ISSN 2311-6447

ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК- ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

TECHNOLOGIES FOR THE FOOD AND PROCESSING INDUSTRY OF AIC - HEALTHY FOOD

№ 3, 2026

Ассоциация
«Технологическая платформа «Технологии пищевой
и перерабатывающей промышленности АПК –
продукты здорового питания»
(Ассоциация «ТППП АПК»)

Association
«Technology platform «Technologies of Food and Processing Industries
of Agro-industrial Complex– Healthy Food»
(Association «TFPI AIC»)

ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК – ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

TECHNOLOGIES FOR THE FOOD AND PROCESSING INDUSTRY OF AIC – HEALTHY FOOD

№ 3, 2026

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

Воронеж
2026

2026
Voronezh

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации для опубликования диссертационных исследований

Журнал издается при информационной поддержке Министерства здравоохранения РФ

Материалы журнала размещаются в БД РИНЦ (http://elibrary.ru, л/д № 234-04/2014)
БД AGRIS (ЦНСХБ http://www.cnshb.ru/)
ЭБС Лань (http://e.lanbook.com, л/д № 11/08)
ЭБ КиберЛенинка (http://cyberleninka.ru/, л/д № 32325-01)

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Главный редактор:
Чертов Евгений Дмитриевич - д.т.н., профессор, председатель Правления Ассоциации «ТППП АПК», советник при ректорате ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Заместитель главного редактора:

Антипов Сергей Тихонович – д.т.н., профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Члены редакционного совета:

Лисицын Андрей Борисович – д.т.н., профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, Председатель Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», научный руководитель ФГБНУ «ФНЦ Пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Панфилов Виктор Александрович – д.т.н., академик РАН, руководитель рабочей группы «Машиностроение» Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Трунов Юрий Викторович – д.т.н., заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Завражнов Анатолий Иванович – д.т.н., профессор, почетный работник высшего образования, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, академик РАН, заместитель Председателя Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», главный научный сотрудник университета ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Антипова Людмила Васильевна – д.т.н., Заслуженный деятель науки РФ, руководитель рабочей группы «Производство пищевых продуктов» Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Сычева Ольга Владимировна – д.с.-х.н., профессор, академик Российской Академии продовольственной безопасности, Почетный работник АПК РФ, заведующая кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «СтГАУ»

Васильева Лидия Михайловна - д.с.-х.н., доцент, заместитель председателя Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», руководитель научно-образовательного центра «Осетроводство» ФГБОУ ВО «АГУ»

Корнеева Ольга Сергеевна – д.б.н., профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, заместитель Председателя Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», врио ректора ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Алексанян Игорь Юрьевич – д.т.н., профессор кафедры технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «АГТУ»

Росляков Юрий Федорович – д.т.н., Заслуженный изобретатель РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедра пищевой инженерии ФГБОУ ВО «КубГТУ»

Романова Елена Михайловна – д.б.н., профессор, заведующая кафедрой биологии, экологии, паразитологии, водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Федоренко Борис Николаевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной механики и инжиниринга технических систем ФГБОУ ВО «МГУПП»

Нухкади Ибрагимович Рабазанов - д.б.н., профессор, Заслуженный деятель науки РД, директор Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского Федерального Исследовательского Центра РАН

Пучков Михаил Юрьевич - д.с.-х.н., доцент, заведующий лабораторией селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО «АГУ»

Захаров Вячеслав Леонидович - д.с.-х.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «ЕГУ им. И.А. Бунина»

Алиев Таймасхан Гасан-Гусейнович - д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Бобрович Лариса Викторовна - д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Ламонов Сергей Александрович - д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Сушков Василий Степанович - д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Скоркина Ирина Алексеевна - д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Международный состав:

Барулин Николай Валерьевич – д.н., заведующий кафедрой ихтиологии и рыбоводства Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», респ. Беларусь

Асылбекова Сауле Жангировна – д.б.н., ассоциированный профессор, заместитель генерального директора «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», респ. Казахстан

Дьякун Ярослав – д.т.н., профессор Кошалинского политехнического университета, Польша

Оспанов А.А. – д.т.н., академик КазНАЕН, профессор КазНАУ, руководитель научно-исследовательского центра технологии перерабатывающих производств, респ. Казахстан

Акулич А.В. – д.т.н., профессор УО «МГУП», заслуженный изобретатель РБ, респ. Беларусь

Варади Ласло – д.б.н., президент сети центров аквакультуры Центральной и Восточной Европы (НАСИ), президент Венгерской ассоциации аквакультуры, Венгрия

Кизатова Майгуль Жалеловна – д.т.н., профессор, профессор кафедры фармацевтической технологии Казахского национального медицинского университета имени С.Д. Асфендиярова, республика Казахстан

РЕДАКЦИОННЫЕ КОЛЛЕГИИ РУБРИК

Сельское хозяйство

Белозеров Г.А. (гл. ред.), Григорьева Л.В., Савельева Н.Н., Василенко В. Н., Причко Т.Г., Черемушкина И.В.

Аквакультура

Васильева Л.М., Мукатова М.Д., Иванова Е.Е.

Пищевые системы. Биотехнология

Антипова Л.В. (гл. ред.), Чернуха И. М., Елисеева Л.Г., Родионова Н.С., Пономарева Е.И.

Машиностроение в АПК

Панфилов В.А. (гл. ред.), Остриков А.Н., Шаззо А.Ю., Шахов С.В., Мокрозуб В.Г., Федоренко Б.Н., Магомедов Г.О.

Ответственный секретарь: Сухарева И.А.

Учредитель: Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» (Ассоциация «ТППП АПК»)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор): Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-61466 от 10 апреля 2015 г.

Подписной индекс в объединенном каталоге «ПРЕССА РОССИИ» 38920

Адрес Ассоциации «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания»
394036, Воронеж, ул. Арсенальная д. 3, оф.. 226
тел.: 8(961)187-65-88
E-mail: red.platforma@mail.ru
платформа-апк.рф
Адрес редакции, издателя: 394036 г. Воронеж, ул. Арсенальная, д. 3, оф. 226
Адрес типографии: 394019, Воронеж, ул. Краснодонская , д. 16И, офис 7

Сдано в набор 01.09.2026.
Дата выхода в свет 16.10.2026.

Формат 70×100 1/8.

Усл. печ. л. 32,5. Тираж 1000 экз. Заказ 450

Цена – свободная.

© Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания», 2026

12+

Любое воспроизведение материалов и их фрагментов возможно только с письменного разрешения редакции.

The Journal is included in the list of publications, which recommended by the Highest Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for publishing dissertation researches

The Journal is polished with information support of The Ministry of Heath of the Russian Federation
Journal articles are placed in the base of Russian Science Citation index data (http://elibrary.ru, license agreement № 234-04/2014)
In the base of AGRIS (CNCHB http://www.cnshb.ru/)
In the electronic library system of publishing house Lan' (http://e.lanbook.com, license agreement № 11/08)
In the electronic library CyberLeninka (http://cyberleninka.ru/)

EDITORIAL BOARD

EDITORIAL COUNCIL OF THE JOURNAL

Editor-in-Chief:
Evgeny Dmitrievich Chertov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Management Board of the Association "CCI AIC", Adviser to the Rector of the VSUIT

Deputy Editor-in-Chief:

Antipov Sergey Tikhonovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Production Machines and Apparatuses of VSUIT

Members of the Editorial Board:

Lisitsyn Andrey Borisovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, laureate of the State Prize of the Russian Federation, Chairman of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Scientific Director of the FSBI "V.M. Gorbatov Food Systems Research Center" of the Russian Academy of Sciences

Panfilov Viktor Aleksandrovich – Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the working group "Mechanical Engineering" of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Professor of the Department of Processes and Devices of Processing Industries FGBOU IN RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Trunov Yuri Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of Horticulture, Biotechnology and Crop Breeding, Michurinsky State Agrarian University

Zavrazhnov Anatoly Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Education, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Sciences, Deputy Chairman of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Chief Researcher of the University of the Michurinsky State Agrarian University

Antipova Lyudmila Vasilyevna – Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, head of the working group "Food Production" of the Expert Council of the Association "CCI Agroindustrial Complex", Professor of the Department of Technology of Animal Products FGBOU HE "VGUIT"

Olga Vladimirovna Sycheva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Food Security, Honorary Worker of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the FSUE VO "StGAU"

Vasilyeva Lidiya Mikhailovna - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Deputy Chairman of the Expert Council of the Association "CCI Agroindustrial Complex", head of the scientific and educational center "Sturgeon Breeding" FGBOU VO "ASU"

Korneeva Olga Sergeevna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Deputy Chairman of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Vice-Rector for Scientific and Innovative Activities of the VSUIT

Aleksanyan Igor Yurievich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Machines and Equipment of the Federal State Budgetary Educational Institution "AGTU"

Roslyakov Yuri Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Honored Inventor of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department of Food Engineering of the FSBEI HE "KubSTU"

Romanova Elena Mikhailovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology, Ecology, Parasitology, Aquatic Bioresources and Aquaculture of the Ulyanovsk State University

Boris Fedorenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mechanics and Engineering of Technical Systems of the Moscow State Pedagogical University "MGUPP"

Nuhkadi Ibragimovich Rabazanov - Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, Director of the Caspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Mikhail Yuryevich Puchkov - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Agricultural Crops of the ASU

Vyacheslav L. Zakharov - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products of the I.A. Bunin YSU

Aliyev Taimaskhan Hasan-Huseynovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology GBOU IN Michurinsky GAU

Larisa Viktorovna Bobrovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology GBOU IN Michurinsky GAU

Lamonov Sergey Alexandrovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production, Storage and Processing of Livestock Products of the Michurinsky State Agrarian University

Vasily Stepanovich Sushkov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production, Storage and Processing of Livestock Products of the Michurinsky State Agrarian University

Skorkina Irina Alekseevna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Production, Storage and Processing Technology livestock products of the Michurinsky State Agricultural University

International composition:

Nikolay V. Barulin – Doctor of Sciences, Head of the Department of Ichthyology and Fish Farming Educational Institution "Belarusian State Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy", Rep. Belarus

Asylbekova Saule Zhangirovna – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Deputy General Director of the Scientific and Production Center of Fisheries, Rep. Kazakhstan

Jaroslav Dyakun – Doctor of Technical Sciences, Professor of Koszalin Polytechnic University, Poland

Ospanov A.A. – Doctor of Technical Sciences, Academician of KazNAU, Professor of KazNAU, head of the Research Center for Technology of Processing Industries, Rep. Kazakhstan

Akulich A.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Educational Institution "MGUP", Honored Inventor of the Republic of Belarus, Rep. Belarus

Varadi Laszlo – PhD, President of the Network of Aquaculture Centers of Central and Eastern Europe (NASI), President of the Hungarian Aquaculture Association, Hungary

Kizatova Maigul Zhalelovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Pharmaceutical Technology of the Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Republic of Kazakhstan

EDITORIAL BOARD COLUMNS

Agricultar production

Belozerov G.A. (chief editor), Grigorieva L.V., Savelyeva N.N., Vasilenko V.N., Prichko T.G., Cheremushkina I.V.

Aquaculture

Vasilyeva L.M., Mukatova M.D., Ivanova E.E.

Production food product

Antipova L.V. (chief editor), Chernukha I.M., Eliseeva L.G., Rodionova N.S., Ponomareva E.I.

Food mechanical engineering

Panfilov V.A. (chief editor), Ostrikov A.N., Shazzo A.Yu., Shakhov S.V., Mokrozub V.G., Fedorenko B.N., Magomedov G.O

Executive Secretary: Sukhareva I.A.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, information technologies and mass communications (Roskomnadzor): IP Registration Certificate No. FS77-61466 dated April 10, 2015

Subscription index in the combined catalog "PRESS OF RUSSIA" 38920

Address of Association «Technology platform «Technology of food and processing industry agro-industrial complex - healthy food» (Association «TFPI AIC»)
394036, Voronezh, Arsenalnaya St., 3 of. 226,
tel.: 8(961)187-65-88
E-mail: red.platforma@mail.ru
платформа-апк.рф
Editorial address, publisher: Arsenalnaya St., 3 of. 226, 394036 Voronezh, Russia
Printing house address: 394019, Voronezh, Krasnodonskaya str. , 16I, office 7

Rented in a set 01.09.2026.
Signed print 16.10.2026.

Size 70×100 1/8.

Cont. printed sheets 32,5. Circulation 1000 copy. ord. 450

Price – not fixed.

© Association «Technology platform «Technology of food and processing industry agro-industrial complex - healthy food» (Association «TFPI AIC»), 2026

12+

Содержание

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

М.А. Белова, Г.А. Прошутинский, К.А. Комаров, Д.Д. Вилкова, О. В. Новиченко
Влияние метода экстракции на сенсорный профиль напитков из зерен Coffea arabica 11
М.Н. Альшевская
Разработка рецептуры желированного наполнителя
в технологии мясного хлеба функционального назначения 19
И.В. Новикова, Я.Р. Арустамов; Т.С. Ковалева; С.С. Дядищева; Е.А. Коротких, В.В. Жуйко
Биоферментация тиолов хмеля под действием пивных дрожжей: от ферментативных механизмов к технологическому контролю 29
Т.М. Воробьева, Р.В. Крылова, А.Д. Шумилова
Разработка морса функционального назначения для профилактики работы пищеварительной системы всех возрастных групп здорового населения 37
А.С. Рязанцева
Применение мисо-пасты в производстве шоколада: анализ сенсорных свойств 46
В.В. Литвяк, Р.Х. Кандроков, доцент М.С. Воронина, доцент Д.Ф. Игнатова
Технология производства картофелепродукта пористого 53
О.М. Блинникова, И.М. Новикова, А.С. Ильинский, Л.Г. Елисеева
Моделирование рецептуры фруктового йогурта
обогащенного функциональными нутриентами ягод жимолости и коллагеном 61
М.М. Шевцов
Сенсорный профиль аромата мякиша хлеба из разных сортов пшеницы 72
Д.С. Радько, С.В. Колобов
Сравнительное исследование химического состава
мяса косули, говядины, баранины, свинины и мяса птицы 78
М.Ю. Тюрин, С.В. Китаевская, К.Л. Шнайдер
Разработка замороженного кисломолочного десерта с антиоксидантными свойствами 86
З. Ю. Родина, О.В. Перфилова
Опыт комбинации растительного сырья, в том числе
вторичного, в рецептуре снеков, обогащенных антиоксидантами 98
С.В. Журавлева, А.В. Панкина, Т.М. Бойцова, Е.Г. Новицкая, Т.В. Владыкина
Влияние гидротермической обработки на безопасность
полуфабрикатов из бурых водорослей 108
Л.Н. Рождественская, А.А. Кравцова, Д.А. Кожурова
Формализация выбора пластификаторов и структурообразователей
для получения листовых полуфабрикатов из растительного сырья 116
С.В. Болдырева
Разработка нутрицевтических сиропов на основе нетрадиционного
растительного сырья Дальнего Востока с добавлением Saccharina japonica 128
С.Г. Боев, А.А. Заикин, И.В. Чуваев, В.Н. Трубников
Исследование возможности применения муки из семян черного
тмина в изготовлении пшеничного хлеба и оценка полученных образцов 135
Т.М. Воробьева, А.Ю. Веселова, А.И. Савина
Разработка технологии зефира функционального назначения
для лиц с избыточной массой тела, способствующего профилактике
ожирения и улучшению работы пищеварительной системы 147
Н.Л. Моргунова, Д.О. Фалько, Ф.Я. Рудик, А.А. Жиздюк, В.Н. Буйлов
Технология посола изделий из баранины с использованием ультразвуковой обработки 155
Ю.Ю. Куркина, А.Н. Австриевских, В.М. Позняковский, Е.О. Ермолаева
Эффективность модифицированного коллагена при ферментной
недостаточности, инсулинорезистентности и остеопении 164
З.Т. Тазова, З.А. Ачегу, Н.Т. Сиюхов
Исследование возможности использования лекарственно-технического сырья 173
северо-кавказского региона при разработке продуктов персонализированного питания
С.В. Золотокопова, А.И. Клепиков, А.А. Неваленная

Исследование вязкости модельных образцов теста для рыборастительных крипсов 179
С.М. Корпачева, О.В. Рогова, О.В. Дерюшева, А.С. Утенева
Прогнозирование показателей качества соуса на основе растительного напитка 187
И.А. Трубина, О.В. Сычева, С.Н. Шлыков, Е.А. Скорбина, Р.С. Омаров
Современные аспекты использования ферментов в технологии мясных продуктов 197
Л.И. Елисеева, П.А. Гоголева, К.М. Степанов
Технология функционального национального кисломолочного продукта «Суорат» 205
В.П. Петрова, Л.И. Елисеева, К.М. Степанов
Функциональный напиток из пахты 212
Н.Л. Моргунова, А.В. Анисимов, О.С. Фоменко, А.С. Кизиёва, Д.О. Фалько
Разработка методов структурирования молочных продуктов,
повышающих их пригодность для пищевой 3d-печати 218
М.А. Харин, А.А. Запорожский
Разработка и обоснование технологии производства диетических
кормов для непродуктивных животных с использованием вторичных
сырьевых ресурсов мясоперерабатывающих предприятий 230

АКВАКУЛЬТУРА

А.С. Алексеев, Л.А. Ильина, С.П. Скляров, Т.А. Нечаева, В.Ю. Морозов
Эффективность пробиотика Ликвафид при выращивании молоди стерляди 239

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

О.В. Новиченко, М. Шахин
Изучение возможности выращивания черного тмина (Nigella sativa L.) в условиях аридного климата Астраханской области и его морфометрические характеристики 244
Д.Д. Кутин
Динамика молочной продуктивности в последние лактации перед выбраковкой:
маркеры снижения адаптационного резерва у коров красно-пестрой породы 250
А.С. Евдокимов, Н.С. Николаев, Е.Я. Амигуд
Коллекция типовых образцов представителей сем. Asteraceae
гербария РГПУ им А.И. Герцена (Herz) 257
Е.В. Павлова
Сортоизучение земляники садовой в условиях Республики Коми 265
С.В. Черкасов, Л.Г. Ересько, Ю.Б. Стручалина
Зерновые ресурсы юга России, как сырье для производства
поликомпонентных зернопродуктов 272
Л.Д. Шимит, Ч.М. Сат
Рост и развитие молодняка маралов в условиях
ГУП РТ «Мараловодческого хозяйства «Туран» 278
А.Н. Загорянский, С.Ю. Акутина, В.Н. Сетин, И.А. Володина, Н.А. Ермакова
Оценка влияния регуляторов роста и микроудобрения на пустырнике сердечном
(leonuruscardiacal.) второго года вегетации в условиях Самарской области 284
Е.В. Павлова
Фенологические и ростовые особенности сортов ремонтантной
малины в условиях Республики Коми 292

МАШИНОСТРОЕНИЕ В АПК

И.Ю. Алексанян, А.Х. Нугманов, О.И. Коннова, Е.В. Соколова, Н.П. Дяченко
Термодинамический анализ закономерностей варьирования
гигроскопических параметров печени сома, как объекта сушки 297
А.В. Шафрай
Применение методов машинного обучения для проектирования пищеконцентратов 307
В.В. Медведев, И.В. Оселедцева
Система показателей качества производственных процессов на
винодельческом производстве с учетом коэффициентов весомости показателей 315
А.И. Ключников, В.Ю. Овсянников, А.И. Потапов, Д.В. Ключникова 323
Исследование процесса микрофильтрации пива и разработка практических рекомендаций для создания аппаратурно-технологических комплексов пивоварен

Content

FOOD SYSTEMS. BIOTECHNOLOGY

M.A. Belova, G.A. Proshutinsky, K.A. Komarov, D.D. Vilkova
The effect of the extraction method on the sensory profile of Coffea arabica drinks 11
M.N. Alshevskaya
Development of a recipe for a gelled filler in the technology of functional meat bread 19
I.V. Novikova, Ya.R. Arustamov, T.S. Kovaleva, S.S. Dyadisheva, E.A. Korotkov, V.V. Zhuiko
Biofermentation of hop thiols under the action of brewer's yeast: from enzymatic mechanisms to technological control 29
T.M. Vorobyova, R.V. Krylova, A.D. Shumilova
Development of functional purpose morse for the prevention of the digestive system of all ages of healthy population 37
A.S. Ryazantseva
The use of miso paste in chocolate production: analysis of sensory properties 46
V.V. Litvyak, R.Kh. Kandrokov, M.S. Voronina, D.F. Ignatova
Technology of production of porous potato products 53
O.M. Blinnikova, I.M. Novikova, A.S. Ilyinsky, L.G.Eliseeva
Designing the recipe of nectars with specified properties based on fruit and berry raw materials of the Central Black Earth region 61
M.M. Shevtsov
Sensory profile of the flavor of bread crumb from different wheat varieties 72
D.S. Radko, S.V. Kolobov
A comparative study of the chemical composition of roe deer meat, beef, lamb, pork, and poultry meat. 78
M.Yu. Tyurin, S.V. Kitaevskaya, K.L. Schneider
Development of a fermented dairy dessert with antioxidant potential based on plant raw materials and a probiotic culture 86
Z.Yu. Rodina, O.V.Perfilova
Experience in combining plant-based raw materials, including secondary ones, in the formulation of antioxidant-enriched snacks 98
S.V. Zhuravleva, A.V. Pankina, T.M. Boytsova, E.G. Novitskaya, T.V. Vladykina
The effect of hydrothermal treatment on the safety of brown seaweed semi-finished products 108
L.N. Rozhdestvenskaya, A.A. Kravtsova, D.A. Kozhurov
Formalization of the selection of plasticizers and structure-forming agents for the production of sheet semi-finished products from plant raw materials 116
S.V. Boldyreva
Development of nutraceutical syrups based on non-traditional plant raw materials of the Russian Far East with the addition of Saccharina japonica 128
S.G. Boev, A.A. Zaikin, I.V. Chuvaev, V.N. Trubnikov
Study of the possibility of using black cumin seed flour in the production of wheat bread, and evaluation of the obtained samples 135
T.M. Vorobyova, A.Yu. Veselova, A.I. Savina
Development of a functional marshmallow technology for individuals with excess body weight, which helps prevent obesity and improve the functioning of the digestive system 147
N.L. Morgunova, D.O. Falco, F.Ya. Rudik, A.A. Zhizdyuk, V.N. Builov
Technology of beef sales using ultrasonic treatment 155
Yu. Yu. Kurkina, A. N. Avstrievskikh, V. M. Poznyakovsky, E. O. Ermolaeva
Clinical efficacy of modified collagen and its promoters in enzyme deficiency, insulin resistance, and osteopenia 164
Z. T. Tazova, Z. A. Achegu, N.T. Siyukhov
Study of the possibility of using medicinal and technical raw materials of the north caucasus region in the development of personalized nutrition products 173

S.V. Zolotokopova, A.I. Klepikov, A.A. Nevalennaya
Study of the viscosity of model dough samples for fish-and-plant crisps 179
S.M. Korpacheva, O.V. Rogova, O.V. Deryusheva, A.S. Uteneva 187
Predicting the quality of a sauce based on a vegetable drink
I. A. Trubina, O. V. Sycheva, S. N. Shlykov, E. A. Skorbina, R. S. Omarov
Modern aspects of using enzymes in meat product technology 197
L.I. Eliseeva, P.A. Gogoleva, K.M. Stepanov
The technology of the functional national fermented milk product «Suorat» 205
V.P. Petrova, L.I. Eliseeva, K.M. Stepanov
A functional buttermilk drink 212
N.L. Morgunova, A.V. Anisimov, O.S. Fomenko, A.S. Kizieva, D.O. Falco
Development of methods for structuring dairy products to increase their suitability for food 3d printing 218
M.A. Kharin, A.A. Zaporozhsky
Development and substantiation of dietary feed production technology for non-productive animals based on secondary raw materials of meat processing enterprises 230

AQUACULTURE
A.S. Alekseev, L.A. Ilyina, S.P. Sklyarov, T.A. Nechaeva, V.Y. Morozov
Efficacy of the probiotic Liquafeed in rearing juvenile sterlet 239

AGRICULTURAL INDUSTRY
O.V. Novichenko, M. Shakhin
Research of the possibility of growing black cumin (Nigella sativa L.) in the arid climate of the Astrakhan region and its morphometric characteristics 244
D.D. Kutin
Dynamics of milk productivity in the final lactations before culling: markers of reduced adaptive reserve in red-and-white cows 250
A.S. Evdokimov , N.S. Nikolaev, E.Ya. Amigud
A collection of typical specimens representing representatives of the Asteraceae family in the herbarium of the A.I. Herzen Russian State Pedagogical University (Herz) 257
E.V. Pavlova
Study of garden strawberry varieties in the Komi Republic 265
S.V. Cherkasov , L.G. Yeresko, Yu.B. Struchalina
Grain resources of the south of Russia as raw materials for the production of multicomponent grain products 272
L.D. Shimit, Ch.M. Sat
Growth and development of young marales in the conditions of the Maral farm «Turan» 278
A.N. Zagoryansky, S.Y. Akutina, V.N. Setin, I.A. Volodina, N.A. Ermakova
Assessment of the effect of a growth regulators and microfertilizer on second-year motherwort (leonurus cardiaca l.) under conditions of the Samara region 284
E.V. Pavlova
Phenological and growth characteristics of remontant raspberry varieties in the Komi Republic 292

MECHANICAL ENGINEERING IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

I. Yu. Aleksanyan , A.Kh. Nugmanov, O.I. Konnova, E.V. Sokolova, N.P. Dyachenko
Thermodynamic analysis of patterns of variation of hygroscopic parameters of catfish liver as an object of drying 297
A.V. Shafrai
Application of machine learning methods to design food concentrates 307
V.V. Medvedev, I.V. Oseledtseva
A system of quality indicators for production processes in winemaking, taking into account the weighting factors of the indicators 315
A.I. Klyuchnikov, V.Yu. Ovsyannikov, A.I. Potapov, D.V. Klyuchnikova
Research of the beer microfiltration process and development of practical recommendations for creating brewery apparatus and technology complexes 323

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 543.421/.424:663.93 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-11-18

Влияние метода экстракции на сенсорный профиль напитков из зерен *Coffea arabica*

The effect of the extraction method on the sensory profile of *Coffea arabica* drinks

Младший научный сотрудник М.А. Белова, студент Г.А. Прошутинский, студент, К.А. Комаров, научный сотрудник, PhD, Д.Д. Вилкова
Череповецкий государственный университет
mabelova@chsu.ru

Доцент О. В. Новиченко
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
ollevi@bk.ru

Junior Researcher M.A. Belova, student G.A. Proshutinsky, student K.A. Komarov, Researcher, PhD D.D. Vilkova
Cherepovets State University
mabelova@chsu.ru

Associate Professor O.V. Novichenko
V.N. Tatishchev Astrakhan State University
ollevi@bk.ru

Аннотация. Органолептические свойства *Coffea arabica* в значительной степени зависят от выбранного метода экстракции. Различные методы экстракции основаны на разных параметрах взаимодействия молотого кофе с водой, что приводит к изменению характеристик напитка. Правильность подобранного метода экстракции может улучшить качество конечного продукта, сделав его более ароматным, менее кислым и сбалансированным напитком. Эти изменения происходят в результате увеличения или уменьшения времени контакта горячей воды с молотым кофе C. arabica. Данная работа направлена на сравнительный анализ органолептических свойств напитков, полученных с использованием различных методов экстракции. Для исследования были использованы широкодоступные способы приготовления кофе: джезва, френч-пресс и кофемашина. В качестве исследуемых образцов были отобраны магазинные упаковки *C. arabica* от шести различных производителей средней ценовой категории. Результаты исследования показали, что кофемашина представляет собой универсальный метод приготовления кофе, так как кратковременный контакт с горячей водой позволяет снизить кислотность напитка и раскрыть его аромат, добавляя новые вкусовые оттенки. Джезва и френч-пресс сильно зависят от качества используемого сырья, но при подборе оптимальных параметров экстракции позволяют значительно улучшить органолептические свойства напитка.

Abstract. The organoleptic properties of *Coffea arabica* largely depend on the chosen extraction method. The characteristics of the drink vary, as different extraction methods are based on different parameters of the interaction of ground coffee with water. The correct extraction method can improve the quality of the final product, making it a more flavorful, less acidic and balanced drink. Such transformations occur due to an increase or decrease in the contact time of hot water with ground *C. arabica*. This work is aimed at a comparative analysis of the organoleptic properties of extracted beverages using various prescription methods. Widely available methods of coffee preparation were used for the study:

© М.А. Белова, Г.А. Прошутинский, К.А. Комаров, Д.Д. Вилкова,
О. В. Новиченко, 2026

a cezve, a French press and a coffee machine. *C. arabica* store packages from six different manufacturers of the average price category were selected as the studied samples. The results of the study show that the coffee machine is a universal method of making coffee, as short-term contact with hot water reduces the sourness of the drink and reveals the aroma more often, adding various new notes to it. The cezve and French press depend on the raw materials, but when correct extraction parameters are selected, the organoleptic characteristics improve for the consumer.

