ред. д-ра биол. наук, проф. Н.И. Дзюбенко. СПб., 2009. С. 154-162.
5. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / Киру С.Д. [и др.]. СПб.: ВИР; 2010.
6. Устойчивость картофеля к вирусам: современное состояние и перспективы / Макарова С.С. [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. С. 62-73. DOI: 10.18699/Vj17.224
7. Мозаичные вирусы картофеля, поражающие растения клубненосных видов рода *Solanum* L. в полевом генном банке ВИР / Рогозина Е.В [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. С. 304-311. DOI 10.18699/VJ19.495
8. Скрипаль И.Г. Биология микоплазм – возбудителей желтух растений: дис. ... д-ра биол. наук. Киев, 1983. 256 с.
9. Иммуноферментный метод диагностики / Трофимец Л.Н. [и др.] // Защита растений. 1985. С. 8-10.

10. Трускинов Э.В., Ситников М.Н. Особенности изучения и поддержания коллекции картофеля на фоне вирусных и вирусоподобных заболеваний // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. С. 75-80. DOI: 10.30901/2227-8834-20194-75-80.
11. Изучение штаммового состава Y вируса картофеля из различных регионов Российской Федерации и Беларуси / Усков А.И. [и др.] // Земледелие. 2016. Т. 8. С. 36-38.
12. Полиморфизм генов вирулентности в популяции возбудителя фитофтороза *phytophthora infestans*, колонизирующей генетическую коллекцию картофеля ВИР в Пушкине (Санкт-Петербург) / Чижик В.К. [и др.] // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 19. С. 346-349.
14. Survey and molecular detection of phytoplasmas associated with potato in Romania and southern Russia / Ember I. [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. 2011. P. 367-377.
15. Fry W.E. *Phytophthora infestans*: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management // Annu. Rev. Phytopathol, 2016. P. 529-547 DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095951.
16. Phylogenetic study of recombinant strains of potato virus Y. / Green K [et al.] // Virology. 2017. P. 40-52. DOI 10.1016/j.virol.2017.03.018.
17. Green K., Brown C., Karasev A. Genetic diversity of potato virus Y (PVY): sequence analyses reveal ten novel PVY recombinant structures // Arch. Virol. 2018. Vol. 163. P. 23-32. DOI 10.1007/s00705-017-3568-x.
18. Phylogeny of mycoplasma-like organisms (phytoplasmas): a basis for their classification / Gundersen D.E. [et al.] // J. Bacteriol. 1994. P. 5244-5254.
19. Karasev A., Gray S. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potato. Annu. Rev // Phytopathol. 2013. Vol. 51. P. 571-586. DOI 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.
20. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences / Lee I.-M. [et al.] // International journal of systematic bacteriology. 1998. P. 1153-1169.
21. Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives / Eds. D. Vreugdenhil [et al.]. Amsterdam: Elsevier, 2007.
22. Rodewald J., Trognitz B. *Solanum* resistance genes against *Phytophthora infestans* and their corresponding avirulence genes // Mol. Plant Pathol. 2013. Vol. 14, Iss. 7. P. 740-757 DOI: 10.1111/mpp.12036.
23. Effector genomics accelerates discovery and functional profiling of potato disease resistance and *Phytophthora infestans* avirulence genes / Vleeshouwers V.G. [et al.] // PLoS One. 2008. No. 3(8). e2875 DOI: 10.1371/journal.pone.0002875.

REFERENCES

1. Bogoutdinov D.Z. Potato phytoplasmas and methods of their study: scientific and methodological manual. Samara: Samara State Agricultural Academy. 2000. 35 p. [In Russ.]
2. Gavrilenko T.A., Rogozina E.V., Antonova O.Yu. Creation of virus-resistant potato plants based on traditional approaches and biotechnology methods // In the book: Identified plant gene pool and selection. St. Petersburg: VIR, 2005. P. 644-662. [In Russ.]
3. Gorkovenko M.N. Forecasting stolbur on potatoes in the Krasnodar Territory // Scientific and Technical Bulletin of VIR. 1991. Iss. 214. P. 25-30. [In Russ.]
4. Gorkovenko M.N. The results of long-term screening of the potato gene pool in the conditions of the south of Russia: on the 80th anniversary of the world potato collection of VIR //

In the book: Use of world genetic resources of VIR in creating new generation potato varieties / edited by Dr Sci. (Biology), prof. N.I. Dzyubenko. SPb., 2009. P. 154-162. [In Russ.]

5. Methodical guidelines for maintaining and studying the world potato collection / Kiru S.D. [et al.]. SPb.: VIR; 2010. [In Russ.]

6. Potato resistance to viruses: current state and prospects / Makarova S.S. [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. P. 62-73. DOI: 10.18699/Vj17.224 [In Russ.]

7. Potato mosaic viruses affecting plants of tuber species of the genus *Solanum* L. in the field gene bank of VIR / Rogozina E.V [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. P. 304-311. DOI 10.18699/VJ19.495 [In Russ.]

8. Skripal I.G. Biology of mycoplasmas - causative agents of plant yellows: diss. ... Dr Sci. (Biology). Kiev, 1983. 256 p. [In Russ.]

9. Enzyme immunoassay method for diagnostics / Trofimets L.N. [et al.] // Plant Protection. 1985. Pp. 8-10. [In Russ.]

10. Truskinov E.V., Sitnikov M.N. Peculiarities of studying and maintaining a potato collection against the background of viral and virus-like diseases // Works on applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. P. 75-80. DOI: 10.30901/2227-8834-20194-75-80. [In Russ.]

11. Study of the strain composition of Y potato virus from various regions of the Russian Federation and Belarus / Uskov A.I. [et al.] // Agriculture. 2016. Vol. 8. P. 36-38. [In Russ.]

12. Polymorphism of virulence genes in the population of the causative agent of late blight phytophthora infestans, colonizing the genetic collection of potatoes of VIR in Pushkin (St. Petersburg) / Chizhik V.K. [et al.] // Advances in Medical Mycology. 2018. Vol. 19. P. 346-349. [In Russ.]

14. Survey and molecular detection of phytoplasmas associated with potatoes in Romania and southern Russia / Ember I. [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. 2011. P. 367-377.

15. Fry W.E. Phytophthora infestans: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management // Annu. Rev. Phytopathol, 2016. P. 529-547 DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095951.

16. Phylogenetic study of recombinant strains of potato virus Y. / Green K [et al.] // Virology. 2017. P. 40-52. DOI 10.1016/j.virol.2017.03.018.

17. Green K., Brown C., Karasev A. Genetic diversity of potato virus Y (PVY): sequence analyzes reveal ten novel PVY recombinant structures // Arch. Virol. 2018. Vol.163. R. 23-32. DOI 10.1007/s00705-017-3568-x.

18. Phylogeny of mycoplasma-like organisms (phytoplasmas): a basis for their classification / Gundersen D.E. [et al.] // J. Bacteriol. 1994. P. 5244-5254.

19. Karasev A., Gray S. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potatoes. Annu. Rev // Phytopathol. 2013. Vol. 51. P. 571-586. DOI 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.

20. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyzes of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences / Lee I.-M. [et al.] // International journal of systematic bacteriology. 1998. P. 1153-1169.

21. Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives / Eds. D. Vreugdenhil [et al.]. Amsterdam: Elsevier, 2007.

22. Rodewald J., Trognitz B. Solanum resistance genes against Phytophthora infestans and their corresponding avirulence genes // Mol. Plant Pathol. 2013. Vol. 14, Iss. 7. P. 740-757 DOI: 10.1111/mpp.12036.

23. Effector genomics accelerates discovery and functional profiling of potato disease resistance and *Phytophthora infestans* avirulence genes / Vleeshouwers V.G. [et al.] // PLoS One. 2008. No. 3(8). e2875 DOI: 10.1371/journal.pone.0002875.

Информация об авторах / Information about the authors

Любченко Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Майкопская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»; 385746 Российская Федерация, Республика Адыгея, Майкопский район, пос. Подгорный, ул. Научная, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-8192>, e-mail: alexandrlyubchenko@yandex.ru

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»; 190031 Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2743-068x>, e-mail: rogozinaelena@gmail.com

Alexandr V. Lyubchenko, PhD (Agriculture), Senior Researcher, Maikop Experimental Station - Branch of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; 385746, the Russian Federation, the Republic of Adygea, the Maikopsky District, Podgorny settlement, 1 Nauchnaya str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-8192>, e-mail: alexandrlyubchenko@yandex.ru

Elena V. Rogozina, Dr Sci. (Biology), Leading Researcher, All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; 190031, the Russian Federation, St. Petersburg, 42, 44 B. Morskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2743-068x>, e-mail: rogozinaelena@gmail.com

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Claimed contribution of authors

All authors have equivalently contributed to the preparation of the publication

Поступила в редакцию 10.01.2025
Поступила после рецензирования 14.02.2025
Принята к публикации 16.02.2025

Received 10.01.2025
Revised 14.02.2025
Accepted 16.02.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-162-178>
УДК [633.15:631.52/53] (470.62)



Продуктивность гибридов кукурузы, экономическая и энергетическая эффективность их выращивания в условиях Краснодарского Края

А.А. Макаренко, С.В. Коковихин✉, Т.В. Логойда

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; г. Краснодар, Российская Федерация
✉agronomic@kubsau.ru*

Аннотация. Введение. Формирование современных технологий выращивания зерна кукурузы – сложная задача, требующая применения адаптивных подходов и использования высокопродуктивных, устойчивых к стрессам гибридов с индивидуально подобранными комплексами агротехнических приёмов. **Цель исследования.** Изучить влияние гибридного состава, средств химической защиты растений от сорняков, сроков посева и количества междурядных культиваций на высоту растений, площадь листовой поверхности, урожайности зерна, экономическую и энергетическую эффективность при выращивании культуры в условиях Краснодарского края. **Методы.** Закладка, математическая обработка экспериментальных данных, экономический и энергетический анализ были проведены по методике опытного дела в агрономии. **Результаты.** Гибрид кукурузы ДКС 4590 показал лучшие результаты по исследуемым параметрам продуктивности – высота растений, площадь листьев, урожайность. Так, максимальная зерновая продуктивность на уровне 77,2 ц/га была получена при выращивании этого гибрида с ранним сроком посева, использовании гербицида Титус Плюс и проведении двух культиваций. В среднем по факторам ранние сроки сева и междурядные обработки значительно повышали урожайность и высоту растений. Гербицид Титус Плюс также проявил положительное влияние на показатели продуктивности кукурузы. Экономическим анализом установлено, что наибольший чистый доход (38,8–45,3 тыс. руб./га) обеспечивает гибрид ДКС 4590 с его защитой от сорняков гербицидом Титус Плюс, ранним сроком сева и проведением двух междурядных культиваций. Энергетическая оценка доказала преимущество выращивания гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590, у которых коэффициент энергетической эффективности увеличился до 1,58–1,63. **Заключение.** Таким образом, установлено, что при выращивании кукурузы на зерно в условиях Краснодарского края лучшие результаты с урожайностью более 77 ц/га и чистым доходом более 45 тыс. руб./га обеспечивает гибрид ДКС 4590 при раннем сроке сева, применении гербицида Титус Плюс и проведении двух междурядных культиваций.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, гербицид, срок сева, культивации, продуктивность, высота растений, площадь листовой поверхности, урожайность зерна, прибавка урожая, экономическая эффективность, энергетическая оценка