Ключевые слова: зерна кофе, экстрагирование, органолептическая оценка, методы

Keywords: coffee beans, extraction, organoleptic evaluation, methods

Во всем мире кофе ценится не только за его тонизирующие свойства, но и за аромат, подкрепленный характерным вкусом. Экономическая значимость кофейной индустрии подтверждается тем, что выращивание данной культуры обеспечивает денежный доход не только для миллионов фермеров по всему миру, но и для небольших стран, которые экспортируют кофе на международный рынок [5]. В России, согласно данным Департамента правительственной информации, потребление кофе растет ежегодно на 10-15 %, что требует увеличения объемов его производства. По оценкам экспертов, текущий объем рынка кофе в России составляет 86 тыс. тонн в год [3].

Привлекательность кофейных напитков для потребителей обусловлена их уникальным ароматическим профилем и разнообразием вкусовых оттенков, которые варьируются от цветочных и сладких до шоколадных и горьких нот. Эти качества определяются сложным химическим составом кофейных зёрен [7].

Сырые зерна *Coffea arabica* содержат в своем составе более тысячи химических веществ [6]. В процессе обжарки эти вещества вступают во взаимодействие, образуя соединения, которые определяют органолептические свойства готового продукта. К ключевым компонентам относятся кофеин, теобромин, теофиллин, танин, катехин и хлорогеновые кислоты. Ароматические соединения, представленные альдегидами, кетонами, кислотами, фенолами, фуранами и дикетонами, также оказывают значительное влияние [2, 4].

Прежде чем стать напитком, еще зеленые, то есть сырые, зёрна подвергаются обжарке. В пищевой промышленности для этого используются ростеры, которые автоматически контролируют температуру, воздушные потоки и время для полного раскрытия вкусовых качеств кофе. Для получения напитка обжаренные зёрна измельчают и проводят экстракцию горячей водой. Различные параметры и степени воздействия факторов в процессе экстракции кофе оказывают значительное влияние на вкус, качество и потребительскую приемлемость экстрагированного кофе. На процесс экстракции и, соответственно, на вкус напитка влияют такие параметры, как время экстракции, состав и температура воды, давление, размер частиц, а также соотношение кофе и воды. Таким образом, методы заваривания кофе требуют особого внимания для улучшения органолептических свойств напитка [7]. Существует большое количество методов экстракции веществ из зерен кофе. В своей сути они отличаются тем, что по-разному влияют на процесс экстракции, изменяя те или иные параметры приготовления напитка. Одни основываются на длительном кипячении кофейного порошка, а другие максимально сокращают время контакта с горячей водой. Для потребителей наиболее доступными и распространенными инструментами для приготовления кофе являются джезва, френч-пресс и кофемашина. Каждый из этих инструментов позволяет по-разному провести экстракцию кофе, что влияет на его конечные органолептические свойства.

Таким образом, главной задачей работы стало изучение органолептических показателей экстрактов различных сортов зернового кофе вида *Coffea arabica L.* после приготовления тремя широко доступными методами.

Исследования были проведены на базе лаборатории прикладной биотехнологии Череповецкого государственного университета (г. Череповец). В качестве объектов выступали 6 образцов натурального жареного кофе (*Coffea arabica*) в зернах, приобретенные в продуктовых магазинах г. Череповец.

Образец №1 — зерна из Бразилии 4-ой степени обжарки, страна-производитель Италия.

Образец №2 — зерна со всей Латинской Америки 3-ей степени обжарки, страна-производитель Италия.

Образец №3 — зерна из Эфиопии 3-ей степени обжарки, страна-производитель Нидерланды.

Образец №4 — зерна из Бразилии 3-ей степени обжарки, страна-производитель Италия.

Образец №5 — зерна из Эфиопии 3-ей степени обжарки, страна-производитель Нидерланды.

Образец №6 — зерна из Бразилии 3-ей степени обжарки, страна-производитель Россия.

Для сохранения органолептических характеристик образцов кофе необходимо обеспечить соответствующие условия хранения. В связи с этим образцы были помещены в сухое, затемнённое помещение с температурой воздуха 20-25 °С, без посторонних запахов и с хорошей вентиляцией. Образцы кофейных зерен были упакованы в специальные мешки с односторонним клапаном.

Органолептические показатели качества кофе были определены по ГОСТ 32775-2014 «Кофе жареный. Общие технические условия» и ГОСТ Р 52088-2003 «Кофе натуральный жареный. Общие технические условия».

Органолептическая оценка проводилась по следующим показателям: внешний вид (обжаренные зерна, допускается наличие не более 6 % ломаных зерен и обломков зерна); цвет (от светло-коричневого до черно-коричневого); вкус (приятный, насыщенный, присущий данному продукту); аромат (выраженный, присущий данному продукту). Исследуемые образцы кофе представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Внешний вид исследуемых кофейных зерен

Для проведения дегустационного исследования выбранных образцов кофейных зерен были сформированы группы из 10 человек разного возраста, независимо от вкусовых предпочтений. Участникам предлагались свежеприготовленные экстракты *C. arabica* из опытных образцов. Дегустаторы самостоятельно оценивали напитки, предварительно прослушав инструктаж, приготовленные различными способами, по следующим параметрам: аромат, кислотность, вкус, послевкусие, тело.

Для оценки аромата напитка перед употреблением необходимо сделать несколько продолжительных вдохов. Ощущаемый запах может варьироваться в зависимости от множества факторов, поэтому люди могут описывать один и тот же напиток по-разному. В аромате могут присутствовать различные ноты: шоколадные, цветочные, горелые, соленые.

Кислотность экстрактов кофе может варьироваться как от образца к образцу, так и в зависимости от индивидуальных ощущений дегустатора. При попадании кофе на язык можно сразу ощутить кислый вкус, который может быть интенсивным и выбиваться из общего ощущения, или быть мягким и лишь подчёркивать вкус напитка.

Как и любой продукт питания, кофейные напитки имеют свойственный данному продукту вкус. Оценка этой характеристики проводится полным глотком от попадания в ротовую полость и до его прохождения по пищеварительной системе. Допускается на некоторое время придержать жидкость на языке, чтобы дать напитку раскрыться. Послевкусие проявляется после проглатывания напитка. Для этого необходимо сделать выдох через нос, что позволит аромату и вкусу подняться к обонятельным рецепторам.

Тело (консистенция) напитка оценивается путем проведения языком в ротовой полости по небу. Некоторые химические вещества могут оставлять ощущение скользкости или шероховатости.

Для дальнейшей обработки полученных результатов дегустаторам необходимо было заполнить дегустационный лист, разработанный на основе работы Аркатовой А.С. [1] и нормативной документации ГОСТ. Дегустаторам были предоставлены две таблицы: балльная и описательная. В Таблице 1 необходимо было оценить вышеперечисленные характеристики от 1 до 5, где 1 — очень плохо, а 5 — отлично. В Таблице 2 дегустаторы приводили описание характеристик используя наиболее подходящие прилагательные, которые могли бы выразить их ощущения.

В качестве методов экстрагирования были выбраны следующие: варка в турке (джезве), настаивание с последующим прессованием в френч-прессе и автоматическое приготовление в кофемашине. Эти способы приготовления напитка отличаются по времени взаимодействия молотых зерен с горячей водой, что влияет на степень экстракции из них химических веществ и, соответственно, на органолептические свойства.

Для приготовления экстрактов взяли 250 мл питьевой воды комнатной температуры, в которую добавили 15 г зерен образца кофе. Зерна были измельчены до состояния порошка. Воду доводили до кипения на электроплите.

Перед проведением исследований приобретенные образцы кофе *C. arabica* прошли визуальный и ароматический контроль качества. Результаты оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты изучения внешнего вида и аромата отобранных образцов *C. arabica*.

№	1	2	3	4	5	6
Размер	0,9-1 см	0,9-1 см	0,9-1,1 см	1-1,1 см	0,9-1,1 см	0,9-1 см
Цвет	Коричневый	Коричневый и светло-коричневый	Светло-коричневый	Светло-коричневый	Коричневый	Темно-коричневый

Форма	Круглая и овальная	Круглая и овальная	Овальная	Овальная	Овальная	Вытянутая, овальная, круглая
Состояние	Трещины	Трещины, сколы	Трещины	Трещины, пустоты	Трещины, пустоты	Трещины, сколы,
Аромат	Насыщенный	Насыщенный	Насыщенный	Насыщенный	Насыщенный	Насыщенный

Органолептические свойства образцов оценивались в следующей последовательности: внешний вид, цвет и аромат сухого продукта. Внешний вид и цвет сухого продукта определяли визуально при ярком рассеянном дневном освещении в части объединенной пробы продукта, равномерно распределённой на листе белой бумаги (рис. 1). Затем определяли аромат сухого продукта.

По внешнему виду образцы соответствовали нормативной документации с наличием небольшого количества деформаций.

На основе данных дегустационных листов были составлены диаграммы, отображающие среднеарифметические оценки по критериям относительно методов приготовления (рис. 2-4). После проведенных лабораторных исследований и обработки оценок дегустаторов можно сделать выводы о том, что все образцы формируют свой уникальный профиль по исследуемым характеристикам.

Тем не менее, напитки, приготовленные способом джезвы, получили преимущественно оценки выше 3 баллов или близкие к 3 баллам по выбранным исследуемым характеристикам. Образец №4 имел наибольшие оценки по аромату (4,1 балла), вкусу (3,5 балла) и телу (4 балла). Участники исследования отмечают наличие исключительно шоколадных нот у образцов №1, №2 и №4. Образец №6 имел травянистый аромат и слабый грибной вкус. У образцов №3 и №5 были слабо различимые ароматы, вкус горьковато-соленый (рис. 2).

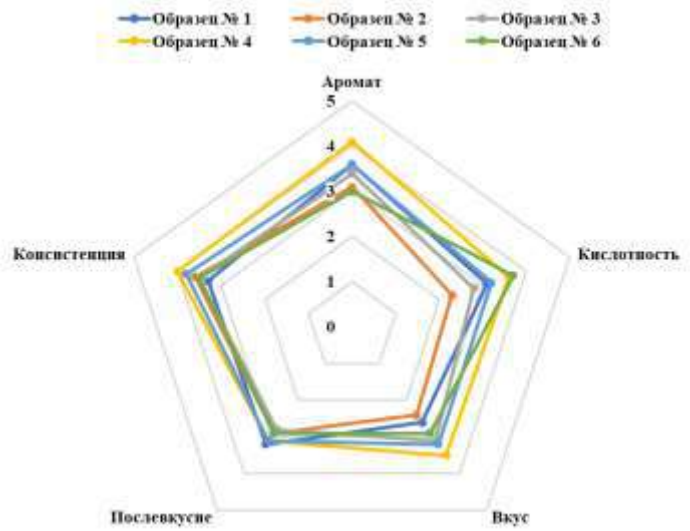


Рис. 2. Сравнительная характеристика оценок образцов C. arabica, приготовленных в джезве

Балльные оценки характеристик кофейных экстрактов, приготовленных с использованием френч-пресса, показывают, что образец №2 получил более высокую оценку по таким параметрам, как аромат (4,1 балла), который характеризуется наличием древесных и шоколадных нот, и консистенция (3,7 балла). Образец №4, приготовленный данным методом, показывал наиболее слабый уровень кислотности (4,0 балла). Образец №3 получил высокие оценки по таким параметрам, как вкус

(3,5 балла) и послевкусие (3,5 балла). В дегустационных листах был отмечен слабый шоколадный вкус и сладкое послевкусие этого образца (рис. 3).

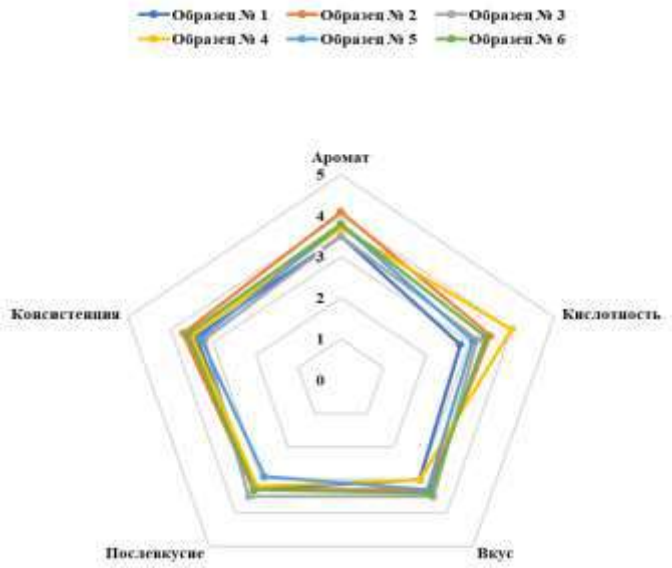


Рис. 3. Сравнительная характеристика оценок образцов C. arabica, приготовленных в френч-прессе

На основании балльных оценок экстрактов кофе, приготовленных с использованием кофемашины, можно сделать вывод, что непродолжительное взаимодействие воды с молотым кофе позволяет в некоторой степени усреднить органолептические свойства напитка. При этом выделяются ароматы, которые в меньшей степени сохраняются при использовании других методов приготовления. Образец №3 показал наивысший результат по аромату (4,2 балла). Вкус, кислотность и консистенция экстрактов практически не различались между образцами. Образец №2 получил самый высокий балл по послевкусию (3,7 балла) среди всех образцов (рис. 4). Экстракция в кофемашине позволяет снизить кислотность напитка, делая его более приемлемым для большинства людей. Кроме того, в процессе экстракции во вкусе напитка могут проявляться сладкие или шоколадные ноты. Дегустаторы также отметили присутствие следующих ароматов: цветочный, пряный, древесный, сладкий, интенсивный кофейный.

Образец №6 показал наименьшие средние баллы по таким характеристикам как аромат (2,5 балла) и вкус (2,3 балла). Это может указывать на дефекты сырья, поскольку в других тестах не было зафиксировано подобных низких показателей.

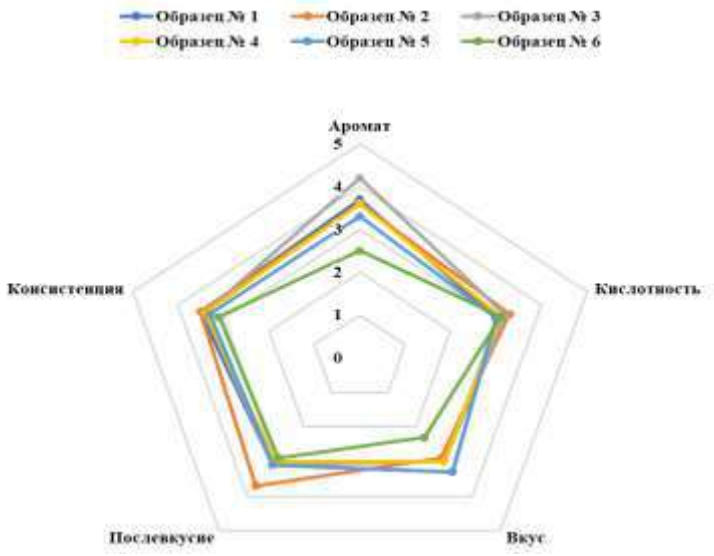


Рис. 4. Сравнительная характеристика оценок образцов C. arabica, приготовленных в кофемашине

Результаты исследования показали, что экстракция в кофемашине является универсальным способом приготовления кофейных экстрактов. Практически все показатели, согласно представленной методике, соответствуют оценке в диапазоне 3-3,5 балла. В то же время образцы, приготовленные в джезве и френч-прессе, демонстрируют значительные отклонения от средней оценки в 3 балла, что свидетельствует об индивидуальности процесса экстракции для различных марок кофе. Кроме того, кофемашина позволяет полностью раскрыть аромат экстракта, уменьшая горечь, характерную для *C. arabica*, что было выделено дегустаторами.

По результатам органолептической оценки экстрактов *C. arabica* установлено, что интенсивность аромата во всех исследуемых образцах оценивалась выше среднего. Дегустаторы отметичали наличие шоколадного и сладкого аромата, реже — древесного или какого-либо другого неприятного запаха. В образцах, приготовленных с помощью джезвы и френч-пресса, показатели кислотность и вкус получили оценки ниже среднего, при этом отмечались сильная горечь с незначительным присутствием шоколадного вкуса. Экстракты из приготовленные с помощью кофемашины, согласно использованной методике, получили средние оценки по кислотности и вкусу, а также характеризовались большим количеством приятных дополнительных нот. По показателям послевкусия и тела существенных различий между образцами не обнаружено — все они получили схожие оценки. Таким образом, сравнительный анализ экстрактов кофе, приготовленных различными рецептурными методами, показал, что использование кофемашины позволяет нивелировать сильную горечь и смягчить вкус напитка, сохраняя, при этом его тонизирующие свойства. Это обусловлено различием в принципах экстракции, а именно сокращением времени контакта с горячей водой. Джезва и френч-пресс являются более сложными методами экстракции и требуют индивидуального подхода, как при выборе сырья, так и при подборе параметров приготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аркатова А. С., Татарченко И. А., Татарченко И. И. Дегустационная оценка качества кофе и кофейных продуктов // Сборник научных трудов Всероссийского

научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. – 2012. – № 180. – С. 104 - 112.

2. Белова М.А., Кашкенова А.Р., Прошутинский Г.А., Вилкова Д.Д., Егоров М.А., Новиченко О.В. Органолептическая оценка качества и ИК-спектральный анализ натурального кофе в зёрнах // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2025. – №1. – С. 21-27

3. Лысова В.Н., Штефанова О.А. Влияние основных параметров на процесс экстрагирования водорастворимых веществ из кофе // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 2. – С. 50-54.

4. Тихонов Б.Б., Кузнецов В.В. Исследование кофе оптическими методами физико-химического анализа // Бюллетень науки и практики. – 2016. – № 11. – С. 72-79.

5. Amrouk E. M., Palmeri F., Magrini E. Global coffee market and recent price developments // Food and Agriculture Organisation of the United Nations. – 2025. – № 1. – С. 1-10.

6. Clarke R. J., Macrae R. Coffee: монография. – Лондон: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. – 306 с.

7. Córdoba N., Fernandez-Alduenda M., Moreno F.L., Ruiz Y., Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews // Trends in Food Science & Technology. – 2020. – № 96. – С. 45-60.

REFERENCES

1. Arkatova A. S., Tatarchenko I. A., Tatarchenko I. I. Tasting assessment of the quality of coffee and coffee products // Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, shag and Tobacco Products. 2012. No. 180. pp. 104-111 (Russian).

2. Belova M.A., Kashkenova A.R., Proshutinsky G.A., Vilkova D.D., Egorov M.A., Novichenko O.V. Organoleptic quality assessment and IR spectral analysis of natural coffee beans // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. – 2025. – No. 1. – pp. 21-27 (Russian).

3. Lysova V.N., Stefanova O.A. The influence of the main parameters on the extraction of water-soluble substances from coffee // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. - 2015. – No. 2. – pp. 50-54. (Russian).

4. Tikhonov B.B., Kuznetsov V.V. Investigation of coffee by optical methods of physico-chemical analysis // Bulletin of Science and Practice. - 2016. – No. 11. – pp. 72-79. (Russian).

5. Amrouk E. M., Palmeri F., Magrini E. Global coffee market and recent price developments, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2025, No 1, pp. 1-10.

6. Clarke R. J., Macrae R. Coffee: монография, Лондон: Elsevier Applied Science Publishers, 1985, 306 p.

7. Córdoba N., Fernandez-Alduenda M., Moreno F.L., Ruiz Y., Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews, Trends in Food Science & Technology, 2020, No 96, pp. 45 - 60.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.637 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-19-28

Разработка рецептуры желированного наполнителя в технологии мясного хлеба функционального назначения

Development of a recipe for a gelled filler in the technology of functional meat bread

Доцент М.Н. Альшевская,
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
marina.alshevskaya@klgtu.ru

Associate professor M.N. Alshevskaya,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kaliningrad State Technical University»,
marina.alshevskaya@klgtu.ru

Аннотация: В статье представлено научное обоснование разработки рецептуры желированного наполнителя из клюквенного пюре для производства мясного хлеба функциональной направленности. Актуальность исследования обусловлена необходимостью сохранения структурно-реологических свойств наполнителя в процессе тепловой обработки мясных изделий и их последующем хранении. Оценка качества проводилась методами органолептического анализа, измерения структурно-реологических показателей. Экспериментальная часть включала изготовление четырёх опытных образцов желе с использованием различных структурообразователей: пектина NH, альгината натрия, агар-агара и геллановой камеди. Установлено, что образцы с пектином и геллановой камедью теряли структуру уже при 70°С, тогда как наполнители на основе альгината натрия и агар-агара сохраняли форму при нагревании до 120°С. При апробации в рецептуре мясного хлеба образец с агар-агаром получил наибольшую органолептическую оценку (4,70 балла), тогда как наполнитель с альгинатом натрия растекался, образуя пустоты. На основании полученных данных обоснована рецептура желированного наполнителя из клюквенного пюре (структурообразователь агар-агар) и показана возможность его внесения в рецептуру мясного хлеба (16,7% от общей массы несоленого сырья). Рассчитана пищевая ценность готового изделия по разработанной рецептуре, показано, что внесение желированного наполнителя из пюре клюквы обеспечивает содержание антоцианов в мясном хлебе на уровне 9,2 мг на 100 г, что соответствует 18,4% от рекомендуемой суточной потребности для взрослого населения. Полученные результаты показывают возможность расширения ассортимента мясных продуктов функционального назначения, отвечая современным требованиям рационального питания населения.

Abstract: The article presents a scientific justification for the development of a formulation of gelled cranberry puree filler for the production of functional meat bread. The relevance of the study is due to the need for structural and rheological properties of the filler during the heat treatment of meat products and their subsequent storage. The quality assessment was carried out by methods of organoleptic analysis, measurement of structural and rheological parameters. The experimental part included the production of four experimental jelly samples using various structure-forming agents: NH pectin, sodium alginate, agar-agar and gellan gum. It was found that samples with pectin and gellan gum lost their structure already at 70°C, while fillers based on sodium alginate and agar agar retained their shape when heated to 120°C. When tested in the formulation of meat bread, the sample with agar-agar received the highest organoleptic rating (4.70 points), while the filler with sodium alginate spread out, forming voids. Based on the data obtained, the formulation of the gelled filler from cranberry puree (agar-agar structure-forming agent) is substantiated and the possibility of its introduction into the formulation of meat bread (16.7% of the total mass of unsalted raw materials) is shown. The nutritional value of the finished product is calculated according to the developed recipe, it is shown that the introduction of gelled filler from cranberry puree ensures the anthocyanin content in meat bread at the level of 9.2 mg per 100 g, which corresponds to 18.4% of the recommended daily requirement for the adult population. The obtained results show the possibility of expanding the assortment of meat products for functional purposes, meeting the modern requirements of rational nutrition of the population.

© М.Н. Альшевская, 2026

Ключевые слова: желированный наполнитель, структурообразователь, пюре клюквы, мясной хлеб, функциональные продукты питания, рецептура, растительные компоненты, органолептические показатели, структурно-реологические свойства

Keywords: gelled filler, structurizer, cranberry puree, meat bread, functional food products, formulation, vegetable components, organoleptic indicators, structural and rheological properties

В последние годы в России произошли глубокие качественные изменения структуры питания населения. Ведущая роль отводится созданию новых, сбалансированных по составу продуктов, обогащенных функциональными компонентами. Ежедневное их употребление способствует сохранению и улучшению здоровья человека.

Разработка функциональных продуктов питания, как правило предполагает модификацию рецептур традиционных продуктов питания массового назначения с введением в их состав одного или нескольких компонентов, придающих им функциональную направленность. Компоненты, используемые для получения таких продуктов, должны не только увеличивать его пищевую ценность, но и обеспечивать высокие органолептические показатели. Источники такого сырья весьма разнообразны: бобовые и злаковые культуры, продукты морских промыслов, сырье микробного синтеза, дикорастущее растительное сырье, а также овощное и плодово-ягодное. Последняя группа широко используется при разработке мясных продуктов функциональной направленности, поскольку ведение рецептуру растительного сырья позволяет регулировать содержание в комбинированном пищевом продукте витаминов, минеральных и биологически-активных веществ, пищевых волокон.

В научной литературе накоплен значительный опыт обогащения мясных изделий растительными компонентами [1 - 7]. Е.А. Рыгалова с соавторами обосновала внесение в мясной хлеб выжимок ягод морошки [2]; Н.А. Величко с соавторами детально изучили возможности обогащения мясных изделий капустой брокколи, надземной частью щавеля обыкновенного, стрелками чеснока, папоротником орляка и другими видами растительного сырья [3-4], Р.Н. Шарибаев с соавторами обосновали использование порошка свекловичного жома [6].

Однако большинство существующих разработок предполагают внесение растительных компонентов непосредственно в фаршевую систему, что в ряде случаев приводит к частичной утрате биологически активных веществ под воздействием температурных факторов термической обработки. Альтернативным технологическим подходом является применение желированных наполнителей, вносимых в виде кубиков и равномерно распределенных внутри готового изделия. Подобная форма внесения обеспечивает изоляцию биологически активных веществ от прямого контакта с мясной матрицей в процессе запекания и одновременно формирует оригинальную текстуру продукта и внешний вид на разрезе.

При разработке рецептуры желированного наполнителя особое внимание следует уделить обоснованию выбора структурообразователей, способных не только проявлять свои свойства при низких значениях pH, но сохранять его форму и структурно-реологические характеристики при воздействии высоких температур при дальнейшей тепловой обработке мясного сырья.

В качестве основы для разработки желированного наполнителя в настоящей работе выбрана клюква садовая (культурная) — ягодное сырьё, отличающееся высоким содержанием полифенолов, антоцианов, органических кислот, витаминов и минеральных веществ, а также выраженной антиоксидантной активностью [8]. Кисловато-сладкий вкусовой профиль клюквы обеспечивает гармоничное сочетание

с мясным сырьём, смягчая жирность продукта и придавая ему оригинальные органолептические характеристики.

В научной литературе представлен опыт использования различных стурктурообразователей в продуктах на растительной основе, имеющей низкое значение pH среды [9]. Однако информация по разработке желейных наполнителей, предназначенных для внесения в комбинированные мясные продукты на фаршевой основе и подвергающиеся дальнейшей совместной тепловой обработке не представлена.

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания инновационных мясных продуктов функциональной направленности, отвечающих современным требованиям рационального питания населения. Разработка рецептуры желированного наполнителя из клюквенного пюре с термостабильным структурообразователем позволит расширить ассортимент мясных изделий с повышенной пищевой ценностью.

Целью работы являлось научное обоснование рецептуры желированного наполнителя для производства мясного хлеба функциональной направленности.

Объектом исследования служили опытные образцы желированного наполнителя и мясного хлеба с его внесением, изготовленные из охлаждённого филе индейки (поставщик — ООО «ИндиЛайт»). Качество исходного сырья соответствовало требованиям действующей нормативно-технической документации (ТР ТС 051/2021, ТР ТС 021/2011, ТР ТС 029/2012). Все используемые ингредиенты и вспомогательные материалы также отвечали требованиям качества и безопасности, регламентированным действующими стандартами и техническими регламентами.

Первый этап исследований был направлен на обоснование выбора структурообразователя для производства желированного наполнителя, который будет представлять собой кубики желе (0,5 см) в толще готового изделия (мясного хлеба, по ранее разработанной рецептуре [7]).

Выбор термостабильного компонента проводился из ряда термостабильных желирующих стабилизаторов консистенции, устойчивых к среднекислым средам (ph 2,5-3,0). По вышеперечисленным критериям были проанализированы представленные на рынке термостабильные структурообразователи, для исследований отобраны: пектин NH термообратимый, альгинат натрия, агар-агар, гелановая камедь. В качестве основы для производства желе выбрано клюквенное пюре.

Рецептура образцов желированного наполнителя указана в табл. 1. Технология приготовления образцов желированных наполнителей: предварительно подготовленную клюкву (сортировка, мойка) бланшировали, измельчали, перетирали, пюре нагревали, вводили смесь сухих компонентов, тщательно перемешивали, при необходимости нагревали повторно и разливали по формам 2-3 см в высоту. Особенности приготовления образцов в зависимости от вносимого структурообразователя указаны в табл. 2. Стабилизировали наполнитель при температуре 3±1 °С.

Таблица 1

Рецептура образцов желе, %

Наименование ингредиента	Образцы желе			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Пюре из клюквы	84,0	98,5	97,1	98,5
Пектин NH термообратимый	3,4	-	-	-

Альгинат Натрия	-	1,4	-	-
Агар-агар	-	-	2,9	-
Гелландовая камедь	-	-	-	1,5
Сахар	12,6	-	-	-
Лактат кальция	-	0,1	-	-
Итого:	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 2

Технология приготовления образцов желированных наполнителей

Образцы желе			
№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Пюре нагревали до температуры 40+2°С, далее вводили смесь сухих компонентов (пектина NH, сахар), постоянно помешивая венчиком. Смесь нагревали до температуры 98±2 °С.	В пюре вводили альгинат натрия, пробивали погружным блендером, до растворения загустителя, далее смесь нагревали до температуры 100±2°С, охлаждали до температуры 78±2 °С, вводили лактат кальция, тщательно перемешивали.	Пюре нагревали до температуры 88±2°С, вносили агар-агар постоянно помешивая. Доводили смесь до температуры 98±2°С.	Пюре нагревали до температуры 40±2°С, далее вводили гелландовую камедь, постоянно помешивая венчиком. Доводили до температуры 98 ±2°С.

После застывания и выдержки (12 часов) образцы отеплялись до комнатной температуры (19±2°С), далее изучались органолептические и структурно-реологические свойства. Данное исследование направлено на изучение пластичности желе, поскольку при дальнейшей технологической обработке оно должно подвергаться механическому воздействию (нарезанию на кубики и перемешиванию с фаршем).

Для изучения влияния температуры на термостабильность образцы наполнителей нагревались до температуры 70, 80, 90 и 120±2°С.

Структурно-реологические свойства определяли инструментальная путем при помощи текстурометра «Brookfield CT3» с использованием акрилового сферического шпинделя диаметром 10 мм, скоростью погружения 3,5 мм/с, скоростью погружения 5 мм/с, глубиной погружения 5 мм.

На втором этапе исследований были приготовлены образцы мясного хлеба по ранее разработанной рецептуре (табл. 3) [7], с внесением в их состав желированных наполнителей.

Таблица 3

Рецептура разработанного мясного хлеба с желированным наполнителем, %

Сырье несоленое, кг		Пряности и материалы, г	
Филе индейки	67,5	Соль поваренная пищевая	1500
Яйца куриные/меланж	1,7	Перец молотый черный	85
Кабачок	12,5	Орех мускатный	55
Гречневая мука	1,6	Паприка красная сладкая	100
Желированный наполнитель	16,7		
Итого:	100	Итого:	1740

В полученных образцах определяли органолептические показатели комиссией из преподавателей и студентов кафедры ТПП ФГБОУ ВО «КГТУ» по 5-ти балльной шкале, численность комиссии составляла 10-12 человек.

Исследования проводились в 3-х – 5-ти кратной повторяемости. Математическая обработка результатов осуществлялась с помощью программного обеспечения Texture Loader и Microsoft Office 2016.

В качестве основного компонента для приготовления желе была выбрана клюква. Клюква обладает высокой пищевой ценностью благодаря содержанию витаминов, минералов и антиоксидантов. Она богата витаминами С и К, группы В. Минеральный состав включает калий, магний и кальций, важные для поддержания нормального функционирования нервной системы, мышц и костей. Высокое содержание антоцианов и органических кислот обеспечивает мощные антиоксидантные свойства, защищающие организм от свободных радикалов. Также немаловажным является отличная сочетаемость продуктов из клюквы с мясными изделиями.

Внешний вид образцов желированных наполнителей и их органолептическая оценка указаны в табл. 4

Таблица 4

Органолептическая оценка образцов желированных наполнителей

Образец	Внешний вид	Органолептическая оценка	
		Вкус и аромат	Внешний вид и консистенция
№ 1		Ярко выраженный вкус и аромат клюквы	Прозрачный, плотный. разрез стекловидный
№ 2		Вкус и аромат клюквы не выражен, присутствует лёгкая кислинка	Прозрачный, ровные края, без водянистости

№ 3		Ярко выраженный вкус и аромат клюквы, с легким хрустом	Плотный, ровные края, без водянистости
№ 4		Вкус и аромат клюквы не выражен	Мягкий, края не ровные, гибкий

Из представленных в табл. 4 данных видно, что образцы желированных наполнителей со структурообразователями пектин NH, агар-агар и альгинат натрия имеют плотную текстуру, хорошо порционируются на кубики. Образец с геллановой камедью имел слишком мягкую текстуру, что затрудняло его порционирование и ограничивало возможность его дальнейшего внесения и перемешивания с мясным фаршем.

Структурно-реологические свойства желированных наполнителей указаны в табл. 5

Таблица 5

Структурно-реологические свойства желированных наполнителей

Наименование параметра текстуры	Наименование образцов			
	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Твердость, Н	2,60±0,13	1,56±0,07	7,56±0,36	-
Эластичность	0,10±0,005	1,00±0,05	1,08±0,05	-

Для обоснования возможности использования образцов в рецептуре мясного хлеба образцы желированных наполнителей № 1 – 3 были упакованы и подвергнуты холодильному хранению +3±1^{0}С в течение 14 суток. В полученных образцах изучались органолептические и структурно-реологические характеристики. Образцы со структурообразователями пектин (№ 1) и альгинат натрия (№ 2) на 7-е сутки хранения потеряли форму, началось отслоение жидкости. Показатель твердость у образца с добавлением агар-агара на 7-е сутки хранения составил 7,39+0,36 Н, что в пределах погрешности измерений соответствует исходному значению (7,56±0,36). К 14-м суткам показатель снизился до 5,20+0,24 Н, однако текстура образца оставалась плотной, а органолептические характеристики (вкус и аромат) не изменились. Полученные данные показывают возможность

использования желейного наполнителя (образец 3) при производстве мясного хлеба со сроком хранения не более 10 суток по ранее разработанной рецептуре [7].

При производстве мясного хлеба важной характеристикой является термостабильность образцов желированного наполнителя, поскольку основной технологической операцией, оказывающей влияние на безопасность продукта и готовность к употреблению в пищу, является тепловая обработка. Термостабильность образцов указана в таблице 6.

Таблица 6

Термостабильность образцов желированных наполнителей

Образец	Температура, ^{0}C			
	70±2^{0}C	80±2^{0}C	90±2^{0}C	120±2^{0}C
№ 1	-	-	-	-
№ 2	+	+	+	+
№ 3	+	+	+	+
№ 4	-	-	-	-

Из представленных данных видно, что при нагревании образцов с пектином и геллановой камедью желированные наполнители уже при 70^{0}C перестали держать форму и при дальнейшем нагревании потеряли текстуру студня. Образцы № 2 и 3 при нагревании до 120±2^{0}C не потеряли форму, показав высокую термостабильность.

На следующем этапе исследований были приготовлены образцы мясного хлеба (табл. 3) с внесением желированных наполнителей с использованием следующих структурообразователей: альгинат натрия (образец № 2) и агар-агар (образец № 3) (табл. 1). Внешний вид образцов представлен на рис. 5, органолептическая оценка в табл. 7.

а б

Рис. 1. Образец мясного хлеба с желированным наполнителем: а –№ 2; б - № 3

Таблица 7

Органолептическая оценка образцов мясного хлеба, балл

Наименование показателя	Образцы мясного хлеба с желированным наполнителем	
	№ 2	№ 3
Внешний вид на разрезе	3,5± 0,1	4,7±0,2

Консистенция	4,5 ± 0,2	4,9±0,1
Вкус	4,4±0,2	4,5± 0,2
Запах	4,7 ±0,2	4,8±0,2
Средняя оценка, балл	4,3±0,2	4,7±0,2

Из представленных на рис. 5 и в табл. 7 данных видно, что у образца с желированным наполнителем на основе альгината натрия структура нарушена, консистенция размягченная, при надавливании вытекает, оставляя пустоты, что существенно повлияло на органолептическую оценку мясного хлеба (по показателю внешний вид на разрезе (3,5+ 0,1 балла). Образец со структурированным наполнителем на основе агар-агара получил высокую оценку по показателю внешний вид (4,7+0,2 балла), наполнитель сохранил форму, на разрезе изделия видны ровные края. На основании полученных данных обосновано внесение в рецептуру мясного хлеба желированного наполнителя на основе агар-агара (образец № 3).

По разработанной рецептуре (табл. 3) рассчитана пищевая ценность мясного хлеба (расчет проведен на 100 г готового изделия и на порцию (150 г)) (табл. 8).

Таблица 8

Пищевая ценность мясного хлеба

Масса, г	Содержание пищевых веществ в ингредиенте в массе рецептуры									
	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Тиамин, мг	Рибофлавин, мг	Кальций, мг	Магний, мг	Фосфор, мг	Селен, мкг	Антоцианины, мг
100	18,2	1,2	3,6	0,1	0,2	36,0	22,5	155	15,3	9,2
150	27,3	1,8	5,4	0,15	0,3	54	33,75	232,5	23,0	13,8
	Степень удовлетворенности, %									
100	24,2	1,6	1,0	6,7	11,1	3,6	5,4	22,1	25,5	18,4
150	36,4	2,4	1,5	10,0	16,7	5,4	8,0	33,2	38,3	27,6

Энергетическая ценность мясного хлеба по разработанной рецептуре 98 ккал, из которых 74,2% обеспечивается белком, что позволяет отнести его, в соответствии с ГОСТ 55577, к пищевой продукции с высоким содержанием белка. Введение желированного наполнителя из пюре клюквы обеспечивает содержание антоцианов на уровне 9,2 мг на 100 г готового продукта, что соответствует 18,4% от рекомендуемой суточной потребности (50 мг/сутки), подтверждая функциональную направленность мясного хлеба по разработанной рецептуре.

По результатам проведенных исследований разработана рецептура желированного наполнителя из клюквенного пюре для производства мясного хлеба функциональной направленности.

Изучено влияние структурообразователей (пектин NH, альгинат натрия, агар-агар и геллановая камедь) на формирование консистенции образцов желированных наполнителей на основе пюре клюквы и термостабильность. Установлено, что наполнители с пектином NH и геллановой камедью не выдерживают температурного воздействия, при 70+2°С образцы теряют форму и текстуру студня. Образцы с альгинатом натрия и агар-агаром сохраняют структурную целостность при нагревании до 120+2°С, что подтверждает возможность их внесения в рецептуру мясного хлеба и возможность термической обработки с фаршевой системой.

Обосновано внесение в рецептуру мясного хлеба желированного наполнителя из пюре клюквы (структурообразователь агар-агар) в количестве 16,7 % от массы

несоленого сырья, позволяющее получить мясной хлеб функциональной направленности с высокими органолептическими показателями и оригинальным рисунком на разрезе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян А.А., Манжесов В.И., Чурикова С.Ю. Разработка технологии мясного хлеба функционального назначения. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – № 82(4). – С. 142-146. https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-142-146

2. Рыгалова Е.А., Шароглазова Л.П., Величко Н.А. Применение выжимок ягод морошки в производстве мясных хлебов // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 3. – С. 190-198

3. Величко Н.А., Машанов А.И., Буянова И.В. Возможность использования капусты брокколи для обогащения мясных рубленых полуфабрикатов // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 3. – С. 160-164.

4. Величко Н.А., Якубова Л.Ф. Разработка рецептуры мясных рубленых полуфабрикатов из мяса индейки с добавлением щавеля обыкновенного (Rumex acetosa L.) // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 82. – С. 154-161

5. Манжесова В.И., Айрапетян А.А., Глотова И.А. Разработка технологии обогащенного мясорастительного хлеба // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 6 (120), Ч. 5. – С. 80-86. DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.120.6.107

6. Шарибаев, Р. Н. Обогащение мясных рубленных полуфабрикатов с использованием вторичного растительного сырья / Р. Н. Шарибаев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 26 (525). — С. 35-39. — URL: https://moluch.ru/archive/525/116189.

7. Альшевская, М. Н. Совершенствование рецептуры мясного хлеба, обогащенного растительными компонентами / М. Н. Альшевская // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. — 2026. — № 2. — С. 106-112. https://doi:10.24412/2311-6447-2026-2-106-112

8. Алексеенко, Е. В. Влияние предварительной обработки ягод клюквы на экстракцию антоциановых пигментов, выход сока и его антиоксидантную активность / Е. В. Алексеенко, О. Е. Бакуменко, М. М. Азарова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2019. — № 4. — С. 10–27. https://doi.org/10.36107/spfp.2019.200

9. Габдукаева Л. З., Гумеров Т. Ю., Решетник О. А. Влияние структурообразователей на потребительские характеристики мармеладных изделий // Индустрия питания / Food Industry. 2020. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-strukturoobrazovateley-na-potrebitelskie-harakteristiki-marmeladnyh-izdeliy (дата обращения: 09.07.2026).

REFERENCES

1. Airapetyan A.A., Manzhesov V.I., Churikova S.Yu. Razrabotka tekhnologii myasnogo khleba funktsional'nogo naznacheniya [Development of technology for functional meat bread] Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta

inzhenernykh tekhnologiy, 2020, Vol. 82, No 4, pp. 142-146. https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-142-146 (Russian).

2. Rygalova E.A., Sharoglazova L.P., Velichko N.A. Primenenie vyzhimok yagod moroshki v proizvodstve myasnykh khlebov [Application of cloudberry pomace in the production of meat breads] Vestnik KrasGAU, 2022, No 3, pp. 190-198 (Russian).

3. Velichko N.A., Mashanov A.I., Buyanova I.V. Vozmozhnost' ispol'zovaniya kapusty brokkoli dlya obogashcheniya myasnykh rublenykh polufabrikatov [Possibility of using broccoli for enriching minced meat semi-finished products] Vestnik KrasGAU, 2022, No 3, pp. 160-164 (Russian).

4. Velichko N.A., Yakubova L.F. Razrabotka retseptury myasnykh rublenykh polufabrikatov iz myasa indeyki s dobavleniem shchavelya obyknovennogo (Rumex acetosa L.) [Development of a recipe for minced turkey semi-finished products with the addition of common sorrel (Rumex acetosa L.)] Vestnik KrasGAU, 2024, No 82, pp. 154-161 (Russian).

5. Manzhesova V.I., Airapetyan A.A., Glotova I.A. Razrabotka tekhnologii obogashchennogo myasorastitel'nogo khleba [Development of technology for enriched meat-vegetable bread] Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 2023, No 6 (120), Part 5, pp. 80-86 (Russian).

6. Sharibaev R.N. Obogashchenie myasnykh rublenykh polufabrikatov s ispol'zovaniem vtorichnogo rastitel'nogo syr'ya [Enrichment of minced meat semi-finished products using secondary plant raw materials]. Molodoy uchenyy [Young Scientist], 2024, No 26 (525), pp. 35-39. URL: https://moluch.ru/archive/525/116189 (Russian).

7. Al'shevskaya M.N. Sovershenstvovanie retseptury myasnogo khleba, obogashchennogo rastitel'nymi komponentami [Improvement of the recipe for meat bread enriched with vegetable components]. Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya [Food and Processing Industry Technologies of the Agricultural Complex – Healthy Food Products], 2026, No 2, pp. 106-112. https://doi.org/10.24412/2311-6447-2026-2-106-112 (Russian).

8. Alekseenko E.V., Bakumenko O.E., Azarova M.M. i dr. Vliyanie predvaritel'noy obrabotki yagod klyukvy na ekstraktsiyu antotsianovykh pigmentov, vykhod soka i ego antioksidantnuyu aktivnost' [Effect of preliminary processing of cranberry berries on the extraction of anthocyanin pigments, juice yield and its antioxidant activity]. Khranenie i pererabotka sel'khozsy'rya [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], 2019, No 4, pp. 10–27. https://doi.org/10.36107/spfp.2019.200 (Russian).

9. Gabdukaeva L.Z., Gumerov T.Yu., Reshetnik O.A. Vliyanie strukturoobrazovateley na potrebitel'skie kharakteristiki marmeladnykh izdeliy [Effect of structurizers on consumer characteristics of marmalade products]. Industriya pitaniya / Food Industry, 2020, No 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-strukturoobrazovateley-na-potrebitelskie-harakteristikami-marmeladnykh-izdeliy (accessed 09.07.2026) (Russian).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 633.791 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-29-36

Биоферментация тиолов хмеля под действием пивных дрожжей: от ферментативных механизмов к технологическому контролю

Biofermentation of hop thiols under the action of brewer's yeast: from enzymatic mechanisms to technological control

Профессор И.В. Новикова (ORCID 0000-0002-2360-5892); аспирант Я.Р. Арустамов (ORCID 0009-0003-3224-0287); старший преподаватель Т.С. Ковалева (ORCID 0000-0002-3531-3811); аспирант С.С. Дядищева (ORCID 0009-0002-7765-040X); доцент Е.А. Коротких (ORCID 0000-0002-5951-7085); студент В.В. Жуйко,
Воронежский государственный университет инженерных технологий
novikova_iv@vsuet.ru

Professor I.V. Novikova (ORCID 0000-0002-2360-5892); postgraduate student Ya.R. Arustamov (ORCID 0009-0003-3224-0287); senior lecturer T.S. Kovaleva (ORCID 0000-0002-3531-3811); postgraduate student S.S. Dyadisheva (ORCID 0009-0002-7765-040X); associate Professor E.A. Korotkov (ORCID 0000-0002-5951-7085); student V.V. Zhuiko,
Voronezh State University of Engineering Technologies
novikova_iv@vsuet.ru

Аннотация. В обзоре обобщены современные данные о ферментативных механизмах высвобождения полифункциональных тиолов (ПФТ) из связанных предшественников в процессе брожения пива. На основе анализа оригинальных исследований показано, что традиционные представления о ключевой роли γ-глутамилтранспептидазы (γ-ГТ) и карбоксипептидазы (CPY) не находят экспериментального подтверждения. Лимитирующим этапом является β-лиазная активность, причём у разных штаммов обнаружена субстратная специфичность: одни эффективнее расщепляют цистеинилированные конъюгаты (SafAle™ K-97), другие – γ-глутамилцистеинилированные (BRAS-45, SafLager™ E-30), третьи – глутатионилированные (SafBrew™ LA-01). Установлено влияние температуры брожения, плотности сусла и уровня свободного аминного азота (FAN) на эффективность высвобождения тиолов. Показано, что высокая концентрация тиолов сама по себе не гарантирует усиления тропического аромата – необходима синергия с эфирами и терпенами. Результаты открывают возможности для направленного подбора штаммов дрожжей под конкретные технологические задачи, включая производство безалкогольного пива с усиленным ароматом.

Abstract. This review summarizes current data on the enzymatic mechanisms of polyfunctional thiol (PFT) release from bound precursors during beer fermentation. An analysis of original research shows that traditional concepts regarding the key role of γ-glutamyl transpeptidase (γ-GT) and carboxypeptidase (CPY) have not been experimentally confirmed. β-lyase activity is the rate-limiting step, with substrate specificity demonstrated in different strains: some are more efficient at cleaving cysteinylated conjugates (SafAle™ K 97), others at γ-glutamylcysteinylated conjugates (BRAS 45, SafLager™ E 30), and still others at glutathionylated conjugates (SafBrew™ LA 01). The influence of fermentation temperature, wort density, and free amine nitrogen (FAN) level on the efficiency of thiol release is established. It has been shown that a high thiol concentration alone does not guarantee enhanced tropical aroma; synergy with esters and terpenes is required. These results open up opportunities for targeted selection of yeast strains for specific technological tasks, including the production of non-alcoholic beer with enhanced aroma.

Ключевые слова: пиво, полифункциональные тиолы, β-лиаза, γ-глутамилтранспептидаза, *Saccharomyces pastorianus, Saccharomyces cerevisiae*, биоферментация, хмель, свободный аминный азот.

© И.В. Новикова, Я.Р. Арустамов; Т.С. Ковалева; С.С. Дядищева; Е.А. Коротких, В.В. Жуйко,, 2026

Keywords: beer, polyfunctional thiols, β-lyase, γ-glutamyl transpeptidase, Saccharomyces pastorianus, Saccharomyces cerevisiae, biofermentation, hops, free amine nitrogen.

В пиве идентифицировано более 200 серосодержащих соединений, относящихся к различным химическим классам (2). Среди них особое место занимают полифункциональные тиолы (ПФТ) – 3-сульфанилгексанол (3SH, аромат маракуйи и ревеня), 3-сульфанилгексилацетат (3SHA, более интенсивный тропический аромат), 4-метил-4-сульфанилпентан-2-он (4MSP, тона чёрной смородины и грейпфрута) и 3-сульфанил-4-метилпентан-1-ол (3S4MP). Пороги ощущения этих соединений крайне низки (единицы нг/л), что делает их важнейшими компонентами аромата современных сортов пива с интенсивным охмелением, в особенности New England IPA [3].

Основная технологическая проблема заключается в том, что в хмеле и солоде ПФТ присутствуют преимущественно в связанной форме – в виде конъюгатов с глутатионом (G-), γ-глутамилцистеином (γ-GluCys-) или цистеином (Cys-). Например, содержание G-3SH в хмеле сорта Амарильо может достигать 100 мг/кг, тогда как свободный 3SH присутствует в следовых количествах (менее 1 мкг/кг) [1]. Высвобождение ароматных тиолов происходит в процессе брожения под действием ферментов дрожжей, однако механизмы этого процесса и штаммовые различия оставались предметом дискуссий.

Цель исследования – систематизировать современные данные о ферментативной активности пивных дрожжей в отношении различных тиоловых предшественников, выявить технологические параметры, влияющие на биотрансформацию, и определить наиболее перспективные штаммы для управления ароматом пива.

Традиционно предполагался многостадийный путь высвобождения ПФТ из G-предшественников. Сначала глутатионилированный конъюгат транспортируется в вакуоль дрожжевой клетки через переносчики Opt1p. Затем γ-глутамилтранспептидаза (γ-ГТ, ген *ECM38*) отщепляет глутамат, а карбоксипептидаза (CPY, ген *PRC1*) удаляет глицин, образуя Cys-конъюгат. На последнем этапе β-лиаза (ген *IRC7*) расщепляет связь углерод–сера, высвобождая свободный тиол.

Однако [1] провели систематическое измерение активности γ-ГТ и CPY у 14 штаммов дрожжей (8 лагерных, 5 элевых и мальтозоотрицательный штамм *S. cerevisiae* var. *chevalieri* SafBrew™ LA-01) с использованием спектрофотометрических методов (высвобождение п-нитроанилина при 405 нм). Были выявлены значительные межиндивидуальные различия:

· активность γ-ГТ варьировала от 1,26 (SafAle™ US-05) до 48,72 А/ч (SafAle™ S-33);

· активность CPY варьировала от 1,61 (BRAS-45) до 41,71 А/ч (SafLager™ E-30).

Ключевой результат этого исследования – отсутствие корреляции между активностью γ-ГТ или CPY и ранее опубликованной способностью штаммов высвобождать ПФТ из G- или γ-GluCys-предшественников. Например, штамм S-33 обладал максимальной γ-ГТ активностью, но показывал крайне низкое высвобождение тиолов, тогда как BRAS-45 с минимальной CPY активностью эффективно продуцировал ПФТ. Авторы сделали вывод, что лимитирующими этапами являются β-лиазная активность и/или эффективность транспорта предшественников через плазматическую мембрану [3].

Гипотеза о ключевой роли β-лиазы была подтверждена в работе [3]. Впервые был синтезирован γ-GluCys-3SHol и использован в качестве субстрата при

ферментации сусла (15 °P, 7 дней при 24 °C + 3 дня при 4 °C) с добавлением 15 мг/л предшественника.

Результаты научных исследований свидетельствуют о том, что штаммы *S. pastorianus* BRAS-45 и SafLager™ E-30 показали эффективность высвобождения 3SH из γ-GluCys-3SHol на уровне 0,35 и 0,28 % соответственно, что в 10–15 раз выше, чем из Cys-3SHol (0,02–0,03 %). Это прямо доказывает существование β-лиазной активности, направленной непосредственно на дипептидный предшественник, минуя стадию образования Cys-конъюгата [3].

Сравнение с ранее опубликованными данными по G-3SHol показало, что BRAS-45 и E-30 расщепляют γ-GluCys-3SHol эффективнее, чем G-3SHol, что логично, так как путь из трипептида включает как минимум один дополнительный ферментативный этап.

Особый интерес представляет штамм SafAle™ K-97. Он остаётся лучшим для расщепления Cys-3SHol (эффективность 0,54 %), но показывает очень низкую активность в отношении γ-GluCys-3SHol (менее 0,05 %). Это указывает на строгую субстратную специфичность β-лиазы у разных штаммов.

Мальтозоотрицательный штамм SafBrew™ LA-01 (*S. cerevisiae* var. *chevalieri*) продемонстрировал уникальный профиль: он более эффективно расщепляет G-3SHol (0,19 %), чем γ-GluCys-3SHol (0,15 %) и Cys-3SHol (0,006 %). Это первый экспериментальный пример возможного прямого расщепления трипептидного предшественника β-лиазой, что имеет особое значение для производства безалкогольного пива (NABLAB), где используются мальтозоотрицательные штаммы [3].

В таблице 1 представлено сравнение ключевых штаммов по ферментативной активности и субстратной специфичности.

Таблица 1

Сравнение активности штаммов дрожжей в отношении различных предшественников тиолов [1]

Штамм	Тип	γ-ГТ (А/ч)	CPY (А/ч)	Субстрат	Эффективность высвобождения
BRAS-45	*S. pastorianus*	22,73	1,61	γ-GluCys-3SHol	0,35 %
SafLager™ E-30	*S. pastorianus*	19,79	41,71	γ-GluCys-3SHol	0,28 %
SafAle™ K-97	*S. cerevisiae*	19,83	12,45	Cys-3SHol	0,54 %
SafBrew™ LA-01	*S. c. chevalieri*	26,82	6,73	G-3SHol	0,19 %
SafAle™ S-33	*S. cerevisiae*	48,72	21,94	Низкая β-лиаза, высокая этерификация	-
SafAle™ US-05	*S. cerevisiae*	1,26	-	Контроль (низкая активность)	-

Christiaens с соавт. (2025) изучили влияние снижения температуры с 24 °C до 12 °C. Обнаружены противоположные эффекты: у штамма BRAS-45 высвобождение из γ-GluCys-3SHol снизилось в 10 раз, тогда как у штамма SafLager™ E-30 оно значительно возросло, тогда как активность к G- и Cys-3SHol снизилась. Это указывает на то, что температурная зависимость β-лиазы сильно варьирует между штаммами и определяется, вероятно, посттрансляционными модификациями или различными изоформами фермента [3].

Более систематическое исследование влияния температуры [4] на пяти коммерческих штаммах (BRY-97™, Nottingham™, Verdant IPA™, London™,

Diamond™) при температурах 15, 22 и 30 °C. Повышение температуры с 15 до 30 °C увеличило концентрацию 3SH на 45–72 % (с 24–81 до 55–162 нг/л). Содержание 4MSP росло только до 22 °C (+11–41 %), а при дальнейшем повышении температуры оставалось на плато (6–12 нг/л). Штамм LalBrew Diamond™ (*S. pastorianus*) показал самые высокие концентрации обоих тиолов при всех температурах, однако при 30 °C у него появлялся выраженный серно-яичный запах (H_2S) [4].

При снижении плотности сусла с 15 до 6 °P (режим, используемый для получения безалкогольного или слабоалкогольного пива) эффективность высвобождения тиолов резко падала: для E-30 – с 0,28–0,35 % до ≈ 0,10 %, для LA-01 – с 0,15 % до 0,01 % (падение в 15 раз). Однако для всех трёх штаммов при 6 °P наблюдалось увеличение высвобождения из G-3SHol (трипептида) до 0,23–0,31 % по сравнению с 15 °P. Это может быть связано с изменением метаболического статуса клетки: при лимитировании по сахарам дрожжи переключаются на альтернативные пути утилизации аминокислот и пептидов [3].

В работе [6] изучено влияние трёх уровней FAN (110, 240 и 360 мг/л) на высвобождение тиолов. Низкий FAN (110 мг/л) привёл к максимальному высвобождению тиолов: 3SH достигал 63–92 нг/л для элей и 153 нг/л для штамма Diamond™, 4MSP – 9–12 нг/л, 3S4MP – 43–57 нг/л. При увеличении FAN до среднего уровня концентрации тиолов снижались на 43–63 %, а при высоком – ещё на 19–46 %. Это объясняется снятием катаболитной репрессии азота (NCR) в условиях дефицита азота: дрожжи начинают утилизировать предшественники тиолов как альтернативный источник азота [6].

Исследовали взаимодействие трёх типов солода (100 % пилснер, 20 % карамельный солод, 2 % жжёный солод) с четырьмя штаммами лагерных дрожжей (SafLager™ W-34/70, S-23, SH-45, E-30) [4]. Жжёный солод оказывал наиболее сильное влияние на аромат, причём характер этого влияния существенно зависел от штамма: SH-45 придавал выраженный кофейный аромат, E-30 – солодовый и медовый, S-23 – медовый, банановый и карамельный. Важно, что в некоторых случаях влияние штамма дрожжей на аромат было сильнее, чем влияние типа солода, что опровергает представление о лагерных дрожжах как о метаболически нейтральных [4].

Многофакторный анализ, выполненный [5], показал, что высокая концентрация тиолов сама по себе не гарантирует усиления тропического аромата. Несмотря на то, что штамм Diamond™ продуцировал максимальные уровни 3SH и 4MSP, его тропический аромат не превосходил таковой у элевых штаммов с меньшими концентрациями тиолов.

С тропическим и фруктовым ароматом коррелировали:

· сложные эфиры (изоамилацетат – банановый, грушевый; 2-фенилэтилацетат – розовый, медовый);

· терпены (линалоол, гераниол);

· C13-норизопреноиды (β-ионон, β-дамаскенон).

На сенсорном уровне пиво, ферментированное при 30 °C, располагалось в верхнем левом квадранте MFA-графика, демонстрируя максимальные концентрации свободных тиолов, сложных эфиров и наиболее выраженный фруктово-тропический характер. Пиво, ферментированное при 15 °C, находилось в противоположном квадранте с минимальной фруктовостью [5, 11–15].

В исследовании влияния FAN было показано, что при низком уровне FAN (максимальные тиолы) доминировали яблочные, белые винные, травянистые и цветочные ноты, тогда как при среднем уровне FAN (умеренные тиолы, но высокие эфиры) тропический и фруктовый аромат был наиболее выражен. При высоком

FAN у чувствительных штаммов появлялись диацетильные и маслянистые аромат [6–10].