Для цитирования: Макаренко А.А., Коковихин С.В., Логойда Т.В. Продуктивность гибридов кукурузы, экономическая и энергетическая эффективность их выращивания в условиях Краснодарского Края. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):162-178. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-162-178>

Productivity of corn hybrids, economic and energy efficiency of their cultivation in the Krasnodar Territory

A.A. Makarenko, S.V. Kokovikhin✉, T.V. Logoyda

*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation
✉agronomic@kubsau.ru*

Abstract. Introduction. The development of modern technologies for growing corn grain is a complex task that requires the use of adaptive approaches and highly productive, stress-resistant hybrids with individually selected sets of agrotechnical techniques. **The goal of the research** is to study the influence of hybrid composition, chemical plant protection products against weeds, sowing dates and the number of inter-row cultivations on plant height, leaf surface area, grain yield, economic and energy efficiency when growing crops in the Krasnodar Territory. **The Methods.** The bookmark, mathematical processing of experimental data, economic and energy analysis were carried out according to the methodology of experimental work in agronomy. **The Results.** The DKC 4590 corn hybrid has shown the best results in the studied productivity parameters - plant height, leaf area, yield. Thus, the maximum grain productivity at the level of 77.2 c/ha has been obtained when growing this hybrid with an early sowing date, using the Titus Plus herbicide and carrying out two cultivations. On average, early sowing dates and inter-row cultivations significantly have increased the yield and plant height. The Titus Plus herbicide also has shown a positive effect on the productivity indicators of corn. Economic analysis has established that the highest net income (38.8-45.3 thousand rubles/ha) is provided by the DKC 4590 hybrid with its weed protection by the Titus Plus herbicide, early sowing date and two inter-row cultivations. Energy assessment has proven the advantage of growing Ladozhskiy 291 and DKC 4590 hybrids; their energy efficiency coefficient has increased up to 1.58-1.63. **Conclusion.** Thus, it has been established that when growing corn for grain in the Krasnodar Territory, the best results with a yield of more than 77 c/ha and a net income of more than 45 thousand rubles/ha are provided by the DKC 4590 hybrid with an early sowing date, the use of the Titus Plus herbicide and two inter-row cultivations.

Keywords: corn, hybrid, herbicide, sowing date, cultivation, productivity, plant height, leaf surface area, grain yield, yield increase, economic efficiency, energy assessment

For citation: Makarenko A.A., Kokovikhin S.V., Logoyda T.V. Productivity of corn hybrids, economic and energy efficiency of their cultivation in the Krasnodar Territory. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):162-178. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-162-178>

Введение. Формирование современных технологий выращивания зерна кукурузы – сложная задача, требующая применения адаптивных подходов и использования высокопродуктивных, устойчивых к стрессам гибридов с индивидуально подобранными комплексами агротехнических приёмов [1-3]. Засорённость посевов кукурузы, как и других сельскохозяйственных культур, существенно снижает урожайность (до 30-50%), так как сорняки конкурируют с ней за влагу, питательные вещества, солнечный свет и выделяют ингибирующие рост веще-

ства, являясь также резерваторами вредителей и болезней. Засорённость посевов затрудняет обработку междурядий и другие операции по обработке почвы, повышает затраты и увеличивает себестоимость продукции [4, 5]. Поэтому научно обоснованный выбор гербицидов для уничтожения сорных растений является важнейшим элементом агротехники, требующим учёта эффективности, стоимости, фитотоксичности, продолжительности действия и многих других факторов. При этом в защите растений наиболее перспективен интегрированный

подход, сочетающий агротехнические и химические методы борьбы с сорняками, оптимизирующий ресурсоиспользование и предотвращающий развитие гербицидной резистентности [6-8].

Изменение климата, проявляющееся в росте температур воздуха, нарушении равномерности выпадения атмосферных осадков, а также экстремальных погодных явлениях, обуславливают необходимость уточнения сроков сева кукурузы, как и многих других культур. Избыточные осадки на фоне сниженного температурного режима при ранних сроках сева, особенно в низинах, затрудняют прорастание семян, повышают риск распространения опасных заболеваний, таких как корневая гниль [9, 10]. Экстремальные явления, например, заморозки, могут повредить молодые растения. Задержка посева в условиях высоких температур приводит к пересыханию почвы и снижению всхожести [11-13]. Резкое повышение температуры почвы и воздуха могут ускорить прорастание, но при чрезмерном значении и при дефиците доступной влаги – вызывают стресс у растений, снижая урожайность и экономическую эффективность зернопроизводства. Таким образом, оптимальный выбор сроков сева кукурузы критически важен для минимизации рисков, связанных с изменением климата [14-16].

Междурядная обработка почвы относится к ключевым агротехническим приёмам для кукурузы и других пропашных культур. Она эффективно подавляет сорняки, улучшает аэрацию почвы за счёт разрушения корки, создаёт мульчирующий слой, снижающий испарение влаги, способствует быстрому росту растений [17, 18]. Необходимое число обработок определяется многими факторами: фазой развития и высотой растений, влажностью и типом почвы, количеством осадков, температурой воздуха, а также эффективностью гербицидов и густотой стояния расте-

ний кукурузы. Тяжёлые почвы и повышенная содержание в ней влаги требуют большего количества культиваций [19, 20]. Обработки обычно начинают после того, как растения достаточно окрепнут, чтобы выдержать механическое воздействие. Проводят 1-3 культивации до достижения кукурузой критической высоты, однако оптимальное их количество зависит от конкретных условий и требует локальных исследований с экономическим и энергетическим обоснованием.

Цель исследований. Изучить влияние гибридного состава, средств химической защиты растений от сорняков, сроков посева и количества междурядных культиваций на высоту растений, площадь листовой поверхности, урожайности зерна, экономическую и энергетическую эффективность при выращивании культуры в условиях Краснодарского края.

Для достижения цели были поставлены такие задачи:

- изучить влияние гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества междурядных обработок на высоту и площадь листовой поверхности кукурузы;
- установить урожайность зерна и величину прибавки урожая по факторам и вариантам полевого опыта;
- рассчитать экономическую и энергетическую эффективность разработанных элементов технологии возделывания кукурузы на зерно.

Методы исследований. В четырёхфакторном полевом опыте с гибридами кукурузы, который проводился на протяжении 2017-2019 гг. на опытном поле учебного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ изучали такие факторы и их варианты:

1. Гибрид кукурузы (фактор А):
 - 1.1. Ладожский 291.
 - 1.2. ДКС 4590.
 - 1.3. Феномен.

2. Гербицид (фактор В):

2.1. Люмакс, 4,0 л/га (внесение раннепослевсходовое, фаза 1-3 листьев у культуры).

2.2. Элюмис, 2,0 л/га (внесение фаза 4-5 листьев у культуры).

2.3. Титус Плюс, 0,38 л/га + Тренд 90 (внесение фаза 4-5 листьев у культуры).

3. Сроки сева (фактор С):

3.1. Ранний (при первой возможности проведения предпосевной культивации).

3.2. Средний (при t почвы на глубине посева 10°C , не менее, чем через 14 дней после раннего).

3.3. Поздний (не ранее чем через 14 дней после среднего).

4. Междурядная культивации в период вегетации (фактор D):

4.1. Без культивации.

4.2. Одна культивация плоскорезными рабочими органами на 3-5 см (фаза 4-5 листьев).

4.3. Две культивации плоскорезными рабочими органами на 3-5 см (4-5 листьев, 6-7 листьев).

Закладка, математическая обработка экспериментальных данных, экономический и энергетический анализ были проведены по методике опытного дела в агрономии [21].

Предшественником кукурузы на зерно была озимая пшеница. Почвенная разновидность опытных делянок – чернозем выщелоченный малогумусный. Удобрения вносились под основную обработку почвы в дозе $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$. Основная обработка почвы – вспашка на глубину 25-27 см, которую проводили оборотным плугом KUNH Multi-Master 110.

Посев проводили в сроки, предусмотренные схемой опыта, самоходной селекционной сеялкой VauralPOS 4 на глубину 5-6 см с нормой высева 70 тыс. шт./га.

Междурядные культивации, которые проводили согласно схеме опыта, выпол-

няли на глубину 5-6 см, первая культивация в фазу 3-4 листа кукурузы, вторая – в фазу 6-7 листьев культуры.

Для внесения исследуемых гербицидов (по схеме опыта) использовали опрыскиватель Standardfox в агрегате с трактором KUBOTA m7060, норма рабочего раствора составляла 200 л/га. Изучаемые гербициды показали разную эффективность по отношению различным видам сорняков на опытном участке, которые были представлены однолетними злаковыми: просо куриное (*Echinochloa crus-galli* L.) и видами щетинника (*Setaria* ssp), однолетними двудольными – Канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medic), марь белая (*Chenopodium album* L.), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) и многолетним корнеотпрысковым – вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis* L.)

Уборку проводили селекционным комбайном Wintersteiger Split в фазе полной спелости зерна. Учёт урожая проводили со всей учётной площади делянок.

Результаты. Исследования показали, что наибольшая высота кукурузы (239 см) достигнута при использовании гибрида ДКС 4590, раннем посеве, обработке гербицидом Люмакс и двух культивациях (табл. 1). Наименьшая высота (183 см) отмечена при выращивании гибрида Феномен с гербицидом Элюмис, поздним посевом и одной культивацией, что было на 30,6% ниже лучшего сочетания исследуемых вариантов.

Анализ по гибридам показал, что ДКС 4590 имел среднюю высоту 216 см, гибрид Ладожский 291 показал незначительное снижение (212 см, снижение на 1,9%), а гибрид Феномен продемонстрировал существенное снижение данного показателя на 7,5% по сравнению с ДКС 4590 и на 5,5% – по сравнению с Ладожский 291, или на 11 см.

Применение различных гербицидов практически не повлияло на высоту растений – средняя высота 210 см на всех вариантах.

Высота растений зависела от сроков сева, при этом показав отрицательную за-
номерность: ранний сев (223 см) обеспечил

наибольшую высоту, средний – 208 см, был на 7,2% меньше, а поздний был равен 198 см, что на 12,6% меньше, чем при раннем, и на 5,1% меньше, чем при среднем сроке.

Таблица 1. Высота растений кукурузы в зависимости от гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества культиваций, см, 2017-2019 гг.

Table 1. Height of corn plants depending on hybrid composition, herbicides, sowing dates and number of cultivations, cm, 2017-2019

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по фак- торам		
			без культи- вации	одна культи- вация	две культи- вации	С	В	А
Ладож- ский 291	Люмакс	Ранний	215	221	232	223	210	212
		Средний	205	213	214	208		
		Поздний	190	200	206	198		
	Элюмис	Ранний	219	230	235		210	
		Средний	200	208	209			
		Поздний	199	196	204			
	Титус Плюс	Ранний	220	229	230		210	
		Средний	214	211	219			
		Поздний	200	205	209			
DKC 4590	Люмакс	Ранний	231	233	239		216	
		Средний	213	211	209			
		Поздний	196	199	211			
	Элюмис	Ранний	231	232	223			
		Средний	224	222	209			
		Поздний	204	212	214			
	Титус Плюс	Ранний	234	230	232			
		Средний	203	207	211			
		Поздний	191	193	209			
Феномен	Люмакс	Ранний	211	208	208		201	
		Средний	204	206	206			
		Поздний	186	191	197			
	Элюмис	Ранний	217	205	209			
		Средний	201	196	197			
		Поздний	185	183	199			
	Титус Плюс	Ранний	217	224	218			
		Средний	198	202	200			
		Поздний	185	184	192			
Среднее по фактору D			207	209	213			
HCP ₀₅ по факторам ABCD – 2,8 см								

Междурядные обработки почвы положительно влияли на высоту растений. Контрольный вариант имел высоту на уровне 207 см. Одна культивация незначительно увеличила этот показатель до 209 см (на 1%), что было статистически недостоверно. Две культивации продемонстрировали наилучший результат – 213 см, что на 3% было выше, чем в контроле, и на 1,9% выше, чем при одной культивации.

Анализ площади листовой поверхности кукурузы подтвердил ранее выявленные тенденции, установленные по высоте растений, но также показал некоторые различия (табл. 2). Максимальная площадь листьев (41,1 тыс. м²/га) была достигнута при использовании гибрида ДКС 4590, гербицида Титус Плюс, ранних сроках сева и двух междурядных культиваций. Наихудший результат (26,6 тыс. м²/га) был в 1,6 раза ниже на варианте с гибридом Феномен, гербицидом Люмакс, поздним сроком сева и без проведения культиваций междурядий кукурузы.

Анализ экспериментальных данных показал, что площадь ассимиляционной поверхности у гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590, в среднем по фактору А, практически не различалась и составляла 35,1 и 35,9 тыс. м²/га, соответственно, при разнице 2,3% или 0,9 тыс. м²/га, что по показателю НСР₀₅ находилось в пределах достоверности полевого опыта. Наоборот, на варианте, где высевали гибрид Феномен, зафиксировано существенное уменьшение площади листьев до 32,8 м²/га.

Применение исследуемых гербицидов (Люмакс, Элюмис, Титус Плюс) не оказало статистически значимого влияния на площадь ассимиляционной поверхности посевов исследуемой культуры, который, в среднем по фактору В, находился в диапа-

зоне 34,4-34,9 тыс. м²/га. Незначительное преимущество (0,9-1,45%) показал гербицид Титус Плюс.

Величина ассимиляционной поверхности листьев кукурузы в наибольшей степени зависела от сроков сева. Так, ранний посев обеспечил формирование максимальной площади листьев – 38,0 тыс. м²/га. Применение второго срока снизило этот показатель на 8,3% (до 35,1 тыс. м²/га), а при третьем сроке – на 22,9%, что на 7,1 тыс. м²/га меньше, чем при раннем севе. Разница между ранним и поздним сроками составила 13,6% в пользу раннего.

Количество междурядных культиваций также существенно влияло на площадь листьев, разница между вариантами составляла 0,9-1,7 тыс. м²/га, превышая пороговое значение статистической значимости (НСР₀₅) в 0,9 тыс. м²/га. Двукратное культивирование обеспечило максимальный результат с повышением исследуемого показателя до 35,5 тыс. м²/га, а отсутствие обработок характеризовалось его минимальным значением – 33,8 тыс. м²/га.

Результаты полевых экспериментов демонстрируют существенное влияние комплекса агротехнических приемов на урожайность зерна трех изучаемых гибридов кукурузы: ДКС 4590, Ладожский 291 и Феномен (табл. 3). Урожайность в разной степени изменялась под действием изучаемых гербицидов (Люмакс, Элюмис, Титус Плюс), сроков посева (ранний, средний и поздний) и количества междурядных культиваций (без культивации, одна и две обработки междурядий); при этом наблюдалась как количественная, так и качественная вариабельность зерновой продуктивности культуры в зависимости от действия и взаимодействия этих факторов.

Таблица 2. Площадь листовой поверхности гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, тыс. м²/га, 2017-2019 гг.
Table 2. Leaf surface area of corn hybrids depending on herbicides, sowing dates and the number of inter-row cultivations, thousand m²/ha, 2017-2019

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по фак- торам		
			без культи- вации	одна культи- вация	две культи- вации	С	В	А
Ладож- ский 291	Люмакс	Ранний	36,1	37,3	40,3	38,0	34,4	35,1
		Средний	34,2	35,8	37,1	35,1		
		Поздний	27,2	32,1	33,4	30,9		
	Элюмис	Ранний	36,9	39,0	41,0		34,6	
		Средний	33,3	34,8	36,2			
		Поздний	29,8	31,1	31,1			
	Титус Плюс	Ранний	37,2	38,8	40,0		34,9	
		Средний	34,5	35,4	37,9			
		Поздний	31,8	32,9	33,8			
DKC 4590	Люмакс	Ранний	39,5	40,3	38,9			35,9
		Средний	37,3	35,7	35,4			
		Поздний	34,1	31,1	31,6			
	Элюмис	Ранний	38,8	40,4	38,2			
		Средний	36,9	39,7	34,8			
		Поздний	31,0	34,7	32,2			
	Титус Плюс	Ранний	38,1	38,8	41,1			
		Средний	34,2	34,4	36,8			
		Поздний	30,7	29,4	34,3			
Феномен	Люмакс	Ранний	35,4	34,6	35,1		32,8	
		Средний	32,4	33,4	34,3			
		Поздний	26,6	28,5	30,4			
	Элюмис	Ранний	36,5	34,7	36,5			
		Средний	33,3	32,5	33,6			
		Поздний	28,2	28,3	31,2			
	Титус Плюс	Ранний	36,7	37,9	38,0			
		Средний	32,4	33,9	34,8			
		Поздний	28,8	28,9	30,2			
Среднее по фактору D			33,8	34,6	35,5			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 0,90 тыс. м ² /га								

Таблица 3. Урожайность зерна гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества культиваций, ц/га, 2017-2019 гг.

Table 3. Grain yield of corn hybrids depending on herbicides, sowing dates and number of cultivations, c/ha, 2017-2019

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по фак- торам		
			без культи- вации	одна культи- вация	две культи- вации	С	В	А
Ладож- ский 291	Люмакс	Ранний	64,2	65,2	70,7	67,5	59,8	61,3
		Средний	61,2	63,6	66,0	61,3		
		Поздний	46,7	54,9	57,2	52,4		
	Элюмис	Ранний	64,3	67,4	71,0		60,0	
		Средний	57,9	59,8	62,3			
		Поздний	51,3	52,9	52,9			
	Титус Плюс	Ранний	66,5	68,9	72,0		61,4	
		Средний	60,0	62,8	66,9			
		Поздний	55,0	56,3	57,9			
DKC 4590	Люмакс	Ранний	74,5	74,3	70,7			63,3
		Средний	68,3	61,5	61,0			
		Поздний	55,3	49,4	51,1			
	Элюмис	Ранний	69,4	71,9	67,6			
		Средний	66,0	70,8	59,8			
		Поздний	53,6	59,5	55,0			
	Титус Плюс	Ранний	68,6	72,2	77,2			
		Средний	61,5	61,4	66,5			
		Поздний	53,0	49,9	58,8			
Феномен	Люмакс	Ранний	61,5	59,4	61,0		56,5	
		Средний	56,2	57,3	58,9			
		Поздний	42,3	49,6	51,7			
	Элюмис	Ранний	63,5	59,6	64,7			
		Средний	57,7	55,6	57,6			
		Поздний	48,4	47,9	53,0			
	Титус Плюс	Ранний	63,9	65,4	67,5			
		Средний	56,1	58,2	59,9			
		Поздний	49,6	49,1	51,4			
Среднее по фактору D			59,1	60,2	61,9			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 1,26 ц/га								

Наивысшая урожайность зерна (77,2 ц/га) была достигнута при выращивании гибрида DKC 4590. Этот результат обусловлен комплексом благоприятных факторов: применении гербицида Титус Плюс, ранних сроков посева и проведении двух

междурядных обработок почвы. В противоположность этому, наихудшие результаты показал гибрид Феномен, выращенный с использованием гербицида Люмакс при позднем севе и без проведения междурядных культиваций. Урожайность на этом

варианте составил 42,3 ц/га, что почти в 1,8 раза было ниже максимального показателя.

Анализ данных по фактору А выявил следующие закономерности: гибриды Ладожский 291 и ДКС 4590 сформировали высокую урожайность, достигнув, в среднем, 61,3 и 63,3 ц/га соответственно. Наименьшая средняя урожайность (56,5 ц/га) наблюдалась у гибрида Феномен, что было на 8,5% ниже, чем у гибрида Ладожский 291, и на 12,0% ниже, чем у гибрида ДКС 4590.

Исследование показало, что эффективность химической защиты кукурузы от сорняков существенно зависела от выбора гербицида. При этом применение гербицида Титус Плюс обеспечило наилучшие результаты, повысив урожайность зерна до 61,4 ц/га. Это на 2,3-2,7% больше, чем при использовании гербицидов Люмакс и Элюмис. Данное увеличение урожайности (1,4-1,6 ц/га) статистически значимо ($НСР_{05} = 1,26$ ц/га). Разница в урожайности между Люмаксом и Элюмисом оказалась незначительной и находилась в пределах погрешности эксперимента (0,2 ц/га или 0,3%).