На основе совокупности данных можно предложить уточнённую модель высвобождения ПФТ (табл. 2). Выделяются три стратегии в зависимости от штамма:

Таблица 2

Предлагаемая модель путей высвобождения тиолов у разных штаммов дрожжей [1]

Тип штамма	Пример	Предпочтительный субстрат	Механизм	Рекомендуемое применение
Cys	SafAle™ K-97	Cys-3SHol	Классическая β-лиаза	Эль, интенсивное сухое охмеление
γ-GluCys	BRAS-45, SafLager™ E-30	γ-GluCys-3SHol	β-Лиаза с широкой специфичностью	Лагер, холодное брожение (E-30 предпочтителен при 12 °C)
G	SafBrew™ LA-01	G-3SHol	Прямая β-лиаза на трипептид	Безалкогольное пиво
Эстерификаторы	SafAle™ S-33	Любой (но низкая β-лиаза)	Высокая ацетилтрансфераза	Усиление 3SHA (грейпфрут, маракуйя)
Лагерные	Diamond™, E-30, S-23, SH-45, W-34/70	Вариабельно	Штамм-специфичная биотрансформация	Для лагеров: E-30 – тиолы при 12 °C, SH-45 – кофейные ноты
Температурно-стабильные	Ottingham™, BRY-97™, Verdant IPA™	Вариабельно	Минимальные изменения аромата	Для воспроизводимого производства

Проведённый анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. γ-ГТ и карбоксипептидаза не являются лимитирующими факторами высвобождения тиолов. Их активность не коррелирует со способностью штаммов продуцировать ПФТ, что опровергает классическую многостадийную модель [1].
2. Ключевую роль играет β-лиаза, причём у разных штаммов обнаружена субстратная специфичность: K-97 эффективнее расщепляет Cys-конъюгаты, BRAS-45 и E-30 – γ-GluCys-конъюгаты, а LA-01 – G-конъюгаты [3].
3. Температура брожения – критический параметр: повышение с 15 до 30 °C увеличивает 3SH на 45–72 %, но эффект сильно зависит от штамма. E-30 аномально активен при 12 °C, тогда как BRAS-45 теряет активность [3].
4. Низкий уровень FAN (110 мг/л) максимально стимулирует высвобождение тиолов за счёт снятия катаболитной репрессии азота, но при этом снижается образование эфиров, что ограничивает тропический аромат [6].
5. Тиолы сами по себе не создают тропический аромат – необходима синергия с эфирами и терпенами. Наиболее выраженный тропический характер достигается при среднем уровне FAN (240 мг/л) и температуре 22–30 °C с использованием штаммов, продуцирующих как тиолы, так и эфиры (Nottingham™, Verdant IPA™) [5, 6].
6. Лагерные дрожжи не являются метаболически нейтральными: выбор штамма (E-30, S-23, SH-45, W-34/70) существенно влияет на аромат пива, особенно в сочетании со специальными солодами [4].

Перспективы дальнейших исследований включают:

· изучение роли транспортёров-предшественников (Opt1p, Gap1p, Ptr2p) в лимитировании биотрансформации;

· анализ промежуточных продуктов с помощью UPLC-MS/MS для уточнения путей деградации;

· исследование влияния сухого охмеления (добавление хмеля после брожения) на высвобождение тиолов;

· генетическую модификацию промышленных штаммов (CRISPR) для встраивания гиперактивной версии IRC7 без побочных эффектов (серный off-flavour);

· систематическое изучение коммерческих штаммов, позиционируемых производителями как «тиол-продуцирующие» (например, LalBrew Thiolized™).

Полученные результаты открывают возможности для направленного подбора штаммов дрожжей под конкретные технологические задачи – от классических лагеров до безалкогольного пива с усиленным тропическим ароматом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Calicis C., Christiaens R., Loquet N., Simon M., Collin S. Measuring the Carboxypeptidase and γ-Glutamyltranspeptidase Activities of Lager and Ale Yeasts to Assess Their Impact on the Release of Odorant Polyfunctional Thiols Through Fermentation // Molecules. — 2025. — Vol. 30. — No. 12. — Art. 2491. — DOI: 10.3390/molecules30122491.

2. Меледина Т.В., Иванченко О.Б., Дедегкаев А.Т. Сульфосоединения в пиве. Ч. 1. Диоксид серы и сероводород // Пиво и напитки. — 2010. — № 5. — С. 4–8.

3. Christiaens R., Simon M., Robiette R., Collin S. Evidence in Lager Yeasts of β-Lyase Activity Breaking Down γ-GluCys-Conjugates More Efficiently Than Cys-Conjugates to Odorant Beer Polyfunctional Thiols // Molecules. — 2025. — Vol. 30. — No. 2. — Art. 325. — DOI: 10.3390/molecules30020325.

4. Fechir M., Janssens P., Dorignac E., Montandon G. Explorative Study on the Interactions Between Specialty Malts and Lager Yeast Strains: Impact on Beer Aroma and Volatile Composition // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 2025. — Vol. 84. — No. 1. — P. 50–64. — DOI: 10.1080/03610470.2025.2583823.

5. Samia R.S., Chenot C., Shayevitz A., Fischborn T., Shellhammer T.H. Interactions Between Fermentation Temperature and Yeast Strain: Impacts on Polyfunctional Thiol Release and Beer Aroma // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 2025. — Vol. 84. — No. 1. — P. 65–76. — DOI: 10.1080/03610470.2025.2593042.

6. Samia R.S. Biotransformation of Hop Aroma: An Exploration into Yeasts' Ability to Release Polyfunctional Thiols in Beer: дис. … канд. техн. наук / Oregon State University. — Corvallis (OR), 2025. — Науч. рук.: Shellhammer T.H.

7. Dennenlöhr J., Thörner S., Rettberg N. Analysis of Hop-Derived Thiols in Beer Using On-Fiber Derivatization in Combination with HS-SPME and GC-MS/MS // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2020. — Vol. 68. — No. 50. — P. 15036–15047. — DOI: 10.1021/acs.jafc.0c06305.

8. Chenot C., Collin S. Ability of the Mandarina Bavaria Hop Variety to Release Free Odorant Polyfunctional Thiols in Late-Hopped Beers // Journal of the Institute of Brewing. — 2021. — Vol. 127. — No. 2. — P. 140–148. — DOI: 10.1002/jib.636.

9. Chenot C., Thibault De Chanvalon E., Janssens P., Collin S. Modulation of the Sulfanylalkyl Acetate/Alcohol Ratio and Free Thiol Release from Cysteinylated and/or Glutathionylated Sulfanylalkyl Alcohols in Beer under Different Fermentation

Conditions // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2021. — Vol. 69. — No. 17. — P. 6005–6012. — DOI: 10.1021/acs.jafc.1c01234.

10. Krogerus K., Gibson B., Fischborn T., Vidgren V. Fruits of Their Labour: Biotransformation Reactions of Yeasts During Brewery Fermentation // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2022. — Vol. 106. — No. 12. — P. 4547–4570. — DOI: 10.1007/s00253-022-12068-w.

11. Chenot C., Willemart G., Gros J., Collin S. Ability of Exogenous or Wort Endogenous Enzymes to Release Free Thiols from Hop Cysteinylated and Glutathionylated S-Conjugates // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 2023. — Vol. 81. — No. 1. — P. 33–44. — DOI: 10.1080/03610470.2021.2021766.

12. Mullins D., Krogerus K., Vidgren V., Magalhães F., Gibson B. The Sensorial and Chemical Changes in Beer Brewed with Yeast Genetically Modified to Release Polyfunctional Thiols from Malt and Hops // Fermentation. — 2022. — Vol. 8. — No. 8. — Art. 370. — DOI: 10.3390/fermentation8080370.

13. Van Sluyter S., Krogerus K., Gibson B., Fischborn T., Vidgren V. Increased Volatile Thiol Release During Beer Fermentation Using Constructed Interspecies Yeast Hybrids // European Food Research and Technology. — 2023. — Vol. 249. — P. 55–69. — DOI: 10.1007/s00217-022-04132-6.

14. Samia R.S., Shayevitz A., Fischborn T., Shellhammer T.H. Wort Nitrogen and Yeast Strain Drive Thiol Release, Flavor Expression, and Fermentation Performance in Beer // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 2025. — Vol. 83. — No. 4. — P. 1–15. — DOI: 10.1080/03610470.2025.2530859.

15. Samia R., Shayevitz A., Fischborn T., Shellhammer T. Fermentation Temperature Impacts Polyfunctional Thiol Biotransformation in Beer // BrewingScience. — 2024. — Vol. 77. — No. 7/8. — P. 1–8. — DOI: 10.23753/2509-0264-241.

REFERENCES

1. Calicis, Coraline, et al. “Measuring the Carboxypeptidase and γ-Glutamyltranspeptidase Activities of Lager and Ale Yeasts to Assess Their Impact on the Release of Odorant Polyfunctional Thiols Through Fermentation.” Molecules, vol. 30, no. 12, 2025, art. 2491, https://doi.org/10.3390/molecules30122491.

2. Meledina, T. V., O. B. Ivanchenko, and A. T. Dedegkaev. “Sulfosoenineniya v pive. Chast 1. Dioksid sery i serovodorod [Sulfur Compounds in Beer. Part 1. Sulfur Dioxide and Hydrogen Sulfide].” Pivo i napitki [Beer and Beverages], no. 5, 2010, pp. 4–8. (in Russian).

3. Christiaens, Romain, et al. “Evidence in Lager Yeasts of β-Lyase Activity Breaking Down γ-GluCys-Conjugates More Efficiently Than Cys-Conjugates to Odorant Beer Polyfunctional Thiols.” Molecules, vol. 30, no. 2, 2025, art. 325, https://doi.org/10.3390/molecules30020325.

4. Fechir, Michael, et al. “Explorative Study on the Interactions Between Specialty Malts and Lager Yeast Strains: Impact on Beer Aroma and Volatile Composition.” Journal of the American Society of Brewing Chemists, vol. 84, no. 1, 2025, pp. 50–64, https://doi.org/10.1080/03610470.2025.2583823.

5. Samia, Ronald S., et al. “Interactions Between Fermentation Temperature and Yeast Strain: Impacts on Polyfunctional Thiol Release and Beer Aroma.” Journal of the American Society of Brewing Chemists, vol. 84, no. 1, 2025, pp. 65–76, https://doi.org/10.1080/03610470.2025.2593042.

6. Samia, Ronald S. Biotransformation khmelevogo aromata: issledovanie sposobnosti drozhzhei vydelyat polifunktsionalnye tioly v pive [Biotransformation of Hop

Aroma: An Exploration into Yeasts' Ability to Release Polyfunctional Thiols in Beer]. Dissertation, Oregon State University, 2025. Advisor: Thomas H. Shellhammer. (in Russian).

7. Dennenlöhr, Jan, et al. "Analysis of Hop-Derived Thiols in Beer Using On-Fiber Derivatization in Combination with HS-SPME and GC-MS/MS." Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 68, no. 50, 2020, pp. 15036–15047, https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06305.

8. Chenot, Cécile, and Sonia Collin. "Ability of the Mandarina Bavaria Hop Variety to Release Free Odorant Polyfunctional Thiols in Late-Hopped Beers." Journal of the Institute of Brewing, vol. 127, no. 2, 2021, pp. 140–148, https://doi.org/10.1002/jib.636.

9. Chenot, Cécile, et al. "Modulation of the Sulfanylalkyl Acetate/Alcohol Ratio and Free Thiol Release from Cysteinylated and/or Glutathionylated Sulfanylalkyl Alcohols in Beer under Different Fermentation Conditions." Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 69, no. 17, 2021, pp. 6005–6012, https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01234.

10. Krogerus, Kristoffer, et al. "Fruits of Their Labour: Biotransformation Reactions of Yeasts During Brewery Fermentation." Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 106, no. 12, 2022, pp. 4547–4570, https://doi.org/10.1007/s00253-022-12068-w.

11. . Chenot, Cécile, et al. "Ability of Exogenous or Wort Endogenous Enzymes to Release Free Thiols from Hop Cysteinylated and Glutathionylated S-Conjugates." Journal of the American Society of Brewing Chemists, vol. 81, no. 1, 2023, pp. 33–44, https://doi.org/10.1080/03610470.2021.2021766.

12. Mullins, Daniel, et al. "The Sensorial and Chemical Changes in Beer Brewed with Yeast Genetically Modified to Release Polyfunctional Thiols from Malt and Hops." Fermentation, vol. 8, no. 8, 2022, art. 370, https://doi.org/10.3390/fermentation8080370.

13. Van Sluyter, Samantha, et al. "Increased Volatile Thiol Release During Beer Fermentation Using Constructed Interspecies Yeast Hybrids." European Food Research and Technology, vol. 249, 2023, pp. 55–69, https://doi.org/10.1007/s00217-022-04132-6.

14. Samia, Ronald S., et al. "Wort Nitrogen and Yeast Strain Drive Thiol Release, Flavor Expression, and Fermentation Performance in Beer." Journal of the American Society of Brewing Chemists, vol. 83, no. 4, 2025, https://doi.org/10.1080/03610470.2025.2530859.

15. Samia, Ronald, et al. "Fermentation Temperature Impacts Polyfunctional Thiol Biotransformation in Beer." BrewingScience, vol. 77, no. 7/8, 2024, https://doi.org/10.23753/2509-0264-241.

УДК 664.8 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-37-45

Разработка морса функционального назначения для профилактики работы пищеварительной системы всех возрастных групп здорового населения

Development of functional purpose morse for the prevention of the digestive system of all ages of healthy population

Доцент Т.М. Воробьева, старший преподаватель Р.В. Крылова, старший преподаватель А.Д. Шумилова
Филиал ГБОУ ВО НГИЭУ,
tatyana.expert.vorobeva@mail.ru

Associate Professor T.M. Vorobyova, Senior Lecturer R.V. Krylova, Senior Lecturer A.D. Shumilova
Branch of the State Budgetary Educational Institution of Higher Education NGIUEU,
tatyana.expert.vorobeva@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты научного обоснования и разработки рецептуры морса функционального назначения для профилактики работы пищеварительной системы всех возрастных групп здорового населения. Исследовано влияние различных соотношений сахара, аллюлозы, олигофруктозы, трегалозы, сукралозы и яблочной клетчатки на органолептические и физико-химические показатели качества морса. Определены оптимальные дозировки: 100% замена сахара олигофруктозой и дополнительное внесение в рецептуру 5 г яблочной клетчатки. Разработанный продукт характеризуется повышением энергетической ценности на 10,1 % и удовлетворяет 45,72-57,15 % суточной потребности в пищевых волокнах. Продукт может быть рекомендован для профилактики работы пищеварительной системы здорового населения всех возрастных групп.

Annotation. The article presents the results of scientific substantiation and development of a functional mors formulation for the prevention of the digestive system of all age groups of a healthy population. The effect of various ratios of sugar, allulose, oligofructose, trehalose, sucralose, and apple fiber on the organoleptic and physico-chemical quality parameters of fruit drinks has been studied. Optimal dosages have been determined: 100% replacement of sugar with oligofructose and additional addition of 5 g of apple fiber to the formulation. The developed product is characterized by an increase in energy value by 10.1% and satisfies 45.72-57.15% of the daily requirement for dietary fiber. The product can be recommended for the prevention of the digestive system of a healthy population of all age groups.

Ключевые слова: морс функционального назначения, аллюлоза, олигофруктоза, трегалоза, сукралоза, клетчатка, пищевые волокна, пребиотик, пищеварительная система.

Keywords: functional morse, allulose, oligofructose, trehalose, sucralose, fiber, dietary fiber, prebiotic, digestive system.

Морс — один из старейших традиционных русских прохладительных напитков, который сохраняет популярность благодаря сочетанию высоких органолептических свойств, разнообразия вкуса и содержанию биологически активных веществ в легкоусвояемой форме.

Морс- жидкий продукт, полученный из свежих или замороженных ягод путем механического извлечения из них сока прямого отжима или пюре с последующим

© Т.М. Воробьева, Р.В. Крылова, А.Д. Шумилова, 2026

смешиванием его с продуктом экстракции горячей питьевой водой выжимок, полученных из этих же ягод с добавлением или без добавления вкусовых ингредиентов, с массовой долей ягодного сока или пюре не менее 15 %, консервированный физическими способами, кроме обработки ионизирующим излучением, предназначенный для непосредственного употребления в пищу [1].

Индустрия напитков эволюционирует, адаптируясь к изменениям в образе жизни, потребительских предпочтениях и технологических возможностям. Потребители всё чаще выбирают напитки, которые не только утоляют жажду, но и приносят пользу для здоровья. Растёт спрос на функциональные напитки, обогащённые витаминами, минералами, пробиотиками, антиоксидантами, пребиотиками. Также популярны напитки с пониженным содержанием сахара, с использованием натуральных подсластителей. Персонализация напитков может способствовать росту их популярности за счёт предложения уникальных впечатлений и соответствия индивидуальным предпочтениям потребителей.

Функциональный напиток - жидкий функциональный пищевой продукт на основе воды, содержащий один или несколько функциональных пищевых ингредиентов в количестве достаточном при систематическом употреблении для обеспечения благоприятного эффекта на физиологические функции организма человека, с добавлением или без добавления различных пищевых добавок и вкусоароматических веществ [2].

Разработка функциональных напитков — сложная задача, которая требует баланса между функциональными свойствами (полезными для здоровья характеристиками) и органолептическими показателями (вкусом, ароматом, текстурой). При этом важно учитывать не только потребности потребителей в улучшении здоровья, но и их желание получить удовольствие от напитка [3].

Для того чтобы обеспечить реальную физиологическую эффективность напитка и приемлемые органолептические свойства, функциональные пищевые ингредиенты должны отвечать следующим требованиям:

- полезные свойства вводимых ингредиентов должны быть научно обоснованы, для каждого выявлены физиологические эффекты;
- при введении нескольких функциональных ингредиентов должно быть изучено их взаимодействие и возможные эффекты синергизма, обусловленные комплексным воздействием на организм;
- добавляемые ингредиенты должны быть безопасными и стабильными в процессе хранения;
- каждый ингредиент должен иметь точные физико-химические характеристики, достоверно определяемые с помощью специальных методов анализа; введение функциональных ингредиентов не должно уменьшать пищевую ценность продуктов [4, 5].

С целью обеспечения оптимального питания в настоящее время уточнены адекватные и максимальные уровни потребления пищевых и биологически активных веществ, которые включены в базовые нормативные документы, отражающие физиологически обоснованных современной наукой о питании нормы потребления незаменимых (эссенциальных) пищевых веществ и источников энергии в зависимости от пола, возраста, физической активности [6].

Одна из главных технологических задач при создании функционального напитка — тщательно выбрать функциональные ингредиенты, позволяющие сформировать продукт с заранее определённым химическим составом и целенаправленной функциональной направленностью.

Функциональный пищевой продукт должен содержать в своём составе 15 % функционального ингредиента от суточной физиологической потребности при систематическом употреблении [7].

Разработка функциональных напитков с использованием подсластителей — одна из ключевых тенденций в индустрии напитков, обусловленная ростом интереса к здоровому образу жизни, снижению потребления сахара и поиску продуктов с дополнительными полезными свойствами.

Аллюлоза, олигофруктоза и трегалоза современные подсластители, которые набирают популярность в производстве напитков благодаря своим функциональным свойствам, низкой калорийности и положительному влиянию на здоровье.

D-аллюлоза — низкоэнергетический сахар, естественно присутствующий в пшенице и обработанном сахарном тростнике. Её сладость составляет 70% от сладости сахарозы, а калорийность — 0,39 ккал/г. D-аллюлоза одобрена Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) с присвоением статуса GRAS (GenerallyRecognizedas Safe) и разрешена в качестве ингредиента в различных пищевых продуктах и пищевых добавках, относится к натуральным сахарам, способствует регуляции липидного обмена, борьбе с ожирением и повышению резистентности к инсулину.

Олигофруктоза – это натуральный пребиотик, который используется в пищевой промышленности как низкокалорийный подсластитель. Получают олигофруктозу путем частичного ферментативного гидролиза инулина – полисахарида, содержащегося в корне цикория, топинамбуре и других растениях Сладость олигофруктозы составляет примерно 30 % от сладости сахарозы. Калорийность олигофруктозы **—** около 1,5 ккал/г**.** Это значительно меньше, чем у сахара (примерно 4 ккал/г). Пониженная калорийность связана с тем, что олигофруктоза практически не усваивается в тонком кишечнике человека и подвергается расщеплению в толстом кишечнике под действием бактерий. Олигофруктоза также обладает пребиотическими свойствами, способствует нормализации микрофлоры кишечника и может использоваться в диабетическом питании [8].

Трегалоза – природный дисахарид, состоящий из двух молекул глюкозы. Трегалоза присутствует в природе в бактериях, дрожжах, грибках и водорослях, а также в некоторых высших растениях. Коэффициент сладости 0,5 ед, калорийность 4 ккал/г. Трегалоза характеризуется следующими физиологическими эффектами: защищает организм от обезвоживания, катализирует скорость окисления жиров, эффективно метаболизируется организмом в следствии наличия в кишечнике соответствующих ферментов (трегалазы), обладает пребиотической активностью, безопасна для здоровья и нетоксична [10].

Пищевые волокна - съедобные части растений или аналогичные углеводы, устойчивые к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемые в толстом кишечнике (полисахариды, олигосахариды, лигнин и ассоциированные растительные вещества). Пищевые волокна относятся к некрахмальным полисахаридам, которые перевариваются в толстом кишечнике в незначительной степени, однако при этом оказывают существенное влияние на процессы переваривания, усвоения, микробиоциноз и эвакуацию остатков пищи. Эффекты физиологического воздействия пищевых волокон зависят от их растворимости в воде. Растворимые пищевые волокна способны оказывать опосредованное влияние на метаболизм холестерина и липидов, на гликемическую нагрузку пищи, уровень глюкозы и инсулина, проявлять пребиотическое действие, связывать и выводить тяжелые металлы.

Нерастворимые волокна выполняют функции энтеросорбента, участвуют в механизме предупреждения кариеса [6].

Для получения гармоничного по составу и свойствам морса, подобран ингредиент - яблочная клетчатка являющийся источником пищевых волокон и оказывающая благоприятное влияние на организм человека.

Яблочная клетчатка, это комплекс пищевых волокон, включающий растворимые волокна (в основном пектин), нерастворимые волокна (целлюлоза, гемицеллюлоза), биологически активные соединения (полифенолы, антиоксиданты).

К полезным свойствам яблочной клетчатки можно отнести:

- поддержка здорового пищеварения и предотвращение запоров;
- очищение организма от вредных веществ и снижение уровня холестерина;
- стабилизация уровня сахара и холестерина в крови;
- улучшение состояния кишечной микрофлоры;.
- способствование ощущению сытости;
- защита клеток от повреждений [7].

Цель исследования – научное обоснование и разработка рецептуры морса функционального назначения для профилактики работы пищеварительной системы всех возрастных групп здорового населения.

Задачи исследования:

1. Обосновать выбор рецептурных компонентов при разработке рецептуры морса функционального назначения.
2. Изучить влияние различного соотношения сахара, аллюлозы, олигофруктозы, трегалозы совместно с интенсивным подсластителем (сукралоза) и яблочной клетчаткой на органолептические и физико-химические свойства готовых изделий.
3. Определить оптимальные дозировки установленных подсластителей и яблочной клетчатки обеспечивающие получение морса с повышенным содержанием пищевых волокон.
4. Провести анализ пищевой и энергетической ценности разработанного продукта для подтверждения его функциональной направленности.

Объект и методы исследования – сахар белый (ГОСТ 33222-2015); аллюлоза (D-псикоза, степень чистоты ≥98%); олигофруктоза (содержание пищевых волокон ≥95%); яблочная клетчатка, брусника свежая (ГОСТ 20450-2019), малина свежая (ГОСТ 33915-2016), смородина черная свежая (ГОСТ 6829-2015).

Органолептические показатели качества (внешний вид, вкус, цвет, запах) определяли по ГОСТ 6687.5-86 .

Кислотность определяли по ГОСТ 6687.4-86 , массовая доля сухих веществ по ГОСТ 6687.2-90.

Расчёт пищевой ценности (содержание белков, жиров, углеводов, пищевых волокон) и энергетической ценности производили расчётным методом с использованием актуализированных таблиц химического состава пищевых продуктов, разработанных Институтом питания РАМН .

Содержание пищевых волокон определяли расчётным методом.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel. Все эксперименты выполнены в трёх повторностях. Данные представлены в виде среднего арифметического значения.

Исследования проводили в испытательной лаборатории фундаментальных прикладных исследований качества и технологий пищевых продуктов на базе Института пищевых технологий и дизайна — Филиал ГБОУ ВО НГИЭУ. Использовались ягоды, произрастающие в данной местности, поскольку это продукция регионального производства, что позволяет применять их в пищевых продуктах в качестве ингредиентов и уменьшить расходы на транспортировку [9].

В исследовании изучено 4 образца (Таблица 1). За контроль принята рецептура морса со 100 % содержанием сахара. В образце 2 произведена замена 100% сахара аллюлозой, в образце 3 – 100% сахара олигофруктозой, в образце 4 -100% сахара заменено трегалозой. Для корректировки сладости в рецептуру морса введен интенсивный подсластитель – сукралоза. Образцы №2, №3, №4 дополнительно обогащены яблочной клетчаткой.

Рецептуры исследуемых образцов морса представлены в таблице 1.

Таблица1

Рецептуры исследуемых образцов морса

Рецептурные компоненты, г	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Сахар	120	-	-	-
Аллюлоза (К=0,7)	-	120	-	-
Олигофруктоза (К=0,3)	-	-	120	-
Трегалоза (К=0,45)	-	-	-	120
Сукралоза (К=600)	-	0,06	0,14	0,11
Ягоды малины	40	40	40	40
Ягоды брусника	60	60	60	60
Ягоды черной смородины	40	40	40	40
Клетчатка яблочная	5	5	5	5
Итого	265	265	265	265
Выход	1000	1000	1000	1000

Результаты органолептической оценки показателей качества исследуемых образцов морса приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние рецептурных компонентов на органолептические показатели качества исследуемых образцов морса

Наименование показателя	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Внешний вид	Прозрачная жидкость без посторонних включений.			
Вкус, цвет, запах	Цвет красный. Вкус сладкий, ягодный (малины, брусники, черной смородины). Без посторонних привкусов и запахов.			

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что изменение рецептуры не повлияло на органолептические показатели качества.

Исследование физико-химических показателей качества экспериментальных образцов морса проводилось в испытательной лаборатории фундаментальных прикладных исследований качества и технологий пищевых продуктов. Результаты физико-химических показателей представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты физико-химических показателей качества исследуемых образцов морса

Наименование показателя	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Кислотность, $см^3$ 1 моль/1000 $см^3$	4,5	4,3	4,0	4,0
Массовая доля сухих веществ, %	12,8	12,3	10,5	10,1

В исследуемых образцах морса показатель кислотность варьировал в пределах от 4,0 до 4,5 $см^3$ 1 моль/1000 $см^3$. Наименьшим показателем кислотности обладали образцы №3 и №4, а максимальный показатель наблюдался в образце №1 (контроль). По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что замена сахара на подсластитель может оказывать влияние на кислотность морса.

Показатель массовая доля сухих веществ варьировал в пределах от 10,1 (образец №4) до 12,8 % (образец №1). По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что массовая доля сухих веществ в морсах зависит от наличия и количества сахара и подсластителей. Эти компоненты являются ключевыми составляющими сухих веществ в морсе.

По результатам органолептической и физико-химической оценки наилучшими показателями качества обладал образец №2.

Исследование пищевой и энергетической ценности разработанного продукта проводилось для оценки его функциональной направленности.

В расчете использовались средние данные по химическому составу данных добавок. Расчеты проводились в соответствии с методическими указаниями [6] с использованием программы MicrosoftExcel. Расчетные данные представлены в Таблице 4.

Таблица 4

Пищевая и энергетическая ценность исследуемых образцов морса

Наименование показателя	Суточная потребность в пищевых веществах (женщины/мужчины)	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Содержание белка, г/100г	60-90/75-114	0,11	0,21	0,21	0,21
Содержание жира, г/100г	57-100/72-127	0,07	0,07	0,07	0,07
Содержание углеводов, г/100г	238-435/301-551	13,09	13,16	2,36	13,16
Пищевые волокна, г	20-25	0,49	0,99	11,43	0,99
Энергетическая ценность, ккал/сутки	1700-3000/2150-3800	54,41	56,07	56,64	56,09

В экспериментальном образце морса №1 содержание белка было 0,11 г/100 г, жира 0,07 г/100 г, содержание углеводов 13,09 г/100 г, количество пищевых волокон – 0,49 г/100 г. Употребление 100 г морса (образец №1) удовлетворяет суточную потребность организма в белке на 0,12-0,18- % для женщин и 0,001-0,15 % для мужчин; в жирах – на 0,07-0,12 % для женщин и 0,06-0,10 % для мужчин; в углеводах - на 3,01-5,5 % для женщин и 2,38-4,39 % для мужчин; в пищевых волокнах – на 1,96-2,45 % для женщин и мужчин.

В экспериментальном образце морса №2 содержание белка было 0,21 г/100 г, жира 0,07 г/100 г, содержание углеводов 13,16 г/100 г, количество пищевых волокон – 0,99 г/100 г. Употребление 100 г морса (образец №2) удовлетворяет суточную потребность организма в белке на 0,23-0,35 % для женщин и 0,18-0,28 % для мужчин; в жирах – на 0,07-0,12 % для женщин и 0,06-0,10 % для мужчин; в

углеводах - на 3,03-5,53 % для женщин и 2,38-4,37 % для мужчин; в пищевых волокнах – на 3,96-4,95 % для женщин и мужчин.