Сроки сева также оказали существенное влияние на урожайность. Ранний срок сева обеспечил максимальную урожайность – 67,5 ц/га. Средний срок сева привел к снижению урожайности на 10,1% (до 61,3 ц/га), а поздний – на 28,8% (до 52,4 ц/га) по сравнению с ранним сроком, и на 17% по сравнению со средним. Такое значительное снижение урожайности при более поздних сроках сева, вероятно, обусловлено влиянием глобального и регионального потепления климата и требует пересмотра традиционных агротехнических приемов в сторону более ранних сроков посева.

Количество междурядных обработок также коррелировало с урожайностью. Отсутствие культиваций привело к формированию минимальной урожайности зерна –

59,1 ц/га. Одна междурядная обработка незначительно увеличила урожайность на 1,1 ц/га (1,9%), что не является статистически значимым результатом ($НСР_{05} = 1,26$ ц/га). Две междурядные обработки повысили урожайность до 61,9 ц/га, что статистически достоверно превышает показатели варианта без культиваций на 2,8 ц/га (4,7%). Таким образом, для повышения урожайности кукурузы оптимальными являются две междурядные обработки.

Экономический анализ доказал, что стоимость валовой продукции существенно изменялась в зависимости от влияния исследуемых факторов и их вариантов (табл. 4). Наибольшую зерновую продуктивность на уровне 66,5 тыс. руб./га сформировал гибрид ДКС 4590, а на гибридах Ладожский 291 и Феномен она уменьшилась до 64,4 и 59,4 ц/га, или на 3,3 и 11,9%.

Второй исследуемый фактор (В – гербициды) несущественно влиял на величину стоимости валовой продукции. На первом варианте с применением гербицида Люмакс она была равна, в среднем по фактору, 62,8 тыс. руб./га. На втором варианте (гербицид Элюмис) она увеличилась до 63,1 тыс. руб./га, или на 0,5%. Наибольшее значение стоимости валовой продукции получили на третьем варианте с применением гербицида Титус Плюс, на котором она возросла до 64,4 тыс. руб./га, что превышало другие варианты фактора В на 2,1-2,6%.

Сроки проведения посева в значительной мере обусловили изменение показателей стоимости валовой продукции. Ранний сев позволил получить наибольший уровень данного экономического показателя – 70,9 тыс. руб./га. При среднем сроке зафиксировано снижение его до 64,4 тыс. руб./га, или на 10,1%, а при позднем – до 55,0 тыс. руб./га, что на 28,9% было меньше раннего срока сева.

Таблица 4. Среднефакториальные показатели экономической эффективности выращивания зерна гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества культиваций, 2017-2019 гг.

Table 4. Average factorial indicators of economic efficiency of growing hybrid corn grain depending on herbicides, sowing dates and number of cultivations, 2017-2019

Фактор	Вариант	Показатели экономической эффективности				
		стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	производственные затраты, тыс. руб.	себестоимость, тыс. руб./ц	чистый доход, тыс. руб./га	уровень рентабельности, %
Гибрид (А)	Ладожский 291	64,4	25,5	0,42	39,0	152,9
	ДКС 4590	66,5	25,5	0,41	41,0	160,7
	Феномен	59,4	25,4	0,45	34,0	134,2
Гербицид (В)	Люмакс	62,8	25,4	0,43	37,4	146,8
	Элюмис	63,1	25,4	0,43	37,6	148,0
	Титус Плюс	64,4	25,5	0,42	39,0	153,0
Срок сева (С)	Ранний	70,9	25,6	0,38	45,3	177,3
	Средний	64,4	25,5	0,42	38,9	153,0
	Поздний	55,0	25,3	0,48	29,7	117,5
Культивации (D)	Без обработки	62,1	24,7	0,42	37,4	151,4
	Одна	63,2	25,4	0,43	37,8	148,3
	Две	65,0	26,2	0,43	38,8	148,0

По четвертому фактору (D) отмечена тенденция повышения стоимости валовой продукции (зерна кукурузы) при увеличении количества культиваций. Минимальный показатель (62,1 тыс. руб./га) сформировался на необработанном контроле. При проведении одной междурядной культивации она увеличилась до 63,2 тыс. руб./га (на 1,8%), а наибольшей (65,0 тыс. руб./га) она была при проведении двух культиваций, что превышало контроль на 4,7%, а вариант с применением одной междурядной обработки – на 2,8%.

Производственные затраты слабо изменялись по исследуемым факторам А, В и С, кроме четвертого фактора – количество культиваций (фактор D). По первым трём факторам этот показатель был практически одинаковым – на уровне 25,3-25,6 тыс. руб./га. При проведении междурядных культиваций пропорционально увеличива-

лись и производственные затраты. Так, на контроле (без культиваций) этот показатель был равен, в среднем по фактору, 24,7 тыс. руб./га. На варианте с одной обработкой он увеличился на 2,8% – до 25,4 тыс. руб./га, а при двух культивациях – до 26,2 тыс. руб./га, что превышало контроль на 6,1%.

Себестоимость 1 ц зерна кукурузы наименьших значений (0,38-0,42 тыс. руб.) достигла при выращивании гибрида ДКС 4590, применении гербицида Титус Плюс, севе в ранний срок и отказе от проведения междурядных культиваций.

Однако, по чистому доходу выгодней было проведение двух культиваций, где получили 38,8 тыс. руб./га, а при их отсутствии и проведении одной культивации – доход уменьшился на 1,0-1,4 тыс. руб./га. По другим факторам также сохранилось преимущества высева гибрида ДКС

4590 в ранний срок и защите от сорняков с помощью гербицида Титус Плюс.

Уровень производственной рентабельности отображал закономерности экономического анализа по предыдущим показателям. Так, на варианте с гибридом ДКС 4590 она была равна 160,7%, а у других гибридов – снизилась 7,8 и 26,5 процентных пунктов. Гербицид Титус Плюс обеспечил повышение рентабельности на 5,0 и 6,2 процентных пунктов. Наибольшие отличия рентабельности зафиксированы по срокам посева. При раннем севе этот показатель был равен, в среднем по фактору С, 177,3%, при среднем уменьшился до 153,0% (или на 24,3 процентных пунктов), при позднем – до 117,5% (на 59,8 процентных пунктов). На варианте без проведения культиваций уровень рентабельности уве-

личился до 151,4%, а при междурядных обработках отмечено его незначительное снижение до 148,3 и 148,0% соответственно.

Энергетическая оценка свидетельствует о максимальном уровне энергии, накопленной в урожае зерна кукурузы, на гибриде ДКС 4590, где он увеличился, в среднем по фактору А и в среднем за годы проведения полевых экспериментов, до 49,5 ГДж/га (табл. 5).

При выращивании гибрида Ладожский 291 наблюдалось снижение на 3,1% этого показателя – до 48,0 ГДж/га. Наименьшее значение энергии, накопленной в урожае зерна кукурузы на уровне 44,3 ГДж/га было на варианте с гибридом Феномен, что меньше первого исследуемого гибрида на 8,4%, а второго – на 11,7%.

Таблица 5. Среднефакториальные показатели энергетической оценки элементов технологии выращивания гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества культиваций, 2017-2019 гг.

Table 5. Average factorial indicators of energy assessment of elements of corn hybrid growing technology depending on herbicides, sowing dates and number of cultivations, 2017-2019

Фактор	Вариант	Показатели энергетической эффективности				
		энергия, накопленная в урожае, ГДж/га	затраты энергии, ГДж/га	чистый энергетический доход, ГДж/га	коэффициент энергетической эффективности	энергозатраты на 1 ц зерна, ГДж
Гибрид (А)	Ладожский 291	48,0	30,3	17,7	1,58	0,50
	ДКС 4590	49,5	30,4	19,2	1,63	0,49
	Феномен	44,3	30,2	14,0	1,46	0,54
Гербицид (В)	Люмакс	46,8	30,3	16,5	1,54	0,52
	Элюмис	47,0	30,3	16,7	1,55	0,51
	Титус Плюс	48,0	30,3	17,7	1,58	0,50
Срок сева (С)	Ранний	52,8	30,4	22,4	1,74	0,45
	Средний	48,0	30,3	17,6	1,58	0,50
	Поздний	41,0	30,2	10,8	1,36	0,58
Культивации (D)	Без обработки	46,3	29,7	16,6	1,56	0,51
	Одна	47,1	30,3	16,8	1,55	0,51
	Две	48,4	30,9	17,5	1,57	0,51

Расход энергии на технологию выращивания зерна кукурузы по гибриднему составу, гербицидам и срокам сева находился на одном уровне – 30,2-30,4 ГДж/га. Проведение культиваций способствовало повышению затрат энергии от 29,7 до 30,3-30,9 ГДж/га, или на 2,0-4,0%.

Чистый энергетический доход изменялся в широком диапазоне, особенно по срокам проведения посевных работ. На раннем сроке он был равен 22,4 ГДж/га, а на втором и третьем сроках уменьшился на 27,3 и 107,4%, до 17,6 и 10,8 ГДж/га соответственно. Также проявилось энергетическое преимущество выращивания гибридов Ладожский 291 (17,7 ГДж/га) и ДКС 4590 (19,2 ГДж/га) по сравнению с гибридом Феномен (14,0 ГДж/га).

Затраты энергии на формирование 1 ц зерна по гибриднему составу составили 0,49 ГДж на варианте с гибридом ДКС 4590, что является лучшим использованием энергии. На гибридах Ладожский 291 и Феномен они увеличились на 2,0 и 10,2% соответственно. Энергетические затраты на выращивание 1 ц га по второму и четвертому факторам были практически одинаковыми и составляли 0,50-0,52 ГДж. Перемещение сроков сева на более поздний период обусловили существенное увеличение энергозатрат от 0,45 до 0,50-0,58 ГДж/ц или на 11,1 и 28,9%.

Заключение. В проведённых полевых опытах установлена разная степень влияния на продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от исследуемых факторов. Гибрид кукурузы ДКС 4590 имел наибольшую высоту 216 см, что незначительно (на 1,9%) было выше варианта с гибридом Ладожский 291. Применение гербицидов практически не влияло на этот показатель. При раннем севе высота составила 223 см, на втором и третьем существенно снизилась. Проведение междурядных обработок почвы повышало данный показатель. Площадь листьев у гибридов Ладожский 291 и

ДКС 4590 была практически одинакова – на уровне 35,5 тыс. м²/га, а у гибрида Феномен выявлен значительно меньший показатель – 32,8 тыс. м²/га, то есть снижение на 7,0-9,5%. Применение культиваций также позитивно сказалось на значениях данного показателя.