В экспериментальном образце морса №3 содержание белка было 0,21 г/100 г, жира 0,07 г/100 г, содержание углеводов 2,36 г/100 г, количество пищевых волокон – 11,43 г/100 г. Употребление 100 г морса (образец №3) удовлетворяет суточную потребность организма в белке на 0,23-0,35 % для женщин и 0,18-0,28 % для мужчин; в жирах – на 0,07-0,12 % для женщин и 0,06-0,10 % для мужчин; в углеводах - на 0,54-0,99 % для женщин и 0,43-0,78 % для мужчин; в пищевых волокнах – на 45,72-57,15 % для женщин и мужчин.

В экспериментальном образце морса №4 содержание белка было 0,21 г/100 г, жира 0,07 г/100 г, содержание углеводов 13,16 г/100 г, количество пищевых волокон – 0,99 г/100 г. Употребление 100 г морса (образец №4) удовлетворяет суточную потребность организма в белке на 0,23-0,35 % для женщин и 0,18-0,28 % для мужчин; в жирах – на 0,07-0,12 % для женщин и 0,06-0,10 % для мужчин; в углеводах - на 3,03-5,53 % для женщин и 2,38-4,37 % для мужчин; в пищевых волокнах – на 3,96-4,95 % для женщин и мужчин.

Функциональный пищевой продукт должен содержать в своём составе 15 % функционального ингредиента от суточной физиологической потребности при систематическом употреблении [7].

По содержанию пищевых волокон образец №3 может считаться функциональным пищевым продуктом, так употребление 100 г морса удовлетворяет суточную потребность в пищевых волокнах на 45,72-57,15 % для женщин и мужчин. Информация о том, что пищевой продукт является «с высоким содержанием пищевых волокон» может быть вынесена в маркировку продукции . Важно помнить, что особую роль в жизни людей играет продовольственная безопасность [10].

Энергетическая ценность образца №1 -54,41 ккал. Энергетическая ценность образца №2 увеличена по сравнению с образцом №1 (контроль) на 9,7 Энергетическая ценность образца №3 увеличена по сравнению с образцом №1 (контроль) на 10,1 %. Энергетическая ценность образца №4 увеличена по сравнению с образцом №1 (контроль) на 9,7 %.

В соответствии с поставленными задачами исследования получены следующие результаты:

1. Обоснован выбор рецептурных компонентов. Показано, что аллюлоза, олигофруктоза и трегалоза и яблочная клетчатка являются функциональными ингредиентами.

2. Изучено влияние различных соотношений подсластителей и яблочной клетчатки на органолептические и физико-химические свойства морса. Установлено, что полная замена сахара на подсластитель и дополнительное введение в рецептуру яблочной клетчатки не влияет на органолептические показатели качества морса. Физико-химические показатели качества изменяются незначительно.

3. Определены оптимальные дозировки. Оптимальной является рецептура образца №3: замена 100% сахара олигофруктозой и с дополнительным внесением 5 г яблочной клетчатки. Данная рецептура обеспечивает:

– высокие органолептические и физико-химические свойства морса;

– содержание пищевых волокон 11,43 г/100 г, что удовлетворяет 45,72-57,15 % суточной потребности (20–25 г/сутки [6]), следовательно, продукт соответствует определению функционального пищевого продукта [7].

4. Проведён анализ пищевой и энергетической ценности. Расчётным методом подтверждено, что разработанный морс (образец №3) имеет повышенное

содержание белка (0,21 г против 0,11 г в контроле), одинаковое с контролем содержание жира (0,07 г), пониженное содержание углеводов (2,36 г против 13,09 в контроле), повышенное содержание пищевых волокон (11,43 г против 0,49 г).

Экспериментальный образец морса №3 может быть рекомендован в качестве функционального продукта для систематического употребления здоровым населением всех возрастов и для улучшения работы их пищеварительной системы. Разработанная технология позволяет расширить ассортимент изделий профилактической направленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 56543-2015 Напитки функциональные. Общие технические условия.

2. Научное обоснование составов и свойств функциональных напитков / А. А. Кочеткова, В. М. Воробьева, Е. А. Смирнова, И. С. Воробьева // Пиво и напитки. – 2011. – № 6. – С. 18-21. – EDN ONHASR.

3. Ипатова, Л. Г. Новые направления в создании функциональных пищевых продуктов / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев // Пищевая промышленность. — 2007. — № 1. — С. 12–14.

4. Кочеткова, А. А. Программа развития функциональных пищевых продуктов в России / А. А. Кочеткова // VII научно-практическая конференция «Технологии и продукты здорового питания»: сб. научных трудов. — М., 2009. — С. 23–25.

5. МР 2.3.1.0253-21 Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации.

6. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. — М. :Стандартинформ, 2006.

7. Подгорнова, Н. М. Применение моносахарида аллюлозы в инновационных пищевых технологиях / Н. М. Подгорнова, С. М. Петров // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: сборник докладов V Международной научно-практической конференции (Курск, 21–23 июня 2023 года). — Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2023. — С. 493–496.

8. О.А. Луговская, В.М. Сидор, А.Ю. Колеснов/ Исследование стабильности инулина и олигофруктозы в напитках// Инновационные продукты, 2012, №4. – С.66-68.

9. *Зюкин, Д.А.* Особенности функционирования регионального рынка продовольственных товаров / Д.А. Зюкин, Е.В. Репринцева // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 7 (134). С. 103–113. ISSN 2227–9407.

10. *Скрипкина, Е.В.* Финансовое положение и пути развития предприятий молочной промышленности России / Е.В. Скрипкина [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2024. – № 4 (155). С. 111–123. ISSN 2227–9407.

REFERENCES

1. GOST R 56543-2015 Functional drinks. General technical conditions.

2. Scientific substantiation of the compositions and properties of functional drinks / A. A. Kochetkova, V. M. Vorobyeva, E. A. Smirnova, I. S. Vorobyeva // Beer and drinks. – 2011. – No. 6. – Pp. 18-21. – EDN ONHASR.

3. Ipatova, L. G. New Directions in the Creation of Functional Food Products / L. G. Ipatova, A. A. Kochetkova, and A. P. Nechaev // Food Industry. — 2007. — No. 1. — Pp. 12–14.

4. Kochetkova, A. A. The Development Program of Functional Food Products in Russia / A. A. Kochetkova // VII Scientific and Practical Conference "Technologies and Products of Healthy Nutrition": Collection of Scientific Papers. — Moscow, 2009. — Pp. 23–25.

5. MR 2.3.1.0253-21 Nutrition Hygiene. Rational Nutrition. Standards of physiological requirements for energy and nutrients for various population groups in the Russian Federation. Methodological recommendations.

6. GOST R 52349-2005 Food products. Functional food products. Terms and definitions. Moscow: Standartinform, 2006.

7. Podgornova, N. M. Application of the monosaccharide allulose in innovative food technologies / N. M. Podgornova, S. M. Petrov // Problems and prospects of scientific and innovative support for the agro-industrial complex of the regions: collection of reports of the V International Scientific and Practical Conference (Kursk, June 21–23, 2023). — Kursk: Kursk Federal Agrarian Research Center, 2023. — Pp. 493–496.

8. O.A. Lugovskaya, V.M. Sidor, and A.Yu. Kolesnov/ Study of the Stability of Inulin and Oligofructose in Beverages// Innovative Products, 2012, No. 4. — Pp. 66-68.

9. Zyukin, D.A. Features of the Functioning of the Regional Food Market / D.A. Zyukin and E.V. Reprintseva // Vestnik NGIEI. 2022. No. 7 (134). Pp. 103–113. ISSN 2227–9407.

10. Skripkina, E.V. Financial Situation and Development Paths of Russian Dairy Industry Enterprises / E.V. Skripkina [et al.] // Vestnik NGIEI. – 2024. – No. 4 (155). – Pp. 111–123. ISSN 2227–9407.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.6 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-46-52

Применение мисо-пасты в производстве шоколада: анализ сенсорных свойств

The use of miso paste in chocolate production: analysis of sensory properties

Преподаватель А.С. Рязанцева
Юго-Западный государственный университет
an.ryazantseva2016@yandex.ru

Lecturer A.S. Ryazantseva
Southwestern State University

Аннотация. В современной кондитерской промышленности отмечается устойчивая тенденция к использованию нетрадиционного сырья, направленная на расширение сенсорных характеристик и повышение функциональной ценности продукции. Одним из перспективных направлений является применение ферментированных ингредиентов, в частности мисо-пасты, в технологии шоколада и шоколадных изделий. В связи с этим была изучена возможность использования мисо-пасты в производстве шоколада. Сравнены физико-химические и сенсорные свойства белого, жёлтого, красного и мисо пониженной солёности. Установлено, что оптимальным видом для большинства шоколадных десертов является белое мисо (сиро-мисо), обладающее мягким орехово-сладким вкусом без резких ферментационных нот. Показано, что мисо выполняет в рецептуре три функции: усилитель вкуса (умами, баланс сладкого и солёного), структурообразователь (повышение пластичности, удержание влаги) и источник биоактивных соединений, обеспечивающих антиоксидантный синергизм с флаванолами какао. Рекомендованные технологические параметры: введение мисо-пасты на финальных стадиях при 40–45 °С в жировую фазу. Проведён сенсорный анализ тёмного шоколада с добавлением белого мисо (2, 5 и 8%). Лучшие дегустационные оценки получены при дозировке 2% (24,4 балла из 25) и 5% (23,6 балла). Увеличение дозировки до 8% приводит к избыточной солёности и появлению ферментационного привкуса, снижая общую оценку до 22,6 балла. Проведенное исследование показало, что мисо-паста является перспективным ингредиентом для производства шоколада и шоколадных изделий.

Abstract. In the modern confectionery industry, there is a steady trend towards the use of non-traditional raw materials, aimed at expanding sensory characteristics and increasing the functional value of products. One of the promising directions is the use of fermented ingredients, in particular miso paste, in the technology of chocolate and chocolate products. In this regard, the possibility of using miso paste in chocolate production was studied. The physicochemical and sensory properties of white, yellow, red, and low-salinity miso were compared. It has been established that the optimal type for most chocolate desserts is white miso (shiro-miso), which has a mild nutty-sweet taste without harsh fermentation notes. It has been shown that miso performs three functions in the formulation: a flavor enhancer (umami, a balance of sweet and salty), a structurizer (increased plasticity, moisture retention) and a source of bioactive compounds that provide antioxidant synergy with cocoa flavanols. Recommended technological parameters: the introduction of miso paste in the final stages at 40-45 ° C in the fat phase. The sensory analysis of dark chocolate with the addition of white miso (2, 5 and 8%) was carried out. The best tasting ratings were obtained at dosages of 2% (24.4 points out of 25) and 5% (23.6 points). Increasing the dosage to 8% leads to excessive salinity and the appearance of a fermentative taste, reducing the overall score to 22.6 points. The conducted research has shown that miso paste is a promising ingredient for the production of chocolate and chocolate products.

Ключевые слова: мисо-паста, шоколад, ферментированные продукты, сенсорный анализ, функциональное питание.

Keywords: miso paste, chocolate, fermented foods, sensory analysis, functional nutrition.

© А.С. Рязанцева, 2026

Шоколад пользуется популярностью среди потребителей различных возрастных категорий. Анализ структуры питания выявил, что кондитерские изделия входят в ежедневный рацион большинства населения, при этом доля шоколадной продукции в общем объеме потребляемых кондитерских изделий превышает 30%. В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению спроса на использование нетрадиционного сырья, что способствует расширению ассортимента, повышению пищевой ценности и формированию новых сенсорных характеристик продукции. Наиболее перспективными являются ферментированные продукты, характеризующиеся выраженными вкусоароматическими свойствами и высоким содержанием биологически активных соединений. К таким продуктам относится мисо-паста – традиционный ферментированный продукт японской кухни, получаемый путем ферментации соевых бобов с добавлением зерновых культур и соли. В ходе ферментационного процесса происходит образование аминокислот, органических кислот, пептидов и ароматических соединений, которые обуславливают характерный вкус умами и выраженную антиоксидантную активность мисо-пасты. Мисо-паста представляет собой традиционный ферментированный японский продукт, получаемый путем ферментации соевых бобов с использованием зерновых культур и соли. Процесс приготовления начинается с отбора качественных соевых бобов. Их замачивают в воде на сутки для размягчения, затем варят до готовности и измельчают в однородную массу. Этот этап определяет текстуру будущей пасты.

Ключевую роль играют специальные плесневые грибы кодзи (Aspergillus oryzae). Эти микроорганизмы запускают процесс ферментации, разлагая белки и углеводы. Именно благодаря кодзи мисо приобретает свой характерный умами-вкус и полезные свойства. К подготовленным соевым бобам добавляют рис или ячмень, предварительно обработанные культурой кодзи, а также морскую соль в определенных пропорциях. Получившуюся пасту помещают в деревянные бочки или керамические емкости, где она медленно созревает от нескольких месяцев до трех лет. Чем дольше идет ферментация, тем насыщеннее становится вкус готового продукта [1]. Умами способствует формированию более выраженного и сбалансированного вкуса шоколада, усиливая восприятие сладости и снижая избыточную приторность. Мисо-пасту можно классифицировать по: типу ферментированного зерна, цвету и сроку выдержки. Наиболее популярной является белое мисо (сиро-мисо). Для нее характерен мягкий сладковатый вкус. Как правило, чем темнее цвет мисо-пасты, тем солонее и сильнее вкус, в результате более долгой выдержки [2]. Актуальность применения мисо-пасты в технологии шоколада обусловлена сходством биохимических процессов, протекающих при ферментации какао-бобов и производстве мисо. Сочетание компонентов какао и мисо способствует формированию сложного вкусового профиля, сочетающего сладкие, горькие, солёные и умами-ноты [3-6].

Несмотря на возрастающий интерес к использованию мисо в кондитерских изделиях, научные исследования, посвященные его применению в шоколадной технологии, крайне ограничены. В связи с этим, изучение воздействия мисо-пасты на органолептические, технологические и функциональные свойства шоколадных продуктов приобретает особую значимость. Целью является проведение комплексной оценки органолептических характеристик и биохимического состава мисо-пасты, а также анализ перспектив ее использования в производстве шоколада для создания пищевых систем с оригинальными сенсорными свойствами и функциональной направленностью. Для определения химического состава мисо-пасты были применены стандартизированные методы: массовая доля влаги определялась согласно ГОСТ ISO 750-2013, массовая доля белка – по ГОСТ 34516-2019 (метод Кьельдаля), массовая доля жира – по ГОСТ 33977-2016, массовая доля

золы – по ГОСТ 26323-2014, содержание натрия – по ГОСТ 34130-2017. Содержание аминокислот, аминокислотного азота, форм азота и концентрация органических кислот были определены в соответствии с ГОСТ 34844-2022 [5-10].

Оценка органолептических характеристик и технологической совместимости мисо с шоколадом проводилась методом сравнительного анализа существующих рецептур и технологических решений. Химический состав мисо-пасты достаточно разнообразен и содержит белки, углеводы, жиры, витамины, минеральные вещества и биологически активные соединения [11-12]. Пищевая ценность мисо-пасты на 100 г представлена в таблице 1.

Таблица 1

Пищевая ценность мисо-пасты

Нутриент	Количество
Энергетическая ценность, ккал	185
Белки, г	12,3
Жиры, г	4,8
Углеводы, г	25,4
Пищевые волокна, г	5-5,4
Зола, г	13
Вода, г	41-43

Содержание белка в мисо варьируется от 9 до 15%, в некоторых сортах с низким содержанием соли и высоким содержанием белка достигает 17,6% при влажности 53% и содержании хлорида натрия 6,3%. В процентном соотношении от суточной потребности 100 г мисо-пасты покрывают более 16% суточной потребности, пищевые волокна – 27%. Исходя из этих данных можно сделать вывод, что мисо является источником белка и может использоваться как функциональная добавка в качестве белкового компонента. Мисо-паста содержит все незаменимые аминокислоты, что делает ее полноценным источником белка. Глутаминовая кислота отвечает за характерный вкус умами, ее содержание составляет 1,92 г на 100 г.

Витаминно-минеральный состав мисо-пасты представлен в таблице 2.

Таблица 2

Витаминно-минеральный состав мисо-пасты

Нутриент	% от нормы в 100 г
Витамины	
B2	12,9
B4	14,4
B6	10
B9	4,8
B12	2,7
K	24,4
Минералы	
Марганец	43
Медь	42
Цинк	32
Фосфор	29
Магний	16
Железо	16
Калий	8,4
Кальций	5,7
Селен	12,7
Натрий	286,8

Содержание нутриентов в мисо-пасте было пересчитано в процентном соотношении от суточной потребности.

100 г мисо-пасты позволяет удовлетворить суточную потребность в таких витаминах и минералах, как: витамины: В2 – 12,9%, В4 – 14,4%, К – 24,4%, макроэлементы: 286,8%, марганец – 43%, фосфор – 29%.

Мисо обогащено биологически активными веществами, такими как изофлавоны и фенольные кислоты, которые известны своими антиоксидантными свойствами. Кроме того, этот продукт является ценным источником витаминов группы В, Е, К, фолиевой кислоты и других антиоксидантов [13].

В процессе ферментации под воздействием протеолитических ферментов, белки сои расщепляются до свободных аминокислот. Среди них выделяется глутаминовая кислота, которая является ключевым элементом, придающим мисо характерный вкус умами. Антиоксидантные свойства мисо также связаны с присутствием меланоидинов – сложных соединений, формирующихся в результате реакции Майяра. Важно отметить, что темные сорта мисо обладают более выраженной антиоксидантной активностью по сравнению со светлыми.

Мисо-паста отличается природной микробиологической устойчивостью. Это достигается благодаря высокой концентрации соли (от 5% до 12%) и процессу ферментации. Эти факторы обеспечивают длительный срок хранения продукта при соблюдении определенных условий: хранение в холодильнике и использование чистой посуды для извлечения пасты.

Согласно исследованиям, взаимодействие мисо и какао происходит по трем основным направлениям: аминокислоты мисо взаимодействуют с фенолами какао, создавая сбалансированный вкус, карамелизация мисо хорошо сочетается с ароматом какао, соленость мисо-пасты и горечь какао взаимно балансируются.

В таблице 3 обобщены ключевые сенсорные эффекты, обусловленные введением мисо-пасты в шоколадные изделия.

Таблица 3

Сенсорные эффекты мисо-пасты в шоколадных изделиях

Сенсорный эффект	Описание	Влияние на продукт
Усиление глубины вкуса (умами)	Умами взаимодействует со сладостью шоколада, делая ее более многогранной без излишней приторности. Мисо усиливает восприятие сладости.	Позволяет снизить содержание сахара без потери сладкого вкуса.
Баланс сладкого и солёного	Соленость мисо компенсирует сладость и смягчает горечь темного шоколада, создавая гармоничный вкусовой баланс. Эффект аналогичен действию щепотки морской соли, но с более сложной вкусовой палитрой.	Обеспечивает сложный, глубокий и сбалансированный вкус, особенно в темных сортах шоколада.
Влияние на текстуру	В печеньях способствует сохранению нежности и жевательности за счёт удержания влаги. В ганашах и муссах придаёт более гладкую и кремовую консистенцию.	Улучшает текстурные характеристики продукта, повышая его потребительскую привлекательность.

Свойства мисо-пасты, используемой в шоколадных изделиях, напрямую определяют их вкусовые качества. Белое мисо (сиро-мисо) с его мягким, слегка сладким вкусом идеально подходит для большинства шоколадных десертов, особенно для молочного и темного шоколада с содержанием какао до 60%. Красное мисо, обладающее более сильным солено-умами профилем, лучше сочетается с шоколадом от 70% какао, где его интенсивность дополняет, а не доминирует.

Для промышленного применения мисо-пасты в производстве шоколада необходимо учитывать такие аспекты, как способ введения, оптимальная дозировка, совместимость с другими ингредиентами и влияние на срок годности продукта.

Наиболее эффективным методом является введение мисо-пасты в жировую фазу (какао-масло) при температуре 40–45 °С с последующей гомогенизацией. Этот подход обеспечивает равномерное распределение пасты и предотвращает расслоение продукта. Для шоколадных батончиков и печенья рекомендуется предварительно смешивать мисо-пасту с мягким маслом до однородной консистенции, затем вводить в тесто. В технологии bean-to-bar шоколада целесообразно использовать обезвоженный мисо-порошок, добавляемый в меланжер на этапе измельчения какао-бобов с сахаром.

Высокая концентрация хлорида натрия в мисо обеспечивает его консервирующие свойства, что положительно сказывается на микробиологической устойчивости шоколадных продуктов. Однако, вследствие гигроскопичности мисо-пасты, существует вероятность трансфера влаги в шоколадную матрицу, что может привести к нежелательным изменениям текстуры и сокращению срока годности. Применение дегидратированного мисо полностью нивелирует данный риск.

С биохимической точки зрения, синергия мисо-пасты и шоколада обусловлена присутствием глутамата в какао-бобах, являющегося ключевым медиатором вкусового восприятия умами. Следовательно, шоколад обладает имманентной предрасположенностью к умами-вкусу, а добавление мисо способствует его интенсификации.

Для объективной оценки влияния мисо-пасты на органолептические характеристики шоколада была проведена дегустационная оценка образцов темного шоколада с добавлением мисо-пасты (белое) в дозировках 0% (контроль), 2%, 5% и 8% от массы готового продукта. Органолептическая оценка проводилась методом экспертной дегустации с использованием пятибалльной шкалы. Оценивались внешний вид, цвет, консистенцию, аромат и вкус исследуемых образцов. В состав дегустационной комиссии входили пять экспертов, имеющих опыт сенсорной оценки кондитерских изделий.

В таблице 4 представлены средние баллы образцов шоколада.

Таблица 4

Органолептическая оценка темного шоколада с добавлением мисо-пасты

Дозировка, %	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Аромат	Вкус	Общая оценка
0	5	5	5	5	5	25
2	5	5	4,8	4,8	4,8	24,4
5	4,8	4,8	4,8	4,6	4,6	23,6
8	4,6	4,6	4,8	4,4	4,2	22,6

Наиболее высокие органолептические показатели были у образца с добавлением 2% белого мисо.

Таким образом, целесообразно вводить добавку в дозировке 2-5% для улучшения вкусовых характеристик темного шоколада без потери его органолептических качеств. Результаты исследования подтверждают перспективность применения мисо-пасты в технологии шоколада и шоколадных изделий как ингредиента, способствующего формированию оригинального сенсорного профиля и повышению функциональной ценности продукта.

Наиболее предпочтительным видом мисо-пасты для шоколадных изделий является белое мисо (сиро-мисо), обладающее мягким вкусом и высокой сенсорной совместимостью с какао-продуктами. Оптимальная дозировка мисо-пасты составляет 2–5 % от массы готового продукта.

Выявлены ключевые сенсорные эффекты от добавления мисо в шоколадные изделия: усиление глубины вкуса за счёт умами, балансировка сладкого и солёного, улучшение текстурных характеристик. Определены оптимальные технологические параметры: дозировка 2-5 % от массы шоколада, введение в жировую фазу при 40-45 °С, возможность использования обезвоженного мисо для повышения стабильности.

Сенсорный анализ показал целесообразность вводимой добавки в дозировке 2 и 5%, при увеличении нарушаются органолептические показатели шоколада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Л.В. Японская гастрономическая культура и ее традиции // Японский язык в вузе: актуальные проблемы преподавания : материалы Второго международного форума. – М.: Языки народов мира, 2025. – С. 190–198. – EDN FAUOZV.

2. Молчанова Е.Н., Сон Ю.Е., Ильясов И.М. Классификация ферментированных продуктов // Прогрессивные технологии в индустрии питания. Биосистемы. Здоровьесбережение : сб. науч. тр. конф. молодых ученых. – М.: Русайнс, 2024. – С. 231–234. – EDN VNUVXZ.

3. Блягоз А.И., Хачатрян А.А. Характеристика химического состава и функциональных свойств какао-бобов // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов : материалы XI всероссийской науч.-практ. конф. – Махачкала: ДГТУ, 2021. – С. 176–179. – EDN EQQPGT.

4. Allwood J.G., Wakeling L.T., Bean D.C. Fermentation and food safety // International Journal of Food Microbiology. – 2021. – Vol. 339. – Article number 109023. – DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109023.

5. ГОСТ ISO 750-2013. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения титруемой кислотности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.

6. ГОСТ 26323-2014. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения массовой доли золы. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.

7. ГОСТ 33977-2016. Масла растительные и жиры животные. Метод определения массовой доли фосфорсодержащих веществ. – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.

8. ГОСТ 34130-2017. Продукты пищевые. Метод определения массовой доли натрия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 16 с.

9. ГОСТ 34516-2019. Продукция пищевая. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля. – М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.

10. ГОСТ 34844-2022. Молоко и молочная продукция. Метод определения аминокислотного состава. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 24 с.

11. Ito A., Kobayashi M., Seno K., Okamoto T. Comprehensive evaluation of the antioxidant activity of miso by the myoglobin method // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 316. – Art. 126326. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126326.

12. Tamura T., Wang S., Chen J.Y., et al. Effect of the chemical composition of miso upon the sensory evaluation // Analytical Letters. – 2019. – Vol. 52, No. 11. – P. 1813–1827. – DOI: 10.1080/00032719.2019.1590373.

13. Harahap I.A., Suliburska J., Karaca A.C., et al. Fermented soy products: A review of bioactives for health from fermentation to functionality // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2025. – Vol. 24, No. 1. – e70080. – DOI: 10.1111/1541-4337.70080.

REFERENCES

1. Nikitina L.V. Japanese gastronomic culture and its traditions // Japanese language in higher education: actual problems of teaching : materials of the Second International Forum. Moscow: Languages of the Peoples of the World, 2025. pp. 190-198. - EDN FAUOZV.

2. Molchanova E.N., Son Yu.E., Ilyasov I.M. Classification of fermented foods // Progressive technologies in the food industry. Biosystems. Health care : collection of scientific papers of the Conference of Young Scientists. Moscow: Rusains, 2024. pp. 231-234. – EDN VNUVHS.

3. Blyagoz A.I., Khachatryan A.A. Characteristics of the composition and functional properties of chemical cocoa beans // Improving the quality and safety of food products : materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference – Makhachkala: DSTU, 2021. – pp. 176-179. – EDN EQQPGT.

4. Allwood J.G., Wakeling L.T., Bean D.S. Fermentation and food safety // International Journal of Food Microbiology. – 2021. – Volume 339. – Article number 109023. – DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109023.

5. GOST ISO 750-2013. Processed fruits and vegetables. A method for determining titrated acidity. Moscow: Standartinform, 2019. 12 p.

6. GOST 26323-2014. Processed fruits and vegetables. Method for determining the mass fraction of ash. – M.: Standartinform, 2019. – 12 p.

7. GOST 33977-2016. Vegetable oils and animal fats. A method for determining the mass fraction of phosphorus–containing substances. Moscow: Standartinform, 2016. 15 p.

8. GOST 34130-2017. Food products. Method for determining the mass fraction of sodium. – M.: Standartinform, 2018. – 16 p.

9. GOST 34516-2019. Food products. Determination of the mass fraction of protein by the Kjeldahl method. Moscow: Standartinform, 2019. 20 p.

10. GOST 34844-2022. Milk and dairy products. A method for determining amino acid composition. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. 24 p.

11. Ito A., Kobayashi M., Seno K., Okamoto T. Comprehensive assessment of the antioxidant activity of miso by the method of determining myoglobin // Food chemistry. – 2020. – Volume 316. – Art. 126326. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126326.

12. Tamura T., Wang S., Chen J.Yu. and others. The effect of the chemical composition of miso on sensory assessment // Analytical letters. – 2019. – Volume 52, No. 11. – pp. 1813-1827. – DOI: 10.1080/00032719.2019.1590373.

13. Kharakhap I.A., Suliburska J., Karacha A.S. et al. Fermented soy products: a review of bioactive substances for health from fermentation to functionality // Comprehensive reviews in the field of food science and food safety. – 2025. – Volume 24, No. 1. – e70080. – DOI: 10.1111/1541-43

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 664.2 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-53-60

Технология производства картофелепродукта пористого

Technology of production of porous potato products

Ведущий научный сотрудник В.В. Литвяк (ORCID 0000-0002-1456-9586)
Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», ,
besserk1974@mail.ru

Доцент Р.Х. Кандроков (ORCID 0000-0003-2003-2918), доцент М.С. Воронина (ORCID 0000-0002-1537-6751), доцент Д.Ф. Игнатова (ORCID 0000-0002-1478-039X)
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
nart132007@mail.ru

Leading Researcher V.V. Litvyak (ORCID 0000-0002-1456-9586)
All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Potatoes named after A.G. Lorch”,
besserk1974@mail.ru

Associate Professor R.Kh. Kandrokov (ORCID 0000-0003-2003-2918), Associate Professor M.S. Voronina (ORCID 0000-0002-1537-6751), Associate Professor D.F. Ignatova (ORCID 0000-0002-1478-039X)
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
nart132007@mail.ru

Аннотация. Картофель и продукты его переработки, наряду с продуктами переработка зерновых культур, являются одним из основных продуктов питания для большинства населения Российской Федерации. По разным оценкам количество переработанного картофеля в нашей стране крайне низкое – около 10–15 %, для сравнения в США это количество составляет более 60%, при этом ассортимент продуктов питания из картофеля превышает более 110 наименований. Разработана современная технология получения картофелепродукта пористого, включающая подготовку сырья (подготовку сухих компонентов, подготовку масла, подготовку сиропов, подготовку сахара крахмального жидкого), дозирование, смешивание и формование (экструдирование), внесение добавок, упаковку, маркировку, транспортирование хранение или реализацию. Технология производства картофелепродукта пористого может успешно внедряться на российских предприятиях картофелеперерабатывающей отрасли.

Abstract. Potatoes and their derivatives, along with processed grains, are a staple food for the majority of the Russian population. According to various estimates, the percentage of processed potatoes in our country is extremely low – approximately 10–15%; by comparison, in the United States, this percentage is over 60%, while the range of potato-based food products exceeds 110 items. A modern technology for the production of porous potato products has been developed, including the preparation of raw materials (preparation of dry components, preparation of oil, preparation of syrups, preparation of liquid starch sugar), dosing, mixing and molding (extrusion), additives, packaging, labeling, transportation, storage or sale. The technology of production of porous potato products can be successfully implemented at Russian enterprises of the potato processing industry.

Ключевые слова: картофелепродукт пористый, дозирование, смешивание и формование, экструдирование, внесение добавок

Keywords: porous potato product, dosing, mixing and molding, extrusion, adding additives

© В.В. Литвяк, Р.Х. Кандроков, доцент М.С. Воронина, доцент Д.Ф. Игнатова 2026

Картофель и продукты его переработки, наряду с продуктами переработка зерновых культур, являются одним из основных продуктов питания для большинства населения Российской Федерации. По разным оценкам количество переработанного картофеля в нашей стране крайне низкое – около 10-15%, для сравнения в США это количество составляет более 60 %, при этом ассортимент продуктов питания из картофеля превышает более 110 наименований [1].

Несмотря на большую популярность продуктов из картофеля [2-5], а также хорошую изученность процесса пищевой экструзии и большое количество научных публикаций, посвященных данной проблеме [6-11], практически отсутствуют научные работы по технологии получения картофелепродукта пористого [1]. Таким образом, актуальными являются исследования, посвященные разработкам технологий промышленной переработки картофеля с получением различного ассортимента готовых к употреблению продуктов питания из картофеля.

Цель – разработка современной промышленной технологии получения картофелепродукта пористого.

Особенности современной технологии получения картофелепродукта пористого. Общая характеристика продукта.

Картофелепродукты пористые представляют собой формованные изделия округлой, овальной или другой формы, изготавливается на основе сухого картофельного пюре, муки зерновых культур, крахмала, пищевых и вкусовых добавок, обогащенных растительным маслом и предназначенные для употребления в качестве готового сухого завтрака или закуски к различным напиткам (молоку, сокам, пиву и т.д.) без дополнительной кулинарной обработки.

Картофелепродукт пористый вырабатывают следующих наименований:

- картофелепродукт пористый «Лакомка» с лимонной кислотой и сахаром;
- картофелепродукт пористый с ванилином и сахаром;
- картофелепродукт пористый с корицей и сахаром;
- картофелепродукт пористый с какао-порошком и сахаром;
- картофелепродукт пористый с тартазином;
- картофелепродукт пористый со свекловичным сиропом;
- картофелепродукт пористый с пищевыми, вкусо-ароматическими добавками и красителями.

На рисунке 1 в качестве примера представлен внешний вид картофелепродукт пористый «Лакомка» со вкусом вишни.

Для изготовления картофелепродукта пористого «Лакомка» применяют следующее сырье: пюре картофельное сухое по действующим техническим нормативным правовым актам (ТНПА); крахмал картофельный по ГОСТ Р 53876-2010; крахмал кукурузный по ГОСТ 32159-2013; мука пшеничная по ГОСТ 26574-2017; сахар белый по ГОСТ 33222-2015; ванилин по ГОСТ 16599-71; корица по ГОСТ ISO 6539-2016; какао-порошок по ГОСТ 108-2014; сиропы сахарный, свекольный, морковный по ГОСТ 28499-2014; сахар жидкий по ГОСТ 31896-2012; патока крахмальная по ГОСТ 33917-2016; краситель пищевой тартразин по ГОСТ Р 55579-2013; кислота лимонная пищевая по ГОСТ 908-2004; масло подсолнечное ГОСТ 1129-2025; масло хлопковое рафинированное по ГОСТ 1128-75; масло кукурузное по ГОСТ 8808-2000; масло соевое рафинированное (отбеленное, дезодорированное) по ГОСТ 31760-2012; соль поваренная пищевая йодированная по ГОСТ Р 51575-2000, не ниже первого сорта помолов №0 и №1; вода питьевая по ГОСТ 32220-2013.

Рис. 1. Картофелепродукт пористый «Лакомка» со вкусом вишни

Картофелепродукт пористый «Лакомка» производят из следующих различных полуфабрикатов: механической смеси крахмала кукурузного, крахмала картофельного, муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, пюре картофельного сухого (картофель свежий, стабилизатор: моноглицериды дистиллированные), соли поваренной пищевой йодированной, пудры сахарной, масла растительного, кислоты лимонной пищевой, пищевых ароматизаторов идентичных натуральному, в т.ч. «Яблоко», «Апельсин», «Малина», «Вишня» или другой.

Комплекс производства картофелепродукта пористого представлен на рисунке 2, технологическая схема производства картофелепродукта пористого – на рисунке 3, а основное технологическое оборудование – на рисунке 4.

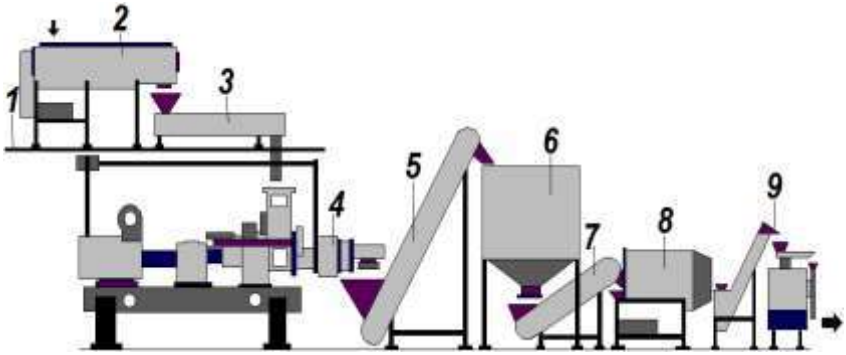


Рис. 2. Комплекс производства картофелепродукта пористого

1 – площадка обслуживания; 2 – смеситель; 3 – конвейер винтовой; 4 – установка экструзионная; 5 – конвейер наклонный; 6 – бункер; 7 – конвейер; 8 – машина дражировочная; 9 – упаковочная машина

Подготовка сырья. Подготовку сырья производят в отдельном помещении. На первом этапе необходима подготовка сухих компонентов. Для этого сухое картофельное пюре в виде хлопьев измельчают на молотковой или других видах дробилок до частиц размером 0,6–1,0 мм и просеивают через сита с размером отверстий 0,8–1,2 мм для разделения измельченных и неизмельченных частиц картофельных хлопьев. Затем соль поваренную и сахар белый просеивают через сита с размером отверстий диаметром 2,0–2,5 мм. При необходимости сахар-песок измельчают в сахарную пудру. Сахарную пудру, какао-порошок, корицу молотую, ванилин, тартразин, лимонную кислоту, предварительно размолотую в порошок, вкусо-ароматические добавки просеивают через полиамидные сита с номинальным размером отверстий ячеек в 0,25 мм. Крахмал картофельный или кукурузный просеивают через сита с размером отверстий 1,2–1,6 мм. После просеивания все сухие компоненты подвергают магнитной сепарации и подают на линию.

На втором этапе проводят подготовку масла. Для этого масла растительные рафинированные перед использованием прокаливают в течение 10–20 мин при температуре 160–180 °С.

На третьем этапе проводят подготовку различных видов сиропов. Для приготовления сахарного сиропа питьевую воду подогревают в варочных котлах до температуры 50–60 °С, добавляют сахар-песок и, непрерывно помешивая, доводят до кипения. При получении картофелепродукта пористого возможно использование овощных сиропов (свекольного, морковного). Для приготовления свекольного или морковного сиропов сначала готовят сахарный сироп 50 %-ной концентрации для свеклы и 60 %-ной концентрации для моркови.

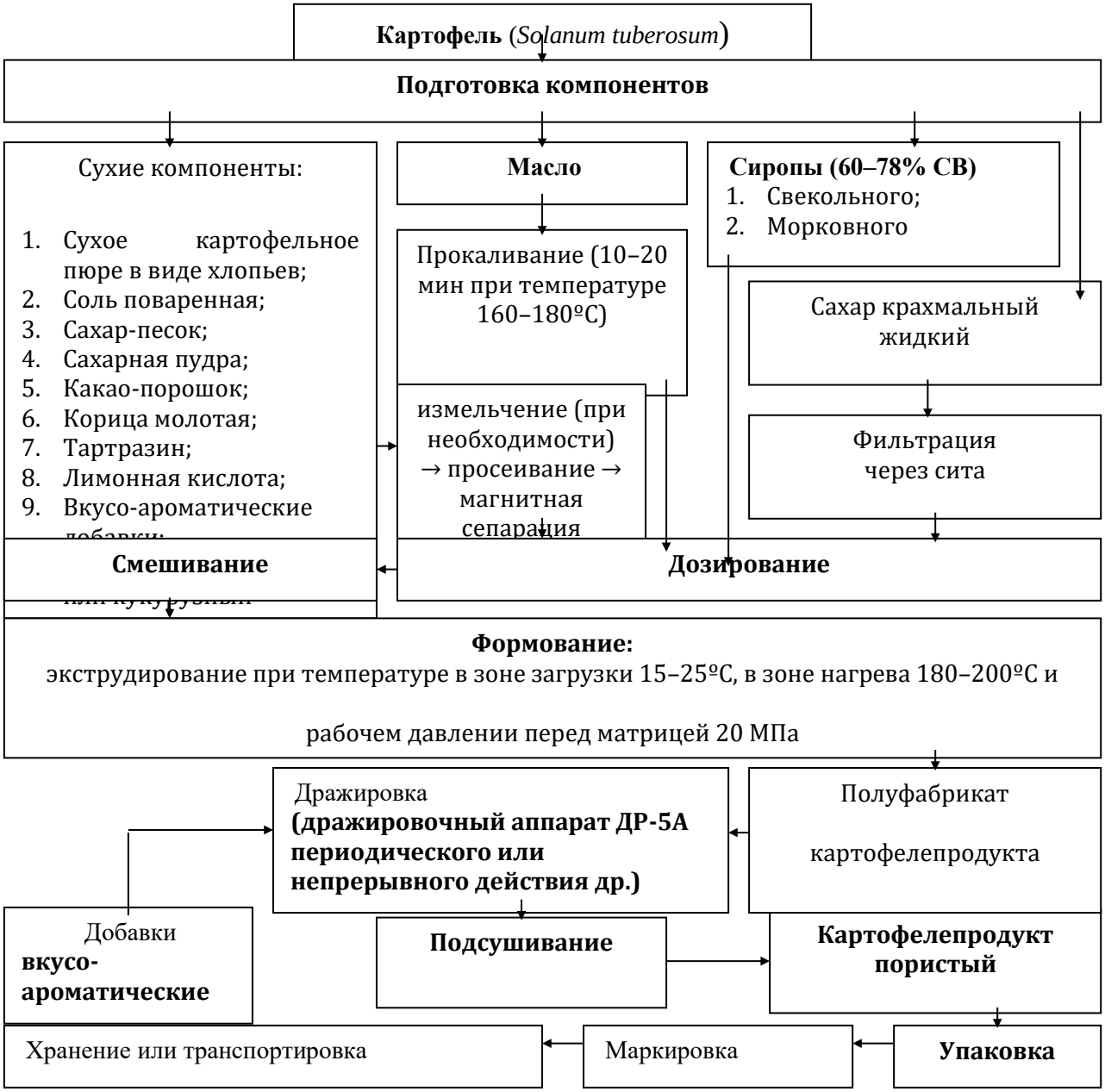
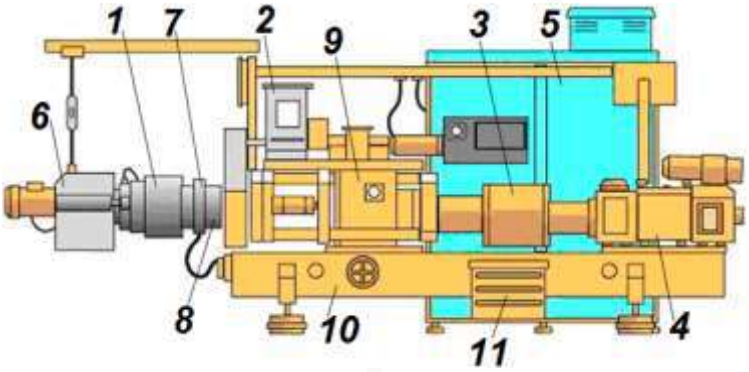


Рис. 3. Технологическая схема производства картофелепродукта пористого

Возможно добавление крахмальной патоки в количестве 5 % к массе сиропа. Концентрацию сиропа определяют по рефрактометру.

а



б

в

Рис. 4. Основное технологическое оборудование
а – внешний вид двухшнекового экструдера РЗ-КЭД-88;
б – принципиальная схема устройства двухшнекового экструдера РЗ-КЭД-88;
в – дражировочная машина
1 – индивидуальный нагнетатель, 2 – дозатор сухих компонентов, 3 – редуктор привода шнеков, 4 – электродвигатель, 5 – шкаф управления, 6 – режущее устройство, 7 – узел экструзии, 8 – выдвижная балка, 9 – распределительная коробка, 10 – станина, 11 – бак питьевой воды

Предварительно очищенные, промытые и нарезанные столбики или соломку свеклу или нарезанную на кружочки морковь помещают в сахарный сироп и уваривают.

Уваривание свеклы производят в двутельных варочных котлах типа МЗ-2С-244б при давлении пара 0,15–0,30 МПа в 50 %-ном сахарном сиропе из расчета 1 кг свеклы 1,4 кг сиропа в течение 45 мин при периодическом перемешивании. В конце варки добавляют лимонную кислоту в количестве 0,4–0,5 % к массе сиропа.

Уваривание моркови производят в двутельных варочных котлах в 60 %-ном сахарном сиропе из расчета на 1 кг моркови 1,4 кг сиропа. Возможна добавка лимонной кислоты в количестве 0,1–0,4 % к массе сиропа. Уваривание проводят в два этапа: кипение в течение 20 мин и отстаивание в течение 30 мин при периодическом помешивании. Массовая доля сухих веществ в сиропе после уваривания овощей должна быть не менее 45%.

Уваренную в сахарном сиропе свеклу или морковь выгружают на сетчатый конвейер-стекатель, на котором происходит отделение сиропа. В отделенном сиропе определяют по рефрактометру массовую долю сухих веществ и доводят его концентрацию до нужной концентрации добавлением сахара в соответствии с расчетной таблицей 1.

Таблица 1

Расчет концентрации сахарного сиропа

Исходная концентрация сахарного сиропа $СВ_1$, % к массе	**Количество сахара белого, кг добавляемого к 1 кг сиропа концентрацией $СВ_1$ для получения сиропа с концентрацией $СВ_2$ = 60: к массе**
45	0,375
46	0,350
47	0,325
48	0,300
49	0,275
50	0,250
51	0,225
52	0,200
53	0,175
54	0,150
55	0,125
56	0,100
57	0,075
58	0,050
59	0,025

Примечание: СВ – сухие вещества

Сиропы уваривают до концентрации сухих веществ в количестве 60–78 %.

На четвертом этапе проводят подготовку сахара жидкого. Сахар жидкий используют в готовом виде с концентрацией сухих веществ в количестве 60–78 %. Жидкий сахар перед употреблением фильтруют через сита с размером отверстий диаметром 3,0 мм.

На пятом этапе проводят дозирование, смешивание и формование (экструдирование). Подготовленные компоненты загружают в дозатор двухшнековой экструзионной установки РЗ-КЭД-88 или ВЭД-88 или др. аналогичного типа, где происходит их перемешивание и одновременно передвижение в узел экструзии. Процесс осуществляют непрерывно. Температуру в зоне загрузки поддерживают в пределах 15–25 °С, в зоне нагрева – 180–200 °С, рабочее давление в узле экструзии перед матрицей – до 20 МПа.

Равномерность подачи компонентов необходимо контролировать постоянно. Длина сформированного продукта (полуфабриката) и готового картофелепродукта пористого составляет 5–20 мм и определяется числом оборотов режущего ножа, который устанавливают на заданную длину.

На шестом этапе технологии получения картофелепродукта пористого проводят внесение различных вкусовых добавок. Готовый картофелепродукт пористый получают в дражеровочных аппаратах ДР-5А периодического или непрерывного действия методом обкатки.

При использовании сиропов первоначально в дражеровочный аппарат загружают полуфабрикат картофелепродукта пористого без добавок, потом подготовленный сироп с растворенными в нем пищевыми, вкусо-ароматическими добавками или красителями (или без них) ручным распылением или из бачка с дозирующим устройством, а затем, при необходимости, остальные сухие добавки. Полученный после обкатки картофелепродукт подсушивают на ленточной сушилке или других видах сушилок до массовой доли сухих веществ не менее 92 %.

При получении картофелепродукта пористого без сиропов в дражеровочный аппарат загружают полуфабрикат, затем ручным распылением или из бачка с дозирующим устройством подают предварительно подготовленное растительное масло, а затем пищевые, вкусо-ароматические добавки или красители. Все операции осуществляют при непрерывном перемешивании. Продолжительность перемешивания зависит от гранулометрического состава исходных компонентов и составляет 5–15 мин. Цвет готового продукта зависит от количества и способа внесения вкусовых и пищевых добавок.

На заключительном этапе технологии готовый пористый картофелепродукт упаковывают, маркируют и при необходимости транспортируют или/и хранят в складах готовой продукции.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- по результатам проведенных исследований разработана современная промышленная технология производства картофелепродукта пористого, которая включает следующие последовательно осуществляемые технологические операции с использованием современного отечественного серийно выпускаемого оборудования: подготовку исходного сырья и компонентов (подготовку сухих компонентов, подготовку масла, подготовку сиропов, подготовку сахара крахмального жидкого), дозирование, смешивание и формование (экструдирование), внесение добавок, упаковку, маркировку, транспортирование хранение или реализацию;

- разработанную современную технологию производства картофелепродукта пористого можно успешно внедрить на российских и зарубежных предприятиях картофелеперерабатывающей отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ловкис З.В., Литвяк В.В., Петюшев Н.Н., Почицкая И.М.Картофель и картофелепродукты: наука и технология // РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Минск: Беларуская навука. 2008 г. 537 с.

2. Карпов В.Г. Разработка новых видов крахмалопродуктов экструзионным способом: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.05 // Карпов Владимир Георгиевич. М. 2000. 48 с.

3. Offiah V., Kontogiorgos V., Falade O.K. Extrusion Processing of Raw Food Materials and by-products: A Review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. Vol. 59(18). P. 1–60. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007

4. Воронин П.К. Практические перспективы термопластической экструзии крахмалосодержащего зернового сырья в формировании качества продовольственных товаров // Инновационная техника и технология. - 2015. - № 3(4). - С. 5–12.

5. Флоров Д.И. Обзор технологических параметров экструзии // Инновационная техника и технологии. - 2019. - Т. 19, № 2. - С. 10–13.

6. Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В. Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии // Известия ВУЗов. Сер. Прикладная химия и биотехнология. - 2019. - Т. 9, № 3. - С. 447–460.

7. Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В., Поливановская Д.В., Амелякина М.В. Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению // Вестник ВГУИТ. - 2018. - Т. 80, № 3. - С. 43–49.

8. Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Фролов Д.И., Воронина П.К. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения // Нива Поволжья. - 2014. - Т. 30, № 1. - С. 70–77.

9. Динков Т.К., Менков Н.Д., Душкова М.А., Тошков Н.Г. Плотность и экспансия экструдатов из картофельных хлопьев, увлажненных

диафильтрационным сывороточным концентратом // Известия высших учебных заведений. Сер. Пищевая технология. - 2010. - № 4. - С. 59–62.

10. Чаплыгина И.А., Матюшев В.В., Семенов А.В., Барановская Ю.Н., Шпирук Ю.Д. Анализ энергетической ценности экструдатов на основе зерна пшеницы и картофеля // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5. С. 90–95.

11. Степанов В.И., Иванов В.В., Шариков А.Ю., Поливановская Д.В., Семыкин Д.В. Исследование влияния гранулометрического состава экструдируемой смеси на процесс экструзии и качество многокомпонентных снэков // Техника и технология пищевых производств. - 2016. - Т. 43, № 4. - С. 129–134.

REFERENCES

1. Lovkis Z.V., Litvyak V.V., Petyushev N.N., Pochitskaya I.M. Potatoes and potato products: science and technology // *RUE "Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus"*. Minsk: Belarusian Science. 2008:537 (Russian).

2. Karpov V.G. Development of new types of starch products by the extrusion method: Abstract of a PhD thesis: 05.18.05 // Karpov Vladimir Georgievich. Moscow, 2000:48 (Russian).

3. Offiah V., Kontogiorgos V., Falade O.K. Extrusion Processing of Raw Food Materials and by-products: A Review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2018;59(18):1–60. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007.

4. Voronin P.K. Practical Prospects of Thermoplastic Extrusion of Starch-Containing Grain Raw Materials in Forming the Quality of Food Products // *Innovative Engineering and Technology*. 2015;3(4):5–12. (Russian).

5. Florov D.I. Review of Extrusion Technological Parameters // Innovative Engineering and Technology. 2019;(19(2)):10–13. (Russian).

6. Sharikov A.Yu., Stepanov V.I., Ivanov V.V. Thermoplastic Extrusion in Food Biotechnology Processes // *News of Higher Education Institutions. Series: Applied Chemistry and Biotechnology*. 2019;(9(3)):447–460. (Russian).

7. Sharikov A.Yu., Stepanov V.I., Ivanov V.V., Polivanovskaya D.V., Amelyakina M.V. Extrusion of mixtures of wheat and carrot pomace with high moisture content in the technology of ready-to-eat products // *VSUET Bulletin*. 2018;(80(3)):43–49. (Russian).

8. Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I., Voronina P.K. Modeling the process of obtaining extrudates based on a new technological solution // *Niva Povolzhya*. 2014;(30(1)):70–77. (Russian).

9. Dinkov T.K., Menkov N.D., Dushkova M.A., Toshkov N.G. Density and expansion of extrudates from potato flakes moistened with diafiltration whey concentrate // *Bulletin of higher educational institutions. Series: Food technology*. 2010;4:59–62. (Russian).

10. Chaplygina I.A., Matyushev V.V., Semenov A.V., Baranovskaya Yu.N., Shpiruk Yu.D. Analysis of the energy value of extrudates based on wheat and potato grain // *Bulletin of KrasSAU*. 2017;5:90–95. (Russian).

11. Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu., Polivanovskaya D.V., Semykin D.V. Study of the influence of the granulometric composition of the extruded mixture on the extrusion process and the quality of multicomponent snacks // *Equipment and technology of food production*. 2016;(43(4)):129–134. (Russian).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664:637.041:634.7 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-61-71

Моделирование рецептуры фруктового йогурта обогащенного функциональными нутриентами ягод жимолости и коллагеном

Designing the recipe of nectars with specified properties based on fruit and berry raw materials of the Central Black Earth region

Заведующий кафедрой О.М. Блинникова (ORCID 0000-0002-9558-4736), доцент И.М. Новикова (ORCID 0000-0002-8505-7676), профессор А.С. Ильинский
Мичуринский государственный аграрный университет,
o.blinnikova@yandex.ru

Профессор Л.Г. Елисеева
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, кафедра товарной экспертизы и таможенного дела, тел. 8(499)237-94-97
eliseeva-reu@mail.ru

Head of the Department O.M. Blinnikova, associate professor I.M. Novikova, professor A.S. Ilyinsky
Michurinsk State Agrarian University,
o.blinnikova@yandex.ru

Professor L.G.Eliseeva
Plekhanov Russian University of Economics, Department of Commodity Expertise and Customs Affairs, tel. 8499237-94-97
eliseeva-reu@mail.ru

Аннотация. Ситуация в мире, связанная с обеспечением продовольственной безопасности и потреблением продовольствия, отвечающего современным требованиям здорового питания зависит от целого ряда глобальных тенденций, связанных с возрастающими рисками экологии, ростом численности и постоянно возрастающей урбанизации населения. В этой связи проблема продовольственной безопасности и обеспечения здорового питания становится одной из наиболее актуальных задач для мирового сообщества Производство продуктов с добавленной пищевой ценностью является одним из наиболее актуальных направлений науки о питании и отражает последние тенденции развития пищевой промышленности. Основными категориями функциональных продуктов питания на потребительском рынке являются: молоко и молочные напитки; соковая продукция; хлеб и хлебобулочные изделия. В этой связи, обогащение йогуртов, одной из самой востребованной категории продуктов на рынке, является особенно актуальным. Методом пищевой комбинаторики определено оптимальное содержание фруктового наполнителя из ягод жимолости обогащенного коллагеном в рецептуре йогурта, составляющее 15 % от массы продукта. На основании полученных результатов разработана рецептура фруктового йогурта. Проведено изучение полного комплекса органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества фруктового йогурта, подтверждена его высокая пищевая ценность, высокий уровень удовлетворения суточной потребности в эссенциальных микро- и макронутриентах. Употребление одного стакана обогащенного йогурта обеспечивает организм человека антоцианами – на 288 %, флавонолами – 140 %, катехинами – на 10,5 %, рибофлавином – на 13,3 %, холином – на 8,5 %, кальцием – на 19,2 %, фосфором – на 19,8 %, калием – на 9,3 % от суточной нормы. Обеспеченность магнием, натрием и цинком покрывается на 5,6 %, 5,9 % и 2,8 % соответственно, пищевыми волокнами – на 1,5 %. Употребление 200 мл напитка покрывает суточную потребность в коллагене на 50%. Обоснованы сроки годности разработанного йогурта – 14 дней с момента окончания технологического цикла.

© О.М. Блинникова, И.М. Новикова, А.С. Ильинский, Л.Г. Елисеева, 2026

Abstract. The global situation related to ensuring food security and the consumption of food that meets modern requirements of a healthy diet depends on a number of global trends associated with increasing environmental risks, population growth and ever-increasing urbanization. In this regard, the problem of food security and ensuring a healthy diet is becoming one of the most urgent tasks for the world community. The production of products with added nutritional value is one of the most relevant areas of nutrition science and reflects the latest trends in the development of the food industry. The main categories of functional food products in the consumer market are: milk and milk drinks; juice products; bread and bakery products. In this regard, yogurt fortification, one of the most sought-after product categories on the market, is particularly relevant. The optimal content of fruit filler from honeysuckle berries enriched with collagen in the yogurt formulation, amounting to 15% of the product weight, was determined by the method of food combinatorics. Based on the results obtained, a fruit yogurt recipe has been developed. A full range of organoleptic, physico-chemical and microbiological quality indicators of fruit yogurt has been studied, its high nutritional value and a high level of satisfaction of the daily need for essential micro- and macronutrients have been confirmed. The consumption of one glass of fortified yogurt provides the human body with anthocyanins – by 288%, flavonols – by 140%, catechins – by 10.5%, riboflavin – by 13.3%, choline – by 8.5%, calcium – by 19.2%, phosphorus – by 19.8%, potassium – by 9.3% of the daily value. The availability of magnesium, sodium and zinc is covered by 5.6%, 5.9% and 2.8%, respectively, by 1.5% of dietary fiber. Drinking 200 ml of the drink covers the daily requirement for collagen by 50%. The shelf life of the developed yogurt is justified – 14 days from the end of the technological cycle.

Ключевые слова: моделирование, фруктовый наполнитель, йогурт, пищевая комбинаторика, рецептура, оценка качества, пищевая ценность, сроки хранения.

Keywords: modeling, fruit filling, yogurt, food combinatorics, formulation, quality assessment, nutritional value, shelf life.

В России для реализации задач, направленных на профилактику неинфекционных алиментарных заболеваний, развивается направление, сформулированное в программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Российской Федерации, которое определяет «необходимость создания условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества, в том числе специализированных, функциональных и обогащенных, органических пищевых продуктов» [13, 18].

Кроме того, стремление вести здоровый образ жизни формирует интерес потребителей к правильному сбалансированному питанию, повышает спрос потребителей на продукты с натуральными растительными компонентами. У современного потребителя постепенно формируется новый подход к индивидуальному рациону питанию, в котором преимущество отдается продуктам с направленным функционального питания, направленным на сохранение и укрепление здоровья, повышение иммунитета, жизненного тонуса, профилактику алиментарных заболеваний и нормализацию обмена веществ. Следовательно, перед производителями стоит конкретная задача разработки новых технологических решений и поиска новых сырьевых источников растительного происхождения.