Полевые опыты показали, что наивысшая урожайность зерна кукурузы (77,2 ц/га) достигнута при использовании гибрида ДКС 4590, применении гербицида Титус Плюс, раннем сроке сева и проведении двух культиваций междурядий. Этот результат на 80% был выше, чем при высеве гибрида Феномен в позднем сроке, внесении гербицида Люмакс и без культиваций. В среднем, по фактору, гибриды ДКС 4590 и Ладожский 291 продемонстрировали высокую урожайность (63,3 и 61,3 ц/га, соответственно), в то время как гибрид Феномен показал наихудший результат – 56,5 ц/га. Применение гербицида Титус Плюс повысило урожайность на 2,3-2,7%, ранний посев – на 28,8%, а две культивации – на 4,7%.

Экономический анализ показал, что наибольшая стоимость валовой продукции сформировалась при использовании гибридов ДКС 4590 и Ладожский 291. Производственные затраты увеличивались при проведении культивации в междурядьях кукурузы. Лучшие экономические результаты с чистым доходом 38,8-45,3 тыс. руб./га получены при использовании гибрида ДКС 4590, применении гербицида Титус Плюс, раннем сроке сева и двух междурядных культивациях. Исследование энергетической эффективности выращивания кукурузы на зерно показало, что наибольшая величина энергии, накопленная в урожае (49,5 ГДж/га), сформировалась на гибриде ДКС 4590. Затраты энергии на выращивание (30,2-30,4 ГДж/га) были сопоставимы для первых трёх факторов (гибриды, гербициды, сроки посева), а культивации междурядий увеличили их на 2,0-4,0% (до 30,3-

30,9 ГДж/га). Чистый энергетический доход значительно варьировал, особенно в зависимости от сроков посева. Ранний посев обеспечил наибольший доход (22,4 ГДж/га), тогда как средний и поздний посевы показали

снижение на 27,3% и 107,4%. Кроме того, доказано, что перемещение сроков сева на более поздний период обуславливает существенное увеличение энергозатрат от 0,45 до 0,50-0,58 ГДж/ц или на 11,1 и 28,9%.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорулько А.В., Макаренко А.А. Формирование продуктивности кукурузы на зерно под влиянием подкормок азотными удобрениями и микроэлементами // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий: сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар, 05-09 июня 2023 г.). Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2023. С. 134-136.
2. Василько В.П., Макаренко А.А., Магомедтагиров А.А. Динамика основных параметров агрохимических свойств чернозема выщелоченного в равнинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края в зависимости от системы основной обработки почвы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 102. С. 110-113.
3. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе выщелоченном / А.М. Кравцов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 89. С. 54-59.
4. Коковихин С.В., Василько В.П., Сташкина А.Ф. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 36(199). С. 71-89.
5. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 885.
6. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т.В. Логойда [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 82. С. 90-96.
7. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т.В. Логойда [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 155-166.
8. Влияние факторов агротехники на физиолого-биохимические параметры растений озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам / Ю.П. Федулов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 74. С. 158-168.
9. Баландин В.С., Василько В.П. Влияние системы удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях низинно-западного агроландшафта // Современные векторы развития науки: сборник статей по материалам ежегодной научно-практической

конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год (Краснодар, 06 февр. 2024 г.). Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2024. С. 3-4.

10. Эффективность применения интенсивной и биологизированной технологии выращивания гибридов кукурузы при капельном орошении / О. В. Макуха [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2024. № 38(201). С. 101-116.

11. Макаренко А.А., Коковихин С.В., Бойко Е.С. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 36(199). С. 6-20.

12. Коковихин С.В., Макаренко А.А., Логойда Т.В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2024. № 39(202). С. 80-99.

13. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы после разных предшественников / С.В. Коковихин [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 113-124.

14. Вожегова Р.А., Беляева И.Н., Коковихин С.В. Агромелиоративное обоснование севооборотов на неполивных и орошаемых землях Южной степи Украины // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Международной научно-практической конференции: в 3-х т. Т. 2. (Барнаул, 27-28 февр. 2017 г.). Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2017. С. 235-237.

15. Коковихин С.В., Чернышова Е.О., Макуха О.В. Эффективность использования орошения при выращивании сельскохозяйственных культур в Северном Причерноморье в условиях изменения климата // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2022. № 31(194). С. 7-16.

16. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova [et al.] // Journal of Ecological Engineering. 2019. Vol. 20, No. 4. P. 8-13.

17. Коковихин С.В., Бойко Е.С., Магомедтагиров А.А. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 106. С. 104-115.

18. Адамень Ф.Ф., Коковихин С.В., Сташкина А.Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 33(196). С. 34-43.

19. Калинин О.С., Баландин В.С., Ивлев А.С. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей V Международной научно-практической конференции (Пенза, 21-22 февр. 2020 г.). Пенза: Пензенский ГАУ, 2020. С. 67-69.

20. Баландин В.С., Василько В.П. Динамика плотности почвы под кукурузой в зависимости от системы основной обработки почвы // Виртуозы науки: сборник тезисов Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных за 2023 г. (Краснодар, 06-15 нояб. 2023 г.). Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2024. С. 28-29.

21. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография / Ушкаренко В.А. [и др.]. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 336 с.

REFERENCES

1. Zagorulko A.V., Makarenko A.A. Formation of grain corn productivity under the influence of nitrogen fertilizers and microelements // Ecology and nature management: sustainable development of rural areas: collection of articles based on the materials of the III All-Russian scientific and practical conference (Krasnodar, June 5-9, 2023). Krasnodar: KubSAU named after I.T. Trubilin, 2023. P. 134-136. [In Russ.]
2. Vasilko V.P., Makarenko A.A., Magomedtagirov A.A. Dynamics of the main parameters of agrochemical properties of leached chernozem in the flat agrolandscape of the central zone of the Krasnodar Territory depending on the primary tillage system // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2022. No. 102. P. 110-113. [In Russ.]
3. Efficiency of application of nitrogen fertilizers for winter wheat in early spring top dressing on leached chernozem / A.M. Kravtsov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2021. No. 89. P. 54-59. [In Russ.]
4. Kokovikhin S.V., Vasilko V.P., Stashkina A.F. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region in the context of climate change and ecological and meliorative state of soils // News of agricultural science of Tavrida. 2023. No. 36 (199). P. 71-89. [In Russ.]
5. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 885. [In Russ.]
6. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on sowing time on leached chernozem of the central zone of the Krasnodar Territory / T.V. Logoyda [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. No. 82. P. 90-96. [In Russ.]
7. Influence of the primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia / T.V. Logoyda [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. No. 112. P. 155-166. [In Russ.]
8. The influence of agricultural technology factors on the physiological and biochemical parameters of winter wheat plants cultivated after various predecessors / Yu.P. Fedolov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018. No. 74. P. 158-168. [In Russ.]
9. Balandin V.S., Vasilko V.P. The influence of the fertilization system on the yield and quality of corn grain in the conditions of a lowland-western agricultural landscape // Modern vectors of science development: a collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2023 (Krasnodar, February 06, 2024). Krasnodar: KubSAU named after I.T. Trubilin, 2024. P. 3-4. [In Russ.]
10. Efficiency of using intensive and biologized technology for growing corn hybrids with drip irrigation / O. V. Makukha [et al.] // News of agricultural science of Tavrida. 2024. No. 38 (201). P. 101-116. [In Russ.]
11. Makarenko A. A., Kokovikhin S. V., Boyko E. S. Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic parameters of agricultural enterprises // News of agricultural science of Tavrida. 2023. No. 36 (199). P. 6-20. [In Russ.]
12. Kokovikhin S. V., Makarenko A. A., Logoida T. V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological justification of climate-oriented farming systems // News of agricultural science of Tavrida. 2024. No. 39 (202). P. 80-99. [In Russ.]
13. Efficiency of using biopreparations in growing winter wheat after different predecessors / S.V. Kokovikhin [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. No. 112. P. 113-124. [In Russ.]

14. Vozhegova R.A., Belyaeva I.N., Kokovikhin S.V. Agromeliorative justification of crop rotations on non-irrigated and irrigated lands of the Southern steppe of Ukraine // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex of the CIS countries: materials of the XVI International scientific and practical conference: in 3 volumes. Vol. 2. (Barnaul, February 27-28, 2017). Barnaul: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences, 2017. P. 235-237. [In Russ.]
15. Kokovikhin S.V., Chernyshova E.O., Makukha O.V. Efficiency of using irrigation in growing agricultural crops in the Northern Black Sea region under climate change // News of agricultural science of Tavrida. 2022. No. 31 (194). P. 7-16. [In Russ.]
16. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhegova [et al.] // Journal of Ecological Engineering. 2019. Vol. 20, No. 4. P. 8-13. [In Russ.]
17. Kokovikhin S.V., Boyko E.S., Magomedtagirov A.A. The influence of climate change and weather conditions on the yield of winter wheat in the Central zone of the Krasnodar Territory // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2023. No. 106. P. 104-115. [In Russ.]
18. Adamen F.F., Kokovikhin S.V., Stashkina A.F. Efficiency of using artificial moisture taking into account meteorological factors in growing the main agricultural crops in the Northern Black Sea region // News of the agricultural science of Tavrida. 2023. No. 33(196). P. 34-43. [In Russ.]
19. Kalinin O.S., Balandin V.S., Ivlev A.S. Influence of the primary soil cultivation method on sugar beet yield in the central zone of the Krasnodar Territory // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference (Penza, February 21-22, 2020). Penza: Penza State Agrarian University, 2020. P. 67-69. [In Russ.]
20. Balandin V.S., Vasilko V.P. Dynamics of soil density under corn depending on the primary tillage system // Virtuosos of Science: collection of abstracts of the International Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists for 2023 (Krasnodar, November 6-15, 2023). Krasnodar: KubSAU named after I.T. Trubilin, 2024. P. 28-29. [In Russ.]
21. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow cultivation: a monograph / Ushkarenko V.A. [et al.]. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. 336 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Макаренко Александр Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета агрономии и экологии, доцент кафедры общего и орошаемого земледелия Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6728-3058>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Коковихин Сергей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой общего и орошаемого земледелия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г.

Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Логойда Тимофей Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ, доцент кафедры растениеводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8447-2573>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Aleksandr A. Makarenko, PhD (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Agronomy and Ecology, Associate Professor, the Department of General and Irrigated Agriculture, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6728-3058>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Sergey V. Kokovikhin, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of General and Irrigated Agriculture, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Timofey V. Logoyda, PhD (Agriculture), Associate Professor, Director of the educational and experimental farm “Kuban” of KubSAU, Associate Professor, the Department of Plant Growing, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8447-2573>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Заявленный вклад авторов

Макаренко Александр Алексеевич – проведение эксперимента, обобщение данных и их анализ, валидация экспериментальных данных

Коковихин Сергей Васильевич – расчёт экономических и энергетических показателей, формулирование выводов, оформление статьи по требованиям журнала

Логойда Тимофей Владимирович – проведение эксперимента, обобщение данных и их анализ, подбор литературных источников

Claimed contribution of authors

Makarenko Alexander Alekseevich - conducting the experiment, summarizing and analyzing data, validating experimental data

Kokovikhin Sergey Vasilievich - calculating economic and energy indicators, formulating conclusions, preparing the article according to the Journal requirements

Logoyda Timofey Vladimirovich - conducting the experiment, summarizing and analyzing data, selecting literary sources

Поступила в редакцию 09.01.2025

Поступила после рецензирования 17.02.2025

Принята к публикации 19.02.2025

Received 09.01.2025

Revised 17.02.2025

Accepted 19.02.2025

Обзорная статья / Review article

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-179-190>
УДК 634.51:631.524



Изменчивость количественных показателей плодов ореха грецкого

Ю.И. Сухоруких¹, С.Г. Биганова✉¹, Э.К. Пчихачев²

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация
✉svetlanabiganowa@yandex.ru

² *Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», г. Сочи, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. Получение однородной продукции связано с использованием особей, которые имеют малую изменчивость хозяйственно-значимых признаков. Для объективной оценки целесообразно устанавливать ее по нескольким методикам. Орех грецкий – ценное пищевое растение. Значимыми селекционными количественными признаками его плодов является масса плода и ядра, выход ядра, общий балл селекционной ценности. **Цель** работы – изучение изменчивости количественных показателей плодов ореха грецкого по различным методикам. **Задачи** – определение массы плодов и ядер, выхода ядра, общего балла селекционной ценности у отдельных особей вида и установление индексов их изменчивости. **Методы исследования.** Изучались показатели 6 форм, по 70 штук орехов в каждой. Коэффициент вариации, относительную энтропию, индексы изменчивости – Шеннона, Сухоруких-Бигановой, Маргалефа, Менхиника, полидоминантности, Бергера-Паркера – определяли по известным методикам с заменой числа видов на число классов распределения признака. Результаты обрабатывали в программе Stadia 8.0 для Windows. **Результаты.** При делении на 10 классов сумма рангов изменчивости составила: выход ядра – 25, масса плода – 24,5, масса ядра – 22, общий балл селекционной ценности – 8. Дисперсионный непараметрический анализ рангов не выявил достоверного отличия между изменчивостью массы ореха, ядра и выхода ядра (Кр. Фридмана = 0,2-0,5, значимость – 0,4795-0,6547). Изменчивость общего балла селекционной ценности достоверно отличалась от остальных (Кр. Фридмана = 8, значимость 0,00468). Следовательно, при селекции ореха на однородность по первым трем показателям потребуются значительные усилия, а по последнему – наименьшие. Низкая статистическая связь наблюдалась между индексами Бергера-Паркера и Маргалефа, Менхиника ($r = 0,4336$), коэффициентом вариации и остальными индексами ($r = 0,3115-0,4339$). Между другими индексами выявлена сильная статистическая связь ($r = 0,7052-1$).

Ключевые слова: орех грецкий, изменчивость, масса плода, выход и масса ядра, балл селекционной ценности, индексы разнообразия, ранги, корреляция

Для цитирования: Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г., Пчихачев Э.К. Изменчивость количественных показателей плодов ореха грецкого. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):179-190. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-179-190>

Variability of quantitative indicators of walnut fruits

Yu.I. Sukhorukikh¹, S.G. Biganova✉¹, E.K. Pchikhachev²

¹Maykop State Technological University; Maikop, the Russian Federation
✉svetlanabiganowa@yandex.ru

²Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, the Russian Federation

Abstract. Introduction. Obtaining homogeneous products is associated with the use of species that have low variability of economically significant characteristics. For an objective assessment, it is advisable to establish it using several methods. Walnut is a valuable food plant. Significant selection quantitative characteristics of its fruits are the weight of the fruit and kernel, the kernel yield, the total score of selection value. **The goal of the research** is to study the variability of quantitative indicators of walnut fruits using various methods. **The objectives** are the following: determination of the mass of fruits and kernels, kernel yield, total score of selection value in individual specimens of the species and establishment of their variability indices. **The research methods.** The indices of 6 forms, 70 nuts in each, were studied. The variation coefficient, relative entropy, variability indices of Shannon, Sukhorukikh-Biganova, Margalef, Menkhinik, polydominance, Berger-Parker were determined by known methods with the replacement of the number of species by the number of classes of distribution of the trait. The results were processed in the Stadia 8.0 program for Windows. **The Results.** When divided into 10 classes, the sum of the variability ranks has made: kernel yield - 25, fruit weight - 24.5, kernel weight - 22, total selection value score - 8. Nonparametric analysis of ranks has not revealed a reliable difference between the variability of nut weight, kernel, and kernel yield (Friedman $p = 0.2-0.5$, significance - 0.4795-0.6547). The variability of the total selection value score is significantly different from the others (Friedman $p = 8$, significance 0.00468). Consequently, significant efforts will be required for walnut breeding for uniformity according to the first three indicators, and the least efforts according to the last one. Low statistical correlation has been observed between the Berger-Parker and Margalef, Menkhinik indices ($r = 0.4336$), the variation coefficient and other indices ($r = 0.3115-0.4339$). Strong statistical correlation has been found between other indices ($r = 0.7052-1$).

Keywords: walnut, variability, fruit weight, kernel yield and weight, selection value score, diversity indices, ranks, correlation

For citation: Sukhorukikh Yu.I., Biganova S.G., Pchikhachev E.K. Variability of quantitative indicators of walnut fruits. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21 (1):179-190. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-179-190>

Введение. Основой селекции является изменчивость живых организмов [1,2]. Ее изучение представляет значительный интерес для научных и практических работ. При этом важным является исследование изменчивости селективируемых показателей как между, так и у отдельных особей [3,4]. Зная изменчивость показателя, возможно спрогнозировать и осуществить селекционные работы в нужном направлении [1,5]. Хозяйственно-ценные показатели, имею-

щие малую изменчивость у отдельной особи, сорта, позволяет получать больше продукции нужного качества. При значительной изменчивости требуются дополнительные затраты на сортировку продукции и проведение селекционных, хозяйственных мероприятий по стабилизации получаемой продукции соответствующего качества [4,6]. Одним из широко применяемых показателей изменчивости рядом авторов считается коэффициент вариации [7,8].

Также для этих целей предложены индексы разнообразия Шеннона [9,10], Сухоруких-Бигановой, базирующиеся на значениях энтропии [5,11]. Для вышеуказанных показателей разработаны статистические методы оценки различия. При оценке биоразнообразия значительное распространение получило использование индексов Маргалефа, Менхиника, полидоминантности, Бергера-Паркера. Статистические методы различия между ними не разработаны, и решение принимается на основе учета величины показателя по принципу больше – меньше. Дополнительно рекомендуется сделать вывод по ним с учетом результатов дисперсионного анализа. Если отличие установлено, тогда это служит обоснованием для принятия решения об отличии значений показателей (индексов). Каждый индекс имеет свои особенности, а выбор зависит от сложившейся практики в определённых научных направлениях и предпочтениях исследователя [9]. При этом применение различных методических подходов в оценке биоразнообразия показателей может дать больше информации для решения поставленных задач [7,8,12].

При сравнении разноплановых количественных и качественных показателей у ореха грецкого используется балльная оценка. Она производится по принципу рангов, когда одинаковый балл начисляется в пределах определенных градаций признака. При этом допускается, что на граничных значениях отличающихся баллов количественное значение признака имеет близкие значения, а внутри градации, где балл одинаков, оно может быть существенно больше. Общая оценка в этом случае осуществляется на основе суммы баллов [13].

Орех грецкий является ценнейшим пищевым растением, и изучение изменчивости его плодов представляет большой интерес для науки и практики. Практически все части дерева обладают полезными для

человека свойствами. У него ценная древесина [14], экстракт из листьев и ядер обладает лечебными свойствами [15,16], ядра плодов – высококалорийный пищевой продукт, обладающий многими целебными качествами из-за которого выращивается эта культура [14,17,18]. Селекция ореха осуществляется во многих странах мира [14,19]. Одним из аспектов этого процесса является получение продукции определенного качества. Для количественных показателей это масса ореха и ядра, выход ядра, общий балл селекционной ценности плодов [3,4,13]. При этом важно с использованием различных методических подходов установить особенности изменчивости изучаемых показателей признаков для планирования соответствующих работ [7,8]. К настоящему времени изменчивость количественных показателей плодов ореха грецкого изучена односторонне с использованием только коэффициента вариации и индекса разнообразия. Однако в некоторых случаях полученные результаты не однозначны, что требует дополнительных исследований с использованием и других методических подходов [11,14].

Целью работы является изучение изменчивости количественных показателей плодов ореха грецкого на основе использования различных методик.

Для решения поставленной цели определяли массы плодов и ядер, выход ядра, общий балл селекционной ценности различных форм ореха грецкого и рассчитывали изменчивость данных показателей по различным методикам. Полученные результаты обрабатывали современными статистическими методами.

Методы исследования. Количественные показатели плодов ореха грецкого определяли по известной методике [3]. Объем выборки состоял из 70 плодов для каждой из 6 форм (особей). Для всех показателей применяли деление на 10 классов. Оценку разнообразия осуществляли по

различным методикам [5,9,10] с учетом особенностей исследования, т.е. вместо численности видов использовали количество плодов в классах деления показателей. С учетом этого модели принимали следующий вид.

Индекс разнообразия Сухоруких-Бигановой (IR_{s-b})

$$(IR_{s-b}) = E = \frac{H}{H_{\max 10}} \quad (1),$$

где E – относительная энтропия; H – энтропия распределения; $H_{\max 10}$ – максимально возможная энтропия данного распределения для 10 классов деления показателей изучаемого признака.

Поскольку логарифм 0 (нуля) не имеет значения, то при отсутствии в классе показателей использовали значение 0,001. Эта величина незначительна ($3,96825E-0,1$), не влияет на дальнейшие расчеты и позволяет вычислить логарифм.

Коэффициент вариации рассчитывали общепринятым способом [7,8]. Остальные индексы вычисляли известными методами с уточнениями [9], т.е.