Производство продуктов с добавленной пищевой ценностью, является одним из наиболее актуальных направлений развития пищевой промышленности [1-6, 8-12, 19]. На современном этапе развития бизнеса здорового питания основной объем реализации приходится на обогащенные функциональные продукты питания [14].

Большое значение при формировании сегмента обогащенных и функциональных продуктов питания уделяется использованию функциональных ингредиентов и биологически активных соединений природного происхождения, в т.ч. сырью растительного происхождения, позволяющих компенсировать дефицит микро- и макронутриентов в пищевом статусе населения.

Йогурт – является самым распространенным видом кисломолочного напитка, традиционно присутствующего в питании россиян. Данный продукт является одним из основных видов – в группе функциональных и обогащенных.

Соответственно разработка рецептуры фруктового йогурта с наполнителем из ягод жимолости, является актуальным направлением работы.

Целью работы явилось разработка рецептуры йогурта с заданными свойствами на основе фруктового сырья Центрально-Черноземного региона и оценка их потребительских свойств.

Объектами исследований являлись образцы йогурта, выработанные с использованием обогащенного коллагеном наполнителя из ягод жимолости по разработанной авторами рецептуре.

Органолептические показатели йогурта оценивали дегустационной комиссией по разработанной 100-балльной шкале. Физико-химические показатели, в том числе показатели пищевой ценности, показатели безопасности определяли современными стандартными общепринятыми методами анализа.

Исследования по разработке йогурта фруктового обогащенного были выполнены в ООО «Маслозавод «Дружба» с. Новоникольское Мичуринского района Тамбовской области.

Производили обогащение биойогурта «Славянский», рецептура которого приведена в таблице 1. Для обогащения использовали разработанный нами наполнитель с коллагеном на основе ягод жимолости.

Таблица 1

Рецептура биойогурта «Славянский»

Наименование сырья и компонентов	Масса, кг		
	М.д. жира, %		
	0,1	1,0	1,5
Молоко цельное, м.д. жира – 3,5 %; СОМО-8,4 %	-	276	414
Молоко обезжиренное, м.д. жира – 0,05 %; СОМО-8,5 %	975	699	561
Молоко сухое обезжиренное, м.д. жира – 1,0; СОМО-95,0 %	18	18	18
Стабилизатор, СВ – 92 %	7	7	7
Всего	1000	1000	1000
Закваска (культура DVS) (0,01-0,02) % - для всех рецептур			

Технологический процесс производства йогурта осуществлялся в следующей последовательности: приемка и подготовка сырья; приготовление нормализованной смеси; гомогенизация и охлаждение смеси; заквашивание и сквашивание; созревание и охлаждение; внесение фруктового наполнителя; фасование в потребительскую полимерную тару вместимостью 500 мл; укупоривание тары термосвариванием; маркирование тары; упаковывание в транспортную тару; охлаждение до температуры 4± 2°С; хранение до отгрузки потребителям.

Определение необходимого количества вносимого наполнителя, для получения обогащенного йогурта, проводили методом пищевой комбинаторики, являющегося научно-технический процессом создания новых видов продуктов питания, путем формирования заданных органолептических, физико-химических, энергетических и лечебных свойств, благодаря введению биологически активных добавок.

При создании рецептуры йогурта учитывали требования, предъявляемые к обогащенным продуктам. Вариантами исследования были образцы йогурта с добавлением наполнителя в количестве 5 %; 10 %; 15 % и 20 % от массы продукта.

Дегустационной комиссией по разработанной нами шкале балльной оценки был проведен анализ свежевыработанных образцов йогурта (рисунок 1).

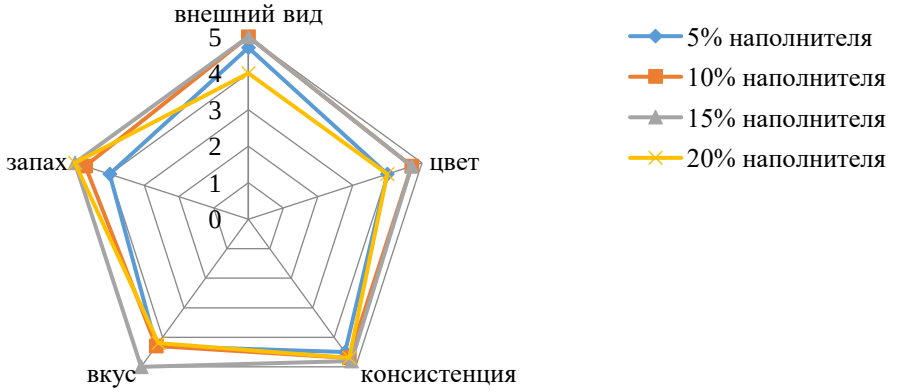


Рис. 1. Результаты органолептической оценки опытных образцов обогащенных йогуртов

Исследование четырех вариантов опытных образцов обогащенных йогуртов показало, что они имеют высокие органолептические показатели качества. Введение в рецептуры йогуртов фруктового наполнителя на основе ягод жимолости, обогащенного коллагеном, придавало готовым продуктам приятный нежный розовый цвет различной интенсивности, однородную консистенцию, нежный запах, приятный гармоничный вкус с ягодным оттенком.

В результате дегустационный оценки опытных образцов обогащенных йогуртов установлено, что лучшим оказался йогурт, содержащий 15 % наполнителя, получивший по всем показателям высший балл.

Полученные результаты явились основой для разработки рецептуры обогащенного йогурта (таблица 2).

Таблица 2

Рецептура обогащенного йогурта с массовой долей жира 1,5%

Наименование сырья и компонентов	Масса, кг
Молоко цельное, м.д. жира – 3,5 %; СОМО-8,4 %	418
Молоко обезжиренное, м.д. жира – 0,05%; СОМО-8,5 %	407
Наполнитель фруктовый, обогащенный коллагеном, СВ – 63 %	150
Молоко сухое обезжиренное, м.д. жира – 1,0; СОМО-95,0 %	18
Стабилизатор, СВ – 92 %	7
ВСЕГО	1000
Закваска (культура DVS) (0,01-0,02) %	

Свежевыработанный йогурт закладывали на хранение при температуре 4±2 °С. Органолептическую оценку, физико-химические и микробиологические показатели качества обогащенного йогурта определяли в свежевыработанных образцах и в процессе хранения для установления сроков годности, ориентировочно составляющий (по литературным данным) 7-14 суток. Коэффициент резерва для скоропортящихся молочных продуктов при сроках годности до 30 суток в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» составляет 1,3. Сроки исследования превышали продолжительность предполагаемого срока годности – 14 суток в 1,5 раза.

Результаты дегустационной оценки качества обогащенного йогурта в процессе хранения представлены на рисунке 2.

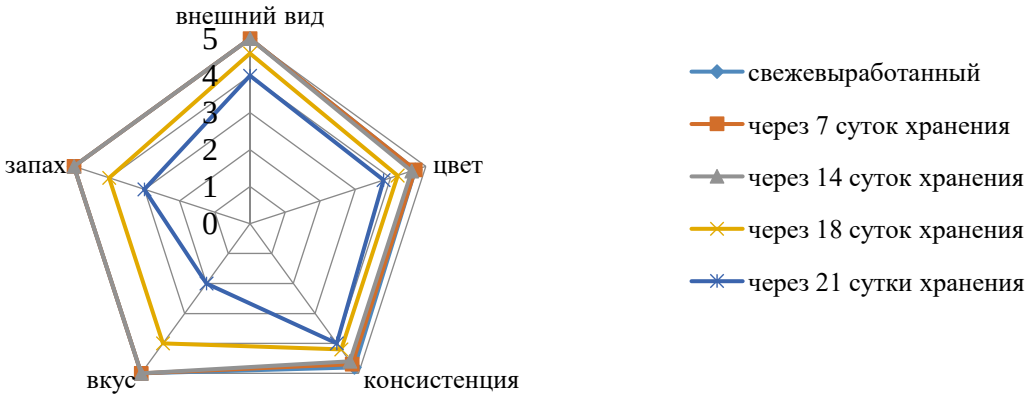


Рис. 2. Результаты органолептической оценки обогащенного йогурта в процессе хранения

Дегустационная оценка качества обогащенного йогурта в процессе хранение показала, что в разработанном напитке через 7 суток хранения незначительно снизилась оценка по показателю консистенция. Через 14 суток хранения произошло некоторое снижение суммы баллов по показателям консистенция и цвет. Несмотря на это, йогурт имел высокие органолептические свойства и относился к хорошему уровню качества. На 18 сутки хранения произошло снижение дегустационных оценок, йогурт по-прежнему относился к хорошему уровню качества. Последующее хранение вызывало значительное снижение органолептических показателей. По наиболее значимому показателю «вкус» йогурт получил неудовлетворительную оценку, в связи с чем 21 сутки были признаны недопустимым сроком хранения [11].

Значения физико-химических показателей качества и изменения при хранении приведены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-химические показатели качества обогащенного йогурта

Наименование показателя, единица измерения	Норма (по ГОСТ 39981-2013)	Значение показателя				
		Свежевыра-ботанный	через 7 суток хранения	через 14 суток хранения	через 18 суток хранения	через 21 сутки хранения
Массовая доля жира, %	0,5-10,0	1,51±0,01	1,52±0,01	1,52±0,01	1,51±0,01	1,52±0,01
Массовая доля белка, %	не менее 2,8	5,43±0,01	5,23±0,01	5,01±0,01	4,91±0,01	4,85±0,01
Массовая доля СОМО, %	не менее 8,5	9,81±0,01	9,80±0,01	9,80±0,01	9,80±0,01	9,80±0,01
Массовая доля сахарозы, %	не менее 5,0	7,46±0,02	7,25±0,02	7,14±0,02	7,02±0,02	6,87±0,02
Кислотность, °Т	от 75 до 140 вкл.	88,3±0,1	93,1±0,2	99,4±0,1	109,2±0,1	124,3±0,1
Фосфатаза	отсутствие	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует

При хранении йогурта происходило нарастание кислотности и снижение массовой доли сахарозы, связанные с протеканием молочнокислого брожения. По

результатам исследований физико-химических показателей качества обогащенного йогурта, как свежевыработанного, так и по окончании хранения, можно сделать вывод, что он полностью соответствует требованиям ГОСТ 31981-2013 [7].

Микробиологические показатели качества йогурта свежевыработанного и в процессе хранения представлены в таблице 4.

Таблица 4

Микробиологические показатели качества обогащенного йогурта

Наименование показателя		Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 033/2013	Значение показателя						
			Сутки хранения йогурта						
			0 (фон)	7	11	13	15	18	21
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г		не менее $1 \cdot 10^7$	$1{,}1 \cdot 10^9$	$1{,}8 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$2{,}3 \cdot 10^9$	$1{,}5 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$
Дрожжи, КОЕ/г		не более 50	менее 10	менее 10	менее 10	менее 10	10	12	20
Плесени, КОЕ/г		не более 50	менее 10	менее 10	менее 10	менее 10	менее 10	10	15
Не допускаются в массе продукта, г	БГКП (колиформы)	1	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.
	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	25	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.
	L. monocytogenes	25	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.
	S. aureus	1	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.
	Бактерии рода Proteus	1	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.	не выявл.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что микробиологические показатели свежевыработанного йогурта и в течение 21 суток хранения соответствуют требованиям, предъявляемыми ТР ТС 021/2011 [15] и ТР ТС 033/2013 [16]. При этом к концу хранения наблюдалось значительное увеличение молочнокислых микроорганизмов, коррелирующих с результатами дегустационной оценки.

Таким образом, рекомендуемый срок хранения обогащенного йогурта при температуре 4±2 °С не более 14 суток с момента окончания технологического цикла, обеспечивающий гарантийное сохранение качества с учетом коэффициента резерва.

Пищевая ценность обогащенного йогурта представлена в таблице 5.

Таблица 5

Пищевая ценность обогащенного йогурта

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя
Витамины и витаминоподобные соединения, г/100 г:	
– аскорбиновая кислота	1,2±0,01
– антоцианы	72,4±0,2

– флавонолы	21,1±0,1
– катехины	10,5±0,1
– рибофлавин	0,12±0,01
– холин	21,3±0,1
Макро- и микроэлементы:	
– кальций, мг/100 г	95,8±0,7
– фосфор, мг/100 г	79,3±0,4
– магний, мг/100 г	11,2±0,2
– натрий, мг/100 г	38,5±0,3
– калий, мг/100 г	116,3±2,5
– цинк, мг/100 г	0,17±0,01
Пищевые волокна, %:	
– пектины	0,05±0,01
– клетчатка	0,1±0,01

Показано, что разработанный обогащенный йогурт обладает высокой пищевой ценностью, благодаря содержанию Р-активных веществ, рибофлавина, холина, клетчатки, макро- и микроэлементов: кальция, фосфора, магния, натрия, калия, цинка. На рисунке 3 представлены данные по степени удовлетворения суточной потребности в витаминах и витаминоподобных соединениях, макро- и микроэлементах при употреблении одной порции продукта [17], т.е. 200 мл йогурта.

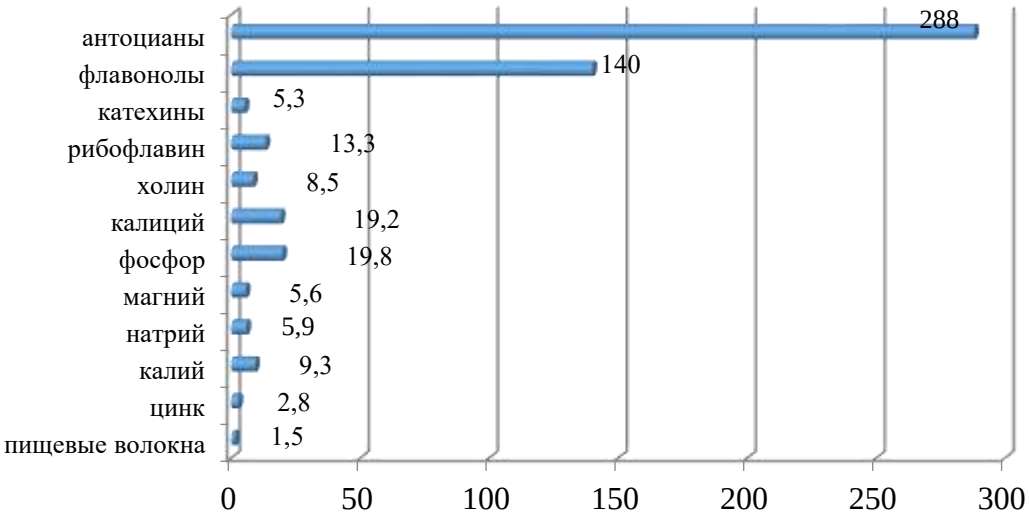


Рис. 3. Степень удовлетворения суточной потребности организма человека в функциональных ингредиентах, %

Употребление одного стакана обогащенного йогурта обеспечивает организм человека антоцианами – на 288%, флавонолами – 140 %, катехинами – на 5,3 %, рибофлавином – на 13,3 %, холином – на 8,5 %, кальцием – на 19,2 %, фосфором – на 19,8 %, калием – на 9,3 % от суточной нормы. Обеспеченность магнием, натрием и цинком покрывается на 5,6 %, 5,9 % и 2,8 % соответственно, пищевыми волокнами – на 1,5 %.

Значение молочных продуктов в питании человека велико. Известно, что их употребление покрывает суточную потребность человека в белке на 20 %, жире – на 30 % [9]. Аминокислотный состав обогащенного йогурта представлен в таблице 6.

Таблица 6

Аминокислотный состав обогащенного йогурта

Наименование показателя, единицы измерения	Значение показателя	Наименование показателя, единицы измерения	Значение показателя
Массовая доля аминокислот, %		Заменимые:	
незаменимые:		аланин	0,281±0,007
валин	0,249±0,002	аргинин	0,209±0,004
лейцин+ изолейцин	0,603±0,005	аспарагиновая кислота	0,315±0,06
лизин	0,383±0,002	гистидин	0,121±0,001
метионин	0,091±0,001	глицин	0,341±0,003
цистин	0,044±0,001	глутаминовая кислота	0,931±0,007
треонин	0,183±0,002	пролин	0,543±0,006
фенилаланин	0,187±0,003	оксипролин	0,402±0,002
тирозин	0,211±0,003	серин	0,281±0,002

Употребление 200 мл напитка покрывает суточную потребность в коллагене на 50%. Использование в рецептуре обогащенного йогурта фруктового наполнителя с коллагеном придает ему функциональные свойства. Повышается общее содержание белка в продукте, йогурт обогащается аминокислотами, в т.ч. заменимыми – пролином, оксипролином и глицином, имеющими важное значение в образовании коллагена в организме человека.

Показатели безопасности йогурта приведены в таблице 7.

Таблица 7

Показатели безопасности йогурта

Наименование показателя, единица измерения	Допустимый уровень (ТР ТС 021/2011; ТР ТС 033/2013)	Значение показателя
Массовая доля токсичных элементов, мг/кг:		
свинец	≤0,02	<0,001
мышьяк	≤0,05	<0,025
кадмий	≤0,02	<0,0001
ртуть	≤0,005	<0,00015
Массовая доля пестицидов, мг/кг:		
ГХЦГ (α,β, γ-изомеры)	≤0,02	<0,0001
ДДТ и его метаболиты	≤0,01	<0,0001
Афлатоксин M_1, мг/кг	не допускается	< 0,0005
Радионуклиды, Бк/кг:		
цезий-137	≤40	<11,0
стронций-90	≤30	<4,29

Содержание потенциально опасных веществ в обогащенных йогуртах, к которым относятся токсичные элементы, микотоксины, пестициды и радионуклиды, значительно ниже допустимого уровня, регламентированного ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 033/2013.

На основе принципа пищевой комбинаторики с учетом количественного подбора основного и вспомогательного сырья разработана и научно обоснована рецептура обогащенного йогурта с использованием фруктового наполнителя из жимолости, придающего ему функциональные свойства. Повышается общее содержание белка в продукте, йогурт обогащается аминокислотами, в т.ч.

заменимыми – пролином, оксипролином и глицином, имеющих важной значение в образовании коллагена в организме человека.

Разработанный обогащенный йогурт обладает высокой пищевой ценностью также благодаря содержанию Р-активных веществ (антоцианов 288 % от суточной нормы; флавонолов – 140 %), рибофлавина (13,3 %), холина (8,5 %), клетчатки, макро- и микроэлементов: кальция, фосфора, магния, натрия, калия, цинка. Установлен рекомендуемый срок годности обогащенного йогурта при температуре 4±2 °С – 14 суток с момента окончания технологического цикла, обеспечивающий гарантийное сохранение качества с учетом коэффициента резерва.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: учебное пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий, О.В. Зюзина, Д.В. Леонов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с.

2. Блинникова О.М. Проектирование и обеспечение сохраняемости поликомпонентных пищевых продуктов с заданными свойствами: дисс. …доктора техн. наук: 05.18.15. Москва, 2021. 353 с.

3. Блинникова, О.М. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов с заданными свойствами на основе ягодного сырья Центрально-Черноземного региона / О.М. Блинникова, Л.Г. Елисеева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 5(19). – С. 81-88. – EDN VYVVAT.

4. Блинникова, О.М. Оценка потребительских свойств ягод земляники садовой при замораживании и низкотемпературном хранении / О.М. Блинникова, Л.Г. Елисеева, И.М. Новикова // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – № 10. – С. 59-63. – EDN WIUIQZ.

5. Вигоров, Л.И. Определение полифенолов / Л.И. Вигоров // Сб. трудов 2-го Всесоюз. семинара по БАВ плодов и овощей. – Свердловск, 1964. – С. 88.

6. Гичев, Ю.Ю. Руководство по микронутриентологии. Роль и значение биологически активных добавок к пище / Ю.Ю. Гичев, Ю.П. Гичев. - М.:"Триада-Х", 2006. - 264 с.

7. ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия. Введен 01.05.2014. М.: Стандартинформ. 2014. 12 с.

8. Елисеева, Л.Г. Комплексная товароведная оценка плодов жимолости съедобной, выращенной в Центральном регионе РФ / Л.Г. Елисеева, О.М. Блинникова // Товаровед продовольственных товаров. – 2011. – № 3. – С. 11-17. – EDN RTLPOD.

9. Лисин, П.А. Реологическая оценка структуры йогурта обогащенного / П.А. Лисиц, О.В. Пасько, М.С. Есипова // Вестник Омского ГАУ. – 2017. – № 2 (26). – С. 111–120.

10. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения

Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.)

11. Моделирование и оценка потребительских свойств обогащенного йогурта / О.М. Блинникова, И.М. Новикова, Л.Г. Елисеева, М.А. Горчакова // Наука и Образование. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 53. – EDN POHXEL.

12. Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года №1364-р.

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 года N996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы».

14. Рынок функциональных продуктов питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sfera.fm/articles/rynok-funktsionalnykh-produktov-pitaniya (дата обращения: 10.11.2025).

15. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sh5-svetlograd-r07.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/50/2891/TR_TS_021.pdf

16. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 О безопасности молока и молочной пищевой продукции [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://agropit.ru/files/2023/03/TP-TC-0332013-т.pdf

17. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - М.: ДеЛи принт, 2002. - 236 с.

18. Modeling a formulation and assessment of the consumer properties of the special purpose starch drink / O.M. Blinnikova, V.A. Babushkin, L.G. Eliseeva, G.S. Usova // Sarhad Journal of Agriculture. – 2020. – Vol. 36, No. 3. – P. 939-948. – DOI 10.17582/JOURNAL.SJA/2020/36.3.939.948. – EDN KKHNKY.

19. World Health Organization // www.who.int. (дата обращения: 25.11.2025).

REFERENCES

1. Automated design of complex multicomponent food products: a textbook / E.I. Muratova, S.G. Tolstykh, S.I. Dvoretsky, O.V. Zyuzina, D.V. Leonov. – Tambov: Publishing house of FSBEI HPE "TSTU", 2011. – 80 p.

2. Blinnikova O.M. Design and maintenance of multicomponent food products with specified properties: diss. ...Doctor of Technical Sciences: 05.18.15. Moscow, 2021. 353 p.

3. Blinnikova, O.M. Designing multicomponent food products with specified properties based on berry raw materials from the Central Chernozem region / O.M. Blinnikova, L.G. Eliseeva // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. – 2017. – № 5(19). – Pp. 81-88. – EDN VYVVAT.

4. Blinnikova, O.M. Evaluation of consumer properties of strawberries during freezing and low-temperature storage / O.M. Blinnikova, L.G. Eliseeva, I.M. Novikova // Commodity specialist of food products. – 2015. – No. 10. – pp. 59-63. – EDN WIUIQZ.

5. Vigorov, L.I. Definition of polyphenols / L.I. Vigorov // Proceedings of the 2nd All-Union. seminar on the BAS of fruits and vegetables. Sverdlovsk, 1964. p. 88.

6. Gichev, Yu.Y. Manual of micronutrientology. The role and significance of biologically active food additives / Yu.Y. Gichev, Yu.P. Gichev. - M.: "Triad-X", 2006. 264 p.

7. GOST 31981-2013 Yogurts. General technical conditions. Introduced on 05/01/2014. Moscow: Standartinform. 2014. 12 p.

8. Eliseeva, L. G. Comprehensive commodity assessment of edible honeysuckle fruits grown in the Central region of the Russian Federation / L. G. Eliseeva, O. M. Blinnikova // Commodity specialist of food products. – 2011. – No. 3. – pp. 11-17. – EDN RTLPOD.

9. Lisin, P. A. Rheological assessment of the structure of fortified yogurt / P. A. Lisits, O. V. Pasko, M. S. Esipova // Bulletin of the Omsk State Agrarian University. – 2017. – № 2 (26). – Pp. 111-120.

10. Methodological recommendations MP 2.3.1.0253-21 "Standards of physiological energy and nutritional requirements for various groups of the population of the Russian Federation" (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare on July 22, 2021)

11. Modeling and evaluation of consumer properties of fortified yogurt / O. M. Blinnikova, I. M. Novikova, L. G. Eliseeva, M. A. Gorchakova // Science and Education. – 2018. – VOL. 1, No. 1. – P. 53. – EDN POHXEL.

12. On approval of the Strategy for Improving Food Quality in the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation dated June 29, 2016 No. 1364-R.

13. Decree of the Government of the Russian Federation No. 996 dated August 25, 2017 "On Approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2025".

14. Functional food market [Electronic resource]. – Access mode: http://sfera.fm/articles/rynok-funktsionalnykh-produktov-pitaniya (date of request: 11/10/2025).

15. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 On food safety [Electronic resource] – Access mode: https://sh5-svetlograd-r07.gosweb .gosuslugi.ru/netcat_files/50/2891/TR_TS_021.pdf

16. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 033/2013 On the safety of milk and dairy food products [Electronic resource] – Access mode: https://agropit.ru/files/2023/03/TP-TC-0332013-т.pdf

17. Chemical composition of Russian food products: A reference book / Edited by Corresponding Member of the MAI, Professor I. M. Skurikhin and Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, Professor V. A. Tutelyan. Moscow: Delhi Print, 2002. 236 p.

18. Modeling a formulation and assessment of the consumer properties of the special purpose starch drink / O.M. Blinnikova, V.A. Babushkin, L.G. Eliseeva, G.S. Usova // Sarhad Journal of Agriculture. – 2020. – Vol. 36, No. 3. – P. 939-948. – DOI 10.17582/JOURNAL.SJA/2020/36.3.939.948. – EDN KKHNKY.

19. World Health Organization // www.who.int. (дата обращения: 25.11.2025).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 543.27:664.66 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-72-77

Сенсорный профиль аромата мякиша хлеба из разных сортов пшеницы

Sensory profile of the flavor of bread crumb from different wheat varieties

Аспирант М.М. Шевцов,
Воронежский государственный университет инженерных технологий, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, тел. +79803402402
wvmz@mail.ru

Postgraduate student M.M. Shevtsov,
Voronezh State University of Engineering Technologies, Department of Technology of Bakery, Confectionery, pasta and Grain Processing industries, tel. +79803402402
wvmz@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительной оценки сенсорного профиля аромата мякиша хлеба, изготовленного из белозерной пшеницы и фиолетовозерной пшеницы сорта «Памяти Коновалова». Исследование выполнено методом «электронного носа» на лабораторном анализаторе газов «МАГ-8» с использованием массива из восьми пьезокварцевых сенсоров, что позволило количественно охарактеризовать состав и суммарное содержание летучих органических соединений в равновесной газовой фазе над образцами. Показано, что хлеб из фиолетовозерной пшеницы отличается более высокой интегральной интенсивностью аромата (прирост суммарного содержания летучих органических соединений около 17 %) при сохранении качественного профиля аромата, близкого к контролю из белозерной пшеницы. Выявленные различия касаются преимущественно количественного распределения отдельных классов летучих соединений (кетонов, азот- и серосодержащих соединений, ароматических альдегидов), связанных с особенностями химического состава зерна, течением процесса брожения и реакции Майяра. Полученные данные свидетельствуют о том, что использование фиолетовозерной пшеницы в технологии функциональных хлебобулочных изделий позволит сохранить привычный для потребителя ароматический профиль.

Abstract. In the article presents the results of a comparative assessment of the sensory profile of the flavor of bread crumb made from white-grain wheat and purple-grain wheat of the Konovalov Memory variety. The study was performed using the "electronic nose" method on the MAG-8 laboratory gas analyzer using an array of eight piezoquartz sensors, which made it possible to quantify the composition and total content of volatile organic compounds in the equilibrium gas phase above the samples. It is shown that bread made from violet-grain wheat is characterized by a higher integral intensity of flavor (an increase in the total content of volatile organic compounds of about 17%) while maintaining a qualitative flavor profile close to the control from white-grain wheat. The revealed differences relate mainly to the quantitative distribution of certain classes of volatile compounds (ketones, nitrogen- and sulfur-containing compounds, aromatic aldehydes) related to the peculiarities of the chemical composition of grain, the course of the fermentation process and Maillard reaction. The data obtained indicate that the use of purple-grain wheat in the technology of functional bakery products will allow for the preservation of the aromatic profile that is familiar to consumers.

Ключевые слова: аромат, пшеница, мякиш хлеба, летучие органические соединения, сенсорный анализ.

Keywords: aroma, wheat, bread crumb, volatile organic compounds, sensory analysis.

© М.М. Шевцов, 2026

Хлеб традиционно занимает центральное место в рационе питания населения и рассматривается как один из основных источников энергии, белка, пищевых волокон и микронутриентов. Применение нетрадиционных видов сырья в технологии хлеба и изменение параметров технологического цикла его приготовления позволяет получить изделия с заданными органолептическими и функциональными свойствами.

Современные направления развития хлебопечения связаны с расширением ассортимента за счет применения фиолетовозерной пшеницы разных сортов и продуктов ее переработки, являющихся источниками антоцианов и других биологически активных веществ. Одним из таких сортов является мягкая пшеница «Памяти Коновалова», характеризующаяся повышенной антиоксидантной активностью и рекомендуемая для производства хлеба профилактического назначения [1, 2].