индекс видового богатства Маргалефа (D_{Mg})

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N} \quad (2),$$

где S – число классов разбиения, шт., N – численность выборки, шт.;

индекс видового богатства Менхиника (D_{Mn})

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (3),$$

индекс Шеннона ($H(y)$)

$$H(y) = -\sum_j p(y_j) * \ln p(y_j) \quad (4),$$

где $H(y)$ – энтропия распределения; j – номер категории переменной y ; $p(y_j)$ –

вероятность (частость) значения доли признака y .

Относительная энтропия

$$E = \frac{H}{H_{\max}} \quad (5),$$

где E – относительная энтропия; H – энтропия распределения; $H_{\max}$ – максимально возможная энтропия данного распределения с учетом фактического количества классов, в которых распределяется изучаемый признак.

Индекс полидоминантности (S_λ)

$$S_\lambda = \frac{N * (N-1)}{\sum_i n_i * (n_i - 1)} \quad (6),$$

где $i = 1, 2, \dots, S$; $S_\lambda \in [1; \infty]$, n_i – численность класса, N – общая численность выборки.

Индекс Бергера-Паркера (d)

$$d = \frac{N_{\max}}{N} \quad (7),$$

где $N_{\max}$ – численность класса с наибольшей частотой, N – общая численность выборки.

Статистическую обработку данных производили общепринятыми методами [7,8,20] с использованием программы Stadia 8.0 для Windows.

Результаты. Распределение массы плодов ореха грецкого по классам представлено в таблице 1.

Как следует из данных таблицы 1, масса плодов изучаемых форм распределяется в пределах 3-7, среднее 4,83 класса. В классах сосредотачивается от 1,43 до 71,43% плодов. При этом в средних классах каждой формы содержится их наибольшее количество – 21-50, в среднем – 15,47 плода.

В таблице 2 представлено распределение массы ядер ореха грецкого по классам деления данных.

Таблица 1. Распределение плодов ореха грецкого по массе
Table 1. Distribution of walnut fruits by weight

Средины классов	Формы ореха грецкого					
	1	2	3	4	5	6
6,78	20				8	
8,32	39	4			50	2
9,86	10	11	1		12	11
11,40	1	21	9	1		44
12,94		23	44	1		12
14,48		11	15	7		1
16,02			1	8		
17,56				22		
19,10				19		
20,64				12		
Число классов	4	5	5	7	3	5

Таблица 2. Распределение массы ядра форм ореха грецкого
Table 2. Distribution of the kernel mass of walnut shapes

Средины классов	Формы ореха грецкого					
	1	2	3	4	5	6
2,91	2	10			8	
3,81	31	28			56	2
4,71	29	26	30		6	21
5,61	8	6	32			40
6,51			8	2		7
7,41				9		
8,31				19		
9,22				18		
10,12				13		
11,02				9		
Число классов	4	4	3	6	3	4

Данные таблицы 2 указывают, что масса изучаемых форм распределяется в пределах 3-6, среднее 4 класса. В классах сосредотачивается 2,86-80% наблюдений. В средних классах у 2-х форм объем выборки составляет 26,71-80% всей совокупности ядер.

Распределение значений выхода ядра представлено в таблице 3.

Результаты, представленные в таблице 3, свидетельствуют о распределении значений выхода ядра в 3-7, в среднем – 5 классов. Классы, занимающие среднее положение у исследуемых форм, накапливают 31,43-80% наблюдений.

Общий балл селекционной ценности (категории) плодов ореха является результирующим показателем. На его основе делается заключение о селекционной категории изучаемых форм [3,14]. Распределение показателя по классам приводится в таблице 4.

Из данных таблицы 4 следует, что общий балл у изучаемых форм распределяется в пределах 3-5, среднее 3,67 классов. В классах сосредотачивается 1,43-80 % наблюдений. При этом в средних по положению классах их доля составляет 35,71-62,86%.

Обобщённые средние значения индексов разнообразия и коэффициентов вариации изучаемых показателей представлены в таблице 5.

По данным таблицы 5, наибольшая, близкая по величине сумма рангов, выявлена у выхода ядра – 25, массы плода – 24,5, массы ядра – 22, а наименьшая у общего балла селекционной ценности – 8.

Дисперсионный непараметрический метод статистического анализа рангов выявил,

что между изменчивостью массы ореха, ядра и выхода ядра отсутствует достоверное отличие (Кр. Фридмана = 0,2-0,5, значимость – 0,4795-0,6547). Изменчивость общего балла селекционной ценности достоверно отличается от трех вышеуказанных показателей (Кр. Фридмана = 8, значимость – 0,00468). Это указывает, что при селекции ореха на однородность продукции по первым трем показателям потребуются значительные усилия, а по последнему – наименьшие.

Таблица 3. Распределение значений выхода ядра у форм ореха грецкого
Table 3. Distribution of kernel yield values for walnut forms

Средины классов	Формы ореха грецкого					
	1	2	3	4	5	6
31,72		13				
35,23		56	3			
38,75		1	27		2	
42,27	1		29	1	16	10
45,79	3		10	12	42	33
49,31	18		1	23	9	26
52,82	28			22	1	1
56,34	12			5		
59,86	6			7		
63,38	2					
Число классов	7	3	5	6	5	4

Таблица 4. Распределение общего оценочного балла селекционной категории плодов ореха грецкого

Table 4. Distribution of the total evaluation score of the breeding category of walnut fruits

Средины классов	Формы ореха грецкого					
	1	2	3	4	5	6
22,22		3				
25,97		7			3	
29,72		45			29	
33,47	3	15			38	
37,22	13		1			20
40,98	25		32			44
44,73	27		28			6
48,48	2		9	1		
52,23				11		
55,98				58		
Число классов	5	4	4	3	3	3

Таблица 5. Значения индексов разнообразия, ранги массы ореха и ядра, выхода ядра и общего балла селекционной ценности плодов ореха грецкого

Table 5. Diversity index values, nut and kernel weight ranks, kernel yield and total breeding value score of walnut fruits

Индексы	Формы						Среднее/ ранг
	1	2	3	4	5	6	
	Масса ореха						
Индекс разнообразия IR_{s-b}	0,44	0,64	0,44	0,70	0,34	0,46	0,50/3,5
Коэффициент вариации	12,07	13,71	7,60	11,58	7,62	8,84	10,24/3
Индекс Маргалефа	0,71	0,94	0,94	1,41	0,47	0,94	0,90/3
Индекс Менхиника	0,48	0,60	0,60	0,84	0,36	0,60	0,58/3
Индекс Шеннона	1,02	1,47	1,01	1,62	0,79	1,05	1,16/3,5
Относительная энтропия по Шеннону	0,74	0,91	0,63	0,83	0,72	0,62	0,75/3,5
Индекс полидоминантности	2,47	4,17	2,22	4,67	1,83	2,26	2,94/2
Индекс Бергера-Паркера	1,79	3,04	1,59	3,18	1,40	1,59	2,10/3
	Масса ядра						
Индекс разнообразия IR_{s-b}	0,47	0,53	0,42	0,71	0,28	0,44	0,48/2
Коэффициент вариации	13,29	16,97	10,33	12,98	9,04	10,59	12,20/4
Индекс Маргалефа	0,71	0,71	0,47	1,18	0,47	0,71	0,71/2
Индекс Менхиника	0,48	0,48	0,36	0,72	0,36	0,48	0,48/2
Индекс Шеннона	1,08	1,22	0,97	1,64	0,64	1,01	1,09/2
Относительная энтропия по Шеннону	0,78	0,88	0,88	0,92	0,58	0,73	0,79/2
Индекс полидоминантности	2,68	3,17	2,52	5,08	1,53	2,39	2,89/4
Индекс Бергера-Паркера	2,26	2,50	2,19	3,68	1,25	1,75	2,27/4
	Выход ядра						
Индекс разнообразия IR_{s-b}	0,66	0,24	0,52	0,66	0,46	0,46	0,50/3,5
Коэффициент вариации	7,27	6,97	7,14	7,75	5,27	4,75	6,53/2
Индекс Маргалефа	1,41	0,47	0,94	1,18	0,94	0,71	0,94/4
Индекс Менхиника	0,84	0,36	0,60	0,72	0,60	0,48	0,60/4
Индекс Шеннона	1,56	0,55	1,21	1,51	1,07	1,06	1,16/3,5
Относительная энтропия по Шеннону	0,80	0,50	0,75	0,84	0,66	0,77	0,72/3,5
Индекс полидоминантности	3,92	1,49	3,00	4,16	2,37	2,69	2,94/3
Индекс Бергера-Паркера	2,50	1,25	2,41	3,04	1,67	2,12	2,17/2
	Общий балл						
Индекс разнообразия IR_{s-b}	0,56	0,43	0,46	0,22	0,36	0,37	0,40/1
Коэффициент вариации	8,42	7,97	5,02	3,06	5,12	4,52	5,70/1
Индекс Маргалефа	0,94	0,71	0,71	0,47	0,47	0,47	0,63/1
Индекс Менхиника	0,60	0,48	0,48	0,36	0,36	0,36	0,44/1
Индекс Шеннона	1,28	0,98	1,05	0,51	0,83	0,86	0,92/1
Относительная энтропия по Шеннону	0,80	0,71	0,78	0,46	0,76	0,78	0,71/1
Индекс полидоминантности	3,29	2,16	2,65	1,41	2,17	2,10	2,30/1
Индекс Бергера-Паркера	2,59	1,56	2,19	1,21	1,84	1,59	1,83/1

Таблица 6. Корреляция рангов изменчивости, вычисленных по различным методикам

Table 6. Correlation of variability ranks calculated using different methods

	IR _{s-b}	V	D _{Mg}	D _{Mn}	H	S _λ	d
V	0,4402						
D _{Mg}	0,8987	0,3115					
D _{Mn}	0,8987	0,3115	1				
H	0,9972	0,4339	0,8967	0,8967			
S _λ	0,9563	0,4765	0,7867	0,7867	0,9552		
D	0,9122	0,4548	0,7052	0,7052	0,9089	0,9761	
E	0,7304	0,453	0,4363	0,4363	0,7257	0,8457	0,8993

Непараметрическая корреляционная связь между рангами показателей изменчивости, вычисленным различными методами представлена в таблице 6.

Как следует из данных таблицы 6, между коэффициентом вариации и остальными индексами наблюдается слабая ($r = 0,3115-0,4339$) статистическая связь. Также слабая связь ($r = 0,4336$) отмечается между индексами Бергера -Паркера и дающими близкие значения индексами Маргалефа и Менхиника. В остальных случаях между рангами индексов наблюдается сильная статистическая связь ($r = 0,7052 - 1$).

Выводы. При статистическом делении массы плода и ядра, выхода ядра, общего балла селекционной ценности орехов на одинаковое количество классов эти показатели имеют различное распределение.

Изменчивость показателей, оцененных по сумме рангов, установленных на основе различных методов, распределилась в порядке убывания следующим образом: выход ядра – 25,5, масса ореха – 24,5, масса ядра – 22, общий балл – 8. Статистически значимое отличие изменчивости выявлено только между общим баллом и остальными показателями. Для других оно недостоверно.

Результаты оценки изменчивости количественных признаков плодов ореха грецкого выявили значительную положительную корреляционную связь между рангами индексов Сухоруких-Бигановой, Маргалефа, Менхиника, Шеннона, полидоминантности и Бергера-Паркера, низкую – между методами Бергера-Паркера и Маргалефа, Менхиника, а также коэффициента вариации со всеми рассматриваемыми методами.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. Т. 1: Общая селекция растений М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. 1043 с.
2. Царев А.П., Погиба С.П., Лаур Н.В. Селекция лесных и декоративных древесных растений. М.: МГУЛ, 2014. 552 с.

3. Сухоруких Ю.И., Луговской А.П., Биганова С.Г. Программа и методика селекции ореха грецкого. Майкоп: Качество, 2007. 57 с. EDN QKYXFL.
4. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года / под ред. Е.А. Егорова. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. 202 с.
5. Разнообразие орехов лещины обыкновенной (*Corylus avellana*L.) и прогноз встречаемости ее форм на Северо-Западном Кавказе / С.Г. Биганова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 3(375). С. 55-71. DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-55-71. EDN OVKQJW.
6. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству / Л.М. Лопатина [и др.]. Краснодар: Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, 2010. 300 с. EDN PYBRHF.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
8. Минашкин В.Г., Садовникова Н.А., Шувалова Е.Б. Теория статистики. 4-е изд., перераб и доп. / Шмойлова Р.А. [и др.]. М.: Финансы и статистика, 2004. 656 с.
9. География и мониторинг биоразнообразия / Н.В. Лебедева [и др.]. М.: НУМЦ, 2002. 432 с. EDN SHEIRF.
10. Баканов А.И. Количественные методы экологии и гидробиологии: сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова / отв. ред. Г.С. Розенберг. Тольятти: НЦ РАН, 2005. 404 с.
11. Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г. Разнообразие отдельных показателей плодов ореха грецкого при отборе по различным методикам // Новые технологии. 2024. Т. 20, № 1. С. 157-165. DOI 10.47370/2072-0920-2024-20-1-157-165. EDN JHBJXS.
12. Биганова С.Г., Сухоруких Ю.И., Исуцева Т.А. Изменчивость показателей качества плодов лещины обыкновенной в зависимости от условий произрастания // Новые технологии. 2013. № 1. С. 59-65. EDN PZNJXT.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 606 с.
14. Сухоруких Ю.И. Избранные труды. Кн. 2: Орехоплодные. Майкоп: Качество, 2008. 396 с.
15. Исторический опыт и перспективы использования листьев грецкого ореха в медицине (*Juglans regia* L.) / А.С. Ключникова [и др.] // Медико-фармацевтический журнал. Пульс. 2022. Т. 24, № 7. С. 69-77. DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-7-69-77. EDN YXMQHN.
16. Walnut (*Juglans regia* L.) Kernel extracts protect against isoproterenol-induced myocardial infarction in rats / Sun Y. [et al.] // Rejuvenation Research. 2019. No. 22(4). P. 306-312. DOI: 10.1089/rej.2018.2140
17. Корниенко П.С. Сравнительный анализ состояния и распространения ореха грецкого в мире, а также проблематика его возделывания в России // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2022. № 29(192). С. 46-58. EDN EKVWVY.
18. Persian walnut composition and its importance in human health / Ebrahimi S. [et al.] // International Journal of Enteric Pathogens. 2017. No. 6(1). P. 3-9. DOI: 10.15171/ijep.2018.02
19. Bernard A., Lheureux F., Dirlwanger E. Walnut: past and future of genetic improvement // Tree Genetics and Genomes. 2018. No. 14(1). P. 1-28. DOI: 10.1007/s11295-017-1214-0
20. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. 512 с.

REFERENCES:

1. Vavilov N.I. Theoretical Foundations of Plant Breeding. Vol. 1: General Plant Breeding Moscow; Leningrad: Selkhozgiz, 1935. 1043 p. [In Russ.]
2. Tsarev A.P., Pogiba S.P., Laur N.V. Breeding Forest and Ornamental Woody Plants. Moscow: Moscow State University of Forestry, 2014. 552 p. [In Russ.]
3. Sukhorukikh Yu.I., Lugovskoy A.P., Biganova S.G. Program and Methodology for Breeding Walnut. Maikop: Kachestvo, 2007. 57 p. EDN QKYXFL. [In Russ.]
4. Program of the North Caucasus Center for Breeding Fruit, Berry, Flower and Ornamental Crops and Grapes for the Period up to 2030 / ed. by E.A. Egorov. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2013. 202 p. [In Russ.]
5. Diversity of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) and forecast of occurrence of its forms in the North-West Caucasus / S.G. Biganova [et al.] // News of higher educational institutions. Forestry journal. 2020. No. 3 (375). P. 55-71. DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-55-71. EDN OBKQJW. [In Russ.]
6. Methodological and analytical support for research in horticulture / L.M. Lopatina [et al.]. Krasnodar: The North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Agricultural Academy, 2010. 300 p. EDN PYBRHF. [In Russ.]
7. Lakin G.F. Biometry. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 352 p. [In Russ.]
8. Minashkin V.G., Sadovnikova N.A., Shuvalova E.B. Theory of Statistics. 4th ed., revised and enlarged / Shmoilova R.A. [et al.]. Moscow: Finance and Statistics, 2004. 656 p. [In Russ.]
9. Geography and Monitoring of Biodiversity / N.V. Lebedeva [et al.]. Moscow: NUMC, 2002. 432 p. EDN SHEIRF. [In Russ.]
10. Bakanov A.I. Quantitative Methods of Ecology and Hydrobiology: A Collection of Scientific Papers Dedicated to the Memory of A.I. Bakanov / Ed. G.S. Rosenberg. Tolyatti: NC RAS, 2005. 404 p. [In Russ.]
11. Sukhorukikh Yu.I., Biganova S.G. Diversity of individual indicators of walnut fruits during selection using different methods // New technologies. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 157-165. DOI 10.47370/2072-0920-2024-20-1-157-165. EDN JHBJXC. [In Russ.]
12. Biganova S.G., Sukhorukikh Yu.I., Isusheva T.A. Variability of quality indicators of common hazel fruits depending on growing conditions // New technologies. 2013. No. 1. P. 59-65. EDN PZNJXT. [In Russ.]
13. Program and methods for variety study of fruit, berry and nut crops / under the general editorship of E.N. Sedova, T.P. Ogoltsova. Orel: VNIISPK, 1999. 606 p.
14. Sukhorukikh Yu.I. Selected Works. Book 2: Nut-bearing plants. Maikop: Kachestvo, 2008. 396 p. [In Russ.]
15. Historical experience and prospects for the use of walnut leaves in medicine (*Juglans regia* L.) / A.S. Klyuchnikova [et al.] // Medical and pharmaceutical journal. Pulse. 2022. Vol. 24, No. 7. P. 69-77. DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-7-69-77. EDN YXMQHN. [In Russ.]
16. Walnut (*Juglans regia* L.) Kernel extracts protect against isoproterenol-induced myocardial infarction in rats / Sun Y. [et al.] // Rejuvenation Research. 2019. No. 22(4). P. 306-312. DOI: 10.1089/rej.2018.2140 [In Russ.]
17. Kornienko P.S. Comparative analysis of the state and distribution of walnut in the world, as well as the problems of its cultivation in Russia // News of agricultural science of Tavrida. 2022. No. 29(192). P. 46-58. EDN EKVWVY.

18. Persian walnut composition and its importance in human health / Ebrahimi S. [et al.] // International Journal of Enteric Pathogens. 2017. No. 6(1). P. 3-9. DOI: 10.15171/ijep.2018.02
19. Bernard A., Lheureux F., Dirlewanger E. Walnut: past and future of genetic improvement // Tree Genetics and Genomes. 2018. No. 14(1). P. 1-28. DOI: 10.1007/s11295-017-1214-0
20. Kulaichev A.P. Methods and tools for complex data analysis. 4th ed., revised. and add. Moscow: FORUM: INFRA-M, 2006. 512 p.

Информация об авторах / Information about the authors

Сухоруких Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000 Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>, drsuchor@rambler.ru

Биганова Светлана Герсановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры информационной безопасности и прикладной информатики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000 Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612>, svetlanabiganowa@yandex.ru

Пчихачев Эдуард Кимович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор, Адыгейский филиал Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук»; 385778, Российская Федерация Республика Адыгея, Майкопский район, пос. Цветочный, ул. Школьная, 2А, ORCID: <https://orcid.org/000-003-2587-0777>

Yuri I. Sukhorukikh, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Leading Researcher, Maykop State Technological University; 385000 the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>, drsuchor@rambler.ru

Svetlana G. Biganova, PhD (Agriculture), Associate Professor, Professor, the Department of Information Security and Applied Informatics, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612>, svetlanabiganowa@yandex.ru

Eduard K. Pchikhachev, PhD (Agriculture), Leading Researcher, Director, Adygh branch of the Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 385778, the Russian Federation, the Republic of Adygea, thje Maikopsky district, Tsvetochny settlement, 2 A Shkolnaya str., ORCID: <https://orcid.org/000-003-2587-0777>

Заявленный вклад авторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант

Claimed contribution of authors

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted

Поступила в редакцию 09.01.2025

Received 09.01.2025

Поступила после рецензирования 13.02.2025

Revised 13.02.2025

Принята к публикации 17.02.2025

Accepted 17.02.2025

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Научное издание

Рецензируемый научный журнал «Новые технологии/New Technologies»

Том 21. №1. 2025

Издательство МГТУ

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

Бумага Чайка Бумага А. Печать цифровая.

Гарнитура Times. Усл. п.л. 24,0. Формат 60x84/8. Тираж 500 экз. Заказ 21/1.

Отпечатано с готового оригинал-макета

на участке оперативной полиграфии ИП Кучеренко В.О.

385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, 403/33.

Тел. для справок 8-928-470-36-87.

E-mail: slv01@yandex.ru