Среди показателей качества особое значение имеет аромат, определяющий потребительскую привлекательность хлеба. Аромат хлеба представляет собой совокупность летучих органических соединений, образующихся в процессе брожения и выпечки, которые воспринимаются обонятельным анализатором и формируют характерный «хлебный» запах. Он является интегральным индикатором протекания технологического процесса, отражая глубину ферментативного разложения углеводов и белков, образование спиртов, органических кислот, карбонильных соединений и продуктов реакции Майяра. Восприятие аромата тесно связано с ощущением свежести и степени пропечённости изделия, поэтому именно этот показатель в значительной степени определяет первое впечатление потребителя и зачастую служит главным критерием выбора при сопоставимой внешней форме и структуре мякиша. В связи с этим количественная и качественная оценка ароматобразующих летучих соединений становится важным элементом комплексной характеристики качества хлеба и позволяет обоснованно судить о влиянии рецептурных и технологических факторов на потребительские свойства продукта.

Для объективной оценки влияния нового вида сырья на аромат хлеба целесообразно использовать приборные методы. Методология «электронный нос» на основе массива газовых сенсоров позволяет количественно сравнивать состав равновесной газовой фазы (РГФ) над образцами хлеба, оценивая как общую интенсивность аромата, так и вклад отдельных классов летучих органических соединений (ЛОС) [3].

Целью работы явилась сравнительная характеристика сенсорного профиля аромата мякиша хлеба зернового из разных сортов пшеницы. Объектами исследования служили две пробы мякиша хлеба через 18 ч после выпечки: образец № 1 - из белозерной пшеницы; образец № 2 - из фиолетовозерной пшеницы нового сорта «Памяти Коновалова» (рисунок 1).

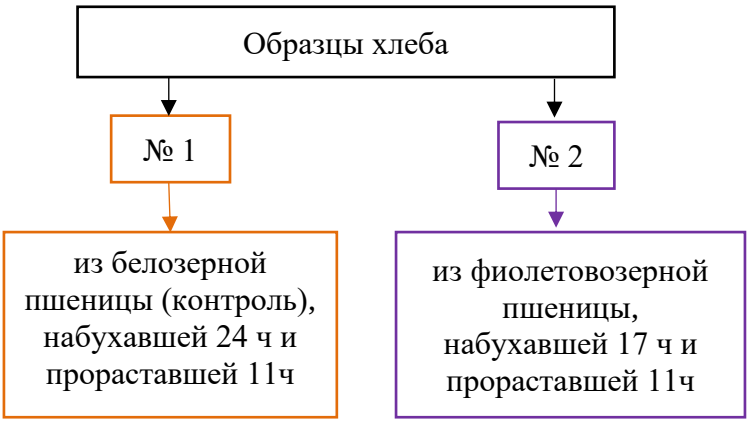


Рис. 1 Объекты исследования

Оценку качественного и количественного состава ароматобразующих веществ мякиша хлеба проводили на лабораторном анализаторе газов «МАГ-8» (производство ООО «СНТ», Россия) по методологии «электронный нос». Прибор включает восемь пьезокварцевых сенсоров с разнохарактерными пленочными и наноструктурированными сорбентами на электродах (таблица 1) [4, 5, 6].

Таблица 1

Наименование сорбентов на сенсорах и сорбируемых групп летучих органических соединений

Сенсоры	Наименование сорбентов	Наименование сорбируемых групп летучих органических соединений
SID0001	Поливинилпирролидон, ПВП	Вода, все полярные соединения
SID0002	Прополис, пчелиный клей, ПчК	Спирты, альдегиды, амины
SID0003	Дициклогексан-18-Краун-6, ДЦГ18К6	Органические полярные соединения, кислоты
SID0004	Гидроксиапатит, ГА	Полярные соединения, амины
SID0005	Полиэтиленгликоль ПЭГ-2000, ПЭГ-2000	Кетоны, спирты
SID0006	Полиэтиленгликоль себацинат, ПЭГСб	Амины и другие N-содержащие соединения
SID0007	Полиэтиленгликоль сукцинат, ПЭГС	Среднеполярные S- и N-содержащие соединения
SID0008	Тритон Х-100, ТХ100	Альдегиды и другие ароматические соединения

Образцы выдерживали при 22±1 °С не менее 30 мин для установления равновесия летучих компонентов. Отбор равновесной газовой фазы и ее ввод в ячейку осуществляли автоматическим пробоотборником. Объем вводимой пробы - 5 см^3, время регистрации отклика - 60 с. Обрабатывали максимальные сигналы сенсоров и интегральную площадь «визуального отпечатка». Для сравнения состава летучих соединений применяли нормировку: рассчитывали долю вклада каждого сенсора в суммарный сигнал массива.

На рисунке 2 представлены «визуальные отпечатки» максимальных откликов сенсоров за 60 с для анализируемых проб. При сопоставлении содержания легколетучих соединений в РГФ над образцами выявлено, что образцы имели близкий качественный и количественный состав (рисунок 2). Интенсивность аромата хлеба на основе фиолетовозерной пшеницы (12531 Гц·с) была выше на 16,5 % по сравнению с изделием, приготовленным с применением белозерной пшеницы.

а) б)

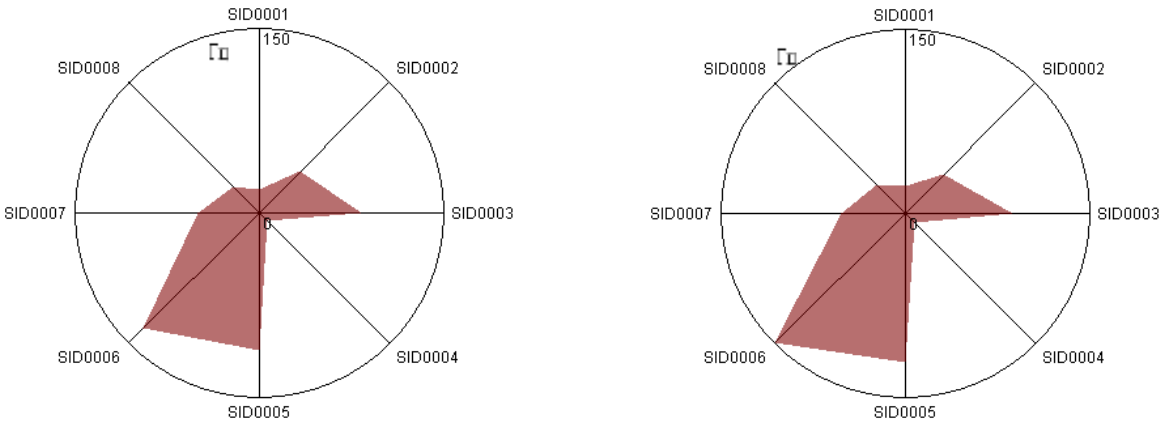


Рис. 2 «Визуальные отпечатки» максимальных сигналов сенсоров в РГФ над образцами: а – № 1; б – № 2

Из данных, представленных в таблице 2, выявлено, что образцы отличались по сочетанию в РГФ разных классов ЛОС: в мякише образца № 1 фиксировалась большая концентрация азотсодержащих соединений, кетонов, некоторых спиртов, чем в мякише образца № 2. По другим классам ЛОС исследуемые образцы практически не отличались.

Абсолютные отклики большинства сенсоров для образца № 2 несколько выше, чем для образца № 1, что указывает на большее суммарное содержание летучих органических соединений в РГФ над мякишем хлеба из фиолетовозерной пшеницы. Повышение сигналов сенсоров, селективных к кетонам, спиртам, азот- и серосодержащим соединениям (SID0005–SID0007), связано с отличиями в химическом составе зерна: более высоким содержанием отдельных аминокислот, липидов, продуктов их превращения, а также фенольных соединений и антоцианов, характерных для фиолетовозерной пшеницы. Эти компоненты при набухании, проращивании и выпечке участвуют в процессе брожения и реакции Майяра, что приводит к образованию увеличенного количества ароматобразующих веществ и обусловливает более интенсивный аромат образца № 2 при сохранении близкого качественного профиля аромата по сравнению с контролем.

Таблица 2

Отклики сенсоров в парах РГФ над пробами мякиша хлеба

Образец	Отклики сенсоров в парах РГФ над пробами образцов, Гц							
	SID0001	SID0002	SID0003	SID0004	SID0005	SID0006	SID0007	SID0008
№ 1	19	47	84	10	112	133	50	30
№ 2	22	44	88	11	122	149	52	32

При рассмотрении влияния каждого класса ЛОС на аромат хлеба выявлено, что значения по сенсору SID0001 были несколько ниже у образца № 2, что свидетельствует о большем содержании свободной влаги в контрольном образце (таблица 3). По сенсорам SID0002, SID0003 и SID0006 значения у образцов совпадают или отличаются незначительно, что говорит об отсутствии существенных различий во вкладе соответствующих групп летучих соединений в аромат хлеба. По сенсору SID0004 у образца № 1 доля выше на 0,13 % мас., что свидетельствует о несколько большей концентрации полярных аминосодержащих соединений и продуктов деструкции белков. Различие по сенсору SID0005 составляет 0,10 % мас. в пользу образца № 1, что указывает на чуть более высокий вклад кетонов и спиртов в аромат контрольного образца хлеба. По сенсору SID0007 доля у образца № 1 выше на 0,15 % мас., что отражает более интенсивное образование среднеполярных серо- и азотсодержащих соединений в его мякише. Различие по сенсору SID0008 составляет 0,14 % мас. (1,44 % у образца № 1 и 1,30 % у образца № 2), что связано с более высоким уровнем ароматических альдегидов и родственных соединений у контрольного образца.

Таблица 3

Относительное содержание групп летучих органических соединений в РГФ над мякишем хлеба

Образец	Относительное содержание групп летучих органических соединений в пробах образцов, % мас.							
	SID0001	SID0002	SID0003	SID0004	SID0005	SID0006	SID0007	SID0008
№ 1	10,3	6,2	0,20	0,51	0,90	0,11	1,22	1,44
№ 2	10,0	6,2	0,20	0,38	0,80	0,10	1,07	1,30

Полученные результаты показывают, что аромат мякиша хлеба из фиолетовозерной пшеницы сорта «Памяти Коновалова» по своему качественному профилю близок к аромату хлеба из белозерной пшеницы. Анализ «классов веществ с преимущественной реакцией сенсоров» показал, что хлеб из белозерной пшеницы имеет несколько более высокие нормированные вклады в его сенсорный профиль азот- и серосодержащих соединений и ароматических альдегидов.

Таким образом, установлено, что переход к использованию фиолетовозерной пшеницы сорта «Памяти Коновалова» позволит также сохранить привычный для потребителя аромат хлеба зернового с несколько более высокой его интенсивностью за счет увеличения общего содержания летучих органических соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехина Н.Н., Шевцов М.М., Глотова Д.А. Оценка биологической ценности и антиоксидантной активности пшеницы с фиолетовым цветом зерна // Хлебопродукты. – 2025. – № 7. – С. 45-47. DOI 10.32462/0235-2508-2025-34-7-45-47.

2. Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Игонин В.Н. и др. Характеристика фиолетовозерных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях центрального района нечерноземной зоны России // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. –№ 5. – С. 525-529.

3. Петриченко В.В., Пономарева Е.И., Алёхина Н.Н. и др. Влияние ферментной обработки зерна на содержание ароматообразующих веществ в хлебе из пшеничной муки // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2024. – № 4. – С. 145-152.

4. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality, Pure and Applied Chemistry, 2017, No 89(10), pp. 1587–1601. DOI: 10.1515/pac-2016-1108

5. Kuchmenko T.A., Lvova L.B. A Perspective on Recent Advances in Piezoelectric Chemical Sensors for Environmental Monitoring and Foodstuffs Analysis, Chemosensors, 2019, No 7(3), pp. 39-45. DOI: 10.3390/chemosensors7030039.

6. Kuchmenko T.A, Shuba, A.; Umarkhanov, R.; Chernitskiy, A. Portable Electronic Nose for Analyzing the Smell of Nasal Secretions in Calves: Toward Noninvasive Diagnosis of Infectious Bronchopneumonia, *Vet.Sci.* 2021, No *8*, pp. 74. DOI: 10.3390/vetsci8050074.

REFERENCES

1. Alekhina. N.N., Shevtsov M.M., Glotova D.A. Otsenka biologicheskoj tsennosti i antioksidantnoj aktivnosti pshenitsy s fioletovym tsvetom zerna [Assessment of the biological value and antioxidant activity of wheat with purple grain color], Khlebprodukty, 2025, No 7, pp. 45-47. (Russian) DOI 10.32462/0235-2508-2025-34-7-45-47.

2. Rubets V.S., Voronchikhina I.N., Igonin V.N., Sidorenko V.S., Voronchikhin V.V. Kharakteristika fioletovo-zernykh sortov yarovoj myagkoj pshenitsy v usloviyakh tsentral′nogo rajona ne-chernozemnoj zony Rossii [Characteristics of violet-green variety of spring soft wheat in the conditions of the central region of the non-chernozem zone of Russia], Mezhdunarodnyj sel′skokhozyajstvennyj zhurnal, 2022, No 5, pp. 525-529. (Russian)

3. Petrichenko V.V., Ponomareva E.I., Alyokhina N.N., Lukina S.I., Nikitina L.A. Vliyanie fermentnoj obrabotki zerna na soderzhanie aromatoobrazuyushchikh veshchestv v khlebe iz pshe-nichnoj muki [The effect of enzyme processing of grain on the content of flavor-forming substances in wheat flour bread], Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya, 2024, No 4, pp. 145-152. (Russian)

4. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality, Pure and Applied Chemistry, 2017, No 89(10), pp. 1587–1601. DOI: 10.1515/pac-2016-1108

5. Kuchmenko T.A., Lvova L.B. A Perspective on Recent Advances in Piezoelectric Chemical Sensors for Environmental Monitoring and Foodstuffs Analysis, Chemosensors, 2019, No 7(3), pp. 39-45. DOI: 10.3390/chemosensors7030039.

6. Kuchmenko T.A, Shuba, A.; Umarkhanov, R.; Chernitskiy, A. Portable Electronic Nose for Analyzing the Smell of Nasal Secretions in Calves: Toward Noninvasive Diagnosis of Infectious Bronchopneumonia, *Vet.Sci.* 2021, No *8*, pp. 74. DOI: 10.3390/vetsci8050074.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 28.035.3 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-78-85

Сравнительное исследование химического состава мяса косули, говядины, баранины, свинины и мяса птицы

A comparative study of the chemical composition of roe deer meat, beef, lamb, pork, and poultry meat.

Аспирант Д.С. Радько, доцент С.В. Колобов,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
radko.daniil@list.ru

Postgraduate student D.S. Radko, Associate Professor S.V. Kolobov,
Plekhanov Russian University of Economics,
radko.daniil@list.ru

Аннотация. В настоящей работе представлен комплексный сравнительный анализ химического состава мяса пяти видов: косули, крупного рогатого скота, овец, свиней и сельскохозяйственной птицы (курицы). Экспериментально определены и проанализированы данные по основному химическому составу, содержанию минеральных веществ, витаминному профилю, аминокислотному составу белков и жирнокислотному составу липидов. Особое внимание уделено мясу косули как представителю дикой фауны, характеризующемуся специфическими нутриентными характеристиками.

Annotation. This paper presents a comprehensive comparative analysis of the chemical composition of meat from five species: roe deer, cattle, sheep, pigs, and domestic poultry (chicken). The data on the main chemical composition, mineral content, vitamin profile, amino acid composition of proteins, and fatty acid composition of lipids have been experimentally determined and analyzed. Special attention is paid to roe deer meat as a representative of wild fauna, which is characterized by specific nutritional properties.

Ключевые слова: химический состав мяса, пищевая ценность мяса, биологическая ценность мяса, нутриентный состав мяса, мясо косули.

Keywords: chemical composition of meat, nutritional value of meat, biological value of meat, nutrient composition of meat, roe deer meat.

Мясо и мясопродукты занимают важное место в структуре питания человека, являясь источником полноценного животного белка, незаменимых аминокислот, биодоступных форм минеральных веществ и витаминов группы В [1]. Однако пищевая ценность мяса не является неизменной характеристикой: его химический состав зависит от вида животного, возраста, пола, условий содержания или обитания, кормового рациона, сезона добычи, анатомического происхождения мышечной ткани и других факторов [2]. Более того, при изменении таких факторов (в частности, кормовой базы, технологий выращивания) химический состав мяса одной и той же категории может изменяться во времени [3], поэтому общепринятые справочные данные, в т.ч. приведенные в классических таблицах химического состава пищевых продуктов [4], требуют уточнения современными экспериментальными исследованиями.

Особенно актуальна такая проверка для мяса диких животных, состав которого формируется в неконтролируемых природных условиях и потому может отличаться значительной вариабельностью. Кроме того, в последние годы возрастает интерес к мясу дичи как к альтернативному источнику животного

© Д.С. Радько, С.В. Колобов, 2026

белка, обладающему специфическими органолептическими свойствами и воспринимаемому потребителями как натуральный продукт. Среди объектов российского охотничьего промысла особое место занимает сибирская косуля, мясо которой традиционно ценится за высокие вкусовые качества и диетические свойства [5-8].

Цель настоящей работы – провести актуальный сравнительный анализ химического состава мяса косули, говядины, баранины, свинины и мяса птицы.

Объектами исследования являлись образцы мышечной ткани следующих видов животных (по 5 образцов каждого):

1. косуля сибирская – дикие особи в возрасте 1-4 лет, добытые в рамках регулируемого охотничьего промысла в различных регионах;
2. крупный рогатый скот – животные мясных и комбинированных пород I категории упитанности в возрасте 18-24 месяцев;
3. овцы – животные мясо-шерстных пород I категории упитанности;
4. свиньи – животные мясных пород II категории упитанности;
5. сельскохозяйственная птица – цыплята-бройлеры I категории.

Определение химического состава образцов мяса проводили с использованием общепринятых стандартизированных физико-химических и инструментальных методов анализа: массовую долю влаги – термогравиметрическим методом, белка – методом Кьельдаля, жира – экстракционно-гравиметрическим методом с использованием аппарата Сокслета, золы – методом сухого озоления в муфельной печи. Минеральный состав определяли методами атомно-абсорбционной спектрометрии, атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой после минерализации проб. Витаминный состав исследовали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, аминокислотный состав – методом ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе после гидролиза белков, жирнокислотный состав – методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием после получения метиловых эфиров жирных кислот. Результаты представлены в виде средних арифметических значений и стандартных отклонений.

Основной химический состав является интегральным показателем, определяющим пищевую и энергетическую ценность мяса. В таблице 1 представлены сравнительные данные по содержанию влаги, белка, жира и золы в мясе исследуемых видов животных.

Таблица 1

Основной химический состав мяса различных видов животных, % от массы мяса

Вид мяса	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Зола, %
Мясо косули	73,9±1,5	21,6±1,1	3,4±0,8	1,1±0,1
Говядина	64,8±1,2	19,0±0,8	15,2±2,5	1,0±0,1
Баранина	66,6±1,1	16,2±0,9	16,4±2,2	0,85±0,05
Свинина	52,4±2,0	15,2±0,8	31,5±3,5	0,9±0,1
Мясо птицы	66,1±1,8	18,2±0,9	14,8±2,0	0,9±0,1

Представленные в таблице 1 данные демонстрируют выраженную видовую специфику основного химического состава мяса:

– Мясо косули характеризуется особым сочетанием высокого содержания белка (21,6±1,1%) и низкой жирности (3,4±0,8%), что позволяет отнести его к категории диетических продуктов с высокой пищевой ценностью. Содержание влаги в мясе косули (73,9±1,5%) коррелирует с низким содержанием липидов и типично для мышечной ткани животных с высокой двигательной активностью. Относительно

невысокое стандартное отклонение (±1,1% для белка и ±0,8% для жира) свидетельствует о достаточно стабильном химическом составе мяса косули в исследованной выборке, несмотря на естественную вариабельность, обусловленную условиями обитания.

– Говядина I категории содержит 19,0±0,8% белка и значительное количество жира (15,2±2,5%), причем высокое стандартное отклонение по содержанию жира (±2,5%) отражает вариабельность, связанную с упитанностью животных.

– Баранина характеризуется относительно невысоким содержанием белка (16,2±0,9%) и высоким содержанием жира (16,4±2,2%), при этом бараний жир отличается наиболее высокой температурой плавления и наименьшей усвояемостью.

– Свинина демонстрирует значительную вариабельность химического состава, что отражается в высоких значениях стандартных отклонений (для жира ±3,5%). В ней содержится в среднем 15,2±0,8% белка и 31,5±3,5% жира, что определяет ее высокую калорийность.

– Мясо птицы содержит 18,2±0,9 % белка и 14,8±2,0 % жира, что характеризует его как источник животного белка с умеренно высокой жировой составляющей. По содержанию белка оно сопоставимо с говядиной I категории, однако по соотношению белка и жира уступает мясу косули.

В таблице 2 представлен сравнительный анализ содержания макро- и микроэлементов в мясе исследуемых видов.

Таблица 2

Содержание минеральных веществ в мясе различных видов животных (мг/100 г, *мкг/100 г)

Элемент	Мясо косули	Говядина	Баранина	Свинина	Мясо птицы
Макроэлементы					
Калий (K)	375±20	340±15	290±10	265±12	245±15
Натрий (Na)	80±8	65±5	75±6	60±5	80±8
Кальций (Ca)	10±2	10,5±1,5	10±1,5	8±1	16±2
Магний (Mg)	27,5±2,5	25±3	20±2	22,5±2,5	27,5±2,5
Фосфор (P)	225±20	190±10	170±10	180±10	185±15
Микроэлементы					
Железо (Fe)	4,2±0,6	2,7±0,3	2,2±0,3	1,7±0,2	1,8±0,2
Цинк (Zn)	3,0±0,4	3,2±0,3	2,7±0,3	2,2±0,3	1,7±0,2
Медь (Cu)	0,20±0,04	0,17±0,03	0,12±0,02	0,12±0,02	0,07±0,02
Марганец (Mn)	0,030±0,008	0,015±0,004	0,015±0,004	0,015±0,004	0,025±0,005
Селен (Se)*	10±2	12±2	6,5±1,5	10±2	20±4

Анализ данных таблицы 2 показывает, что минеральный состав мяса косули имеет ряд отличительных особенностей:

– Железо. Наиболее значимым отличием минерального профиля косули является особо высокое содержание железа – 4,2±0,6 мг/100 г, что в 1,5 раза превышает его содержание в говядине и в 2,5 раза – в свинине. Значительная часть железа мяса косули представлена гемовой формой, характеризующейся более высокой биодоступностью.

– Калий и фосфор. Мясо косули характеризуется повышенным содержанием калия (375±20 мг/100 г) и фосфора (225±20 мг/100 г). Относительно невысокие

стандартные отклонения (±20 мг/100 г) указывают на умеренную вариабельность показателей в исследованной выборке.

– Цинк и медь. Содержание цинка и меди в мясе косули сопоставимо с говядиной и превосходит остальные виды мяса.

В таблице 3 представлены данные о содержании витаминов в мясе исследуемых видов животных.

Таблица 3

Содержание витаминов в мясе различных видов животных (мг/100 г, *мкг/100 г)

Витамин	Мясо косули	Говядина	Баранина	Свинина	Мясо птицы
Витамин А (ретинол)*	15±4	12±3	12±3	7±2	30±8
Витамин Е (токоферол)	0,40±0,08	0,50±0,08	0,35±0,06	0,25±0,05	0,25±0,05
Витамин B_1 (тиамин)	0,20±0,04	0,12±0,02	0,12±0,02	0,65±0,12	0,10±0,02
Витамин B_2 (рибофлавин)	0,25±0,04	0,17±0,03	0,17±0,03	0,17±0,03	0,20±0,04
Витамин B_3 (РР, ниацин)	6,2±0,7	5,0±0,5	4,5±0,5	4,5±0,5	7,0±0,8
Витамин B_5 (пантотеновая кислота)	0,60±0,08	0,55±0,06	0,45±0,05	0,50±0,08	0,70±0,10
Витамин B_6 (пиридоксин)	0,50±0,08	0,35±0,05	0,25±0,04	0,35±0,05	0,45±0,06
Витамин B_{12} (кобаламин)*	2,5±0,4	2,7±0,3	2,2±0,3	1,7±0,3	0,4±0,1

Анализ данных таблицы 3 показывает, что витаминный профиль мяса различных видов животных имеет как общие черты, так и существенные видовые отличия:

– Ниацин (витамин B_3) содержится в наибольших количествах в мясе косули (6,2±0,7 мг/100 г) и птицы (7,0±0,8 мг/100 г). Высокое содержание ниацина в мясе косули может быть связано с особенностями обмена веществ диких животных и их высокой двигательной активностью.

– Тиамин (витамин B_1) максимально представлен в свинине (0,65±0,12 мг/100 г), что в 3-5 раз превышает его содержание в других видах мяса. Высокое стандартное отклонение (±0,12 мг/100 г) отражает вариабельность содержания тиамина в зависимости от кормового рациона.

– Кобаламин (витамин B_{12}) содержится преимущественно в мясе жвачных животных – косули (2,5±0,4 мкг/100 г), говядины (2,7±0,3 мкг/100 г). Мясо птицы содержит значительно меньше витамина B_{12} (0,4±0,1 мкг/100 г).

– Жирорастворимые витамины: содержание витамина А максимально в мясе птицы (30±8 мкг/100 г), а витамина Е – в мясе животных, получающих зеленые корма.

В таблице 4 представлен аминокислотный состав белков исследуемых видов мяса и его сравнение с эталоном ФАО/ВОЗ для группы «старшие дети, подростки и взрослые» [9].

Таблица 4

Аминокислотный *состав белков мяса различных видов животных (г/100 г белка)*

Аминокислота	Мясо косули	Говядина	Баранина	Свинина	Мясо птицы	Эталон
Незаменимые аминокислоты						
Валин	5,5±0,3	5,2±0,2	5,1±0,2	5,0±0,2	5,2±0,3	4,0
Изолейцин	5,0±0,2	4,7±0,2	4,6±0,2	4,5±0,2	5,0±0,2	3,0
Лейцин	8,5±0,3	8,2±0,2	8,0±0,2	7,7±0,2	8,0±0,3	6,1
Лизин	8,8±0,3	8,4±0,3	8,2±0,3	8,1±0,3	8,5±0,3	4,8
Метионин+Цистин	4,0±0,2	3,7±0,2	3,6±0,2	3,5±0,2	4,0±0,2	2,3
Треонин	4,7±0,2	4,5±0,2	4,4±0,2	4,3±0,2	4,5±0,2	2,5
Триптофан	1,35±0,10	1,20±0,08	1,10±0,08	1,10±0,08	1,20±0,08	0,66
Фенилаланин+Тирозин	8,1±0,3	7,8±0,3	7,5±0,3	7,3±0,3	7,7±0,3	4,1
Гистидин	3,5±0,3	3,2±0,2	3,2±0,2	3,2±0,2	3,0±0,2	1,6
∑	49,5±0,8	46,9±0,7	45,7±0,7	44,7±0,7	47,1±0,7	29,1
Заменимые аминокислоты						
Аланин	6,2±0,3	6,0±0,2	5,7±0,2	5,7±0,2	6,0±0,2	-
Аргинин	6,5±0,3	6,2±0,3	6,1±0,2	6,0±0,2	6,2±0,3	-
Аспарагиновая кислота	8,8±0,3	8,5±0,3	8,2±0,3	8,2±0,3	8,5±0,3	-
Глицин	5,2±0,3	5,0±0,2	4,7±0,2	4,7±0,2	4,7±0,2	-
Глутаминовая кислота	15,2±0,6	14,5±0,5	14,0±0,5	14,0±0,5	14,5±0,5	-
Пролин	4,7±0,3	4,5±0,3	4,4±0,3	4,4±0,3	4,2±0,3	-
Серин	4,2±0,3	4,0±0,2	4,0±0,2	4,0±0,2	4,0±0,2	-

Анализ данных таблицы 4 показывает, что аминокислотный состав белков всех исследуемых видов мяса характеризуется высокой биологической ценностью, однако мясо косули имеет наиболее выраженный аминокислотный профиль среди сравниваемых образцов:

– Незаменимые аминокислоты. Суммарное содержание незаменимых аминокислот в белках мяса косули составило 49,5±0,8 г/100 г белка, что выше, чем в остальных видах мяса. По всем представленным незаменимым аминокислотам мясо косули значительно превышает эталон.

– Заменимые аминокислоты. По содержанию заменимых аминокислот мясо косули также занимает ведущие позиции среди исследованных видов, что дополнительно характеризует белки косули как полноценный компонент мясного сырья.

– Общая оценка. Полученные данные свидетельствуют о высокой биологической ценности белков мяса косули и их сбалансированном аминокислотном составе. В совокупности с высоким содержанием белка в основном химическом составе это позволяет рассматривать мясо косули как перспективный источник полноценного животного белка.

В таблице 5 представлен жирнокислотный состав липидов исследуемых видов мяса.

Таблица 5

Жирнокислотный состав липидов мяса различных видов животных (% от суммы идентифицированных жирных кислот)

Жирная кислота	Мясо косули	Говядина	Баранина	Свинина	Мясо птицы
Насыщенные (НЖК)	40,4±1,6	49,4±2,0	50,4±2,2	39,5±1,6	32,0±1,5
С10:0 Каприновая	0,15±0,04	0,15±0,04	0,30±0,08	0,10±0,03	0,10±0,03
С12:0 Лауриновая	0,25±0,05	0,25±0,05	0,40±0,08	0,15±0,04	0,15±0,04
С14:0 Миристиновая	3,0±0,4	3,5±0,4	4,2±0,5	1,7±0,2	1,2±0,2
С16:0 Пальмитиновая	23,5±1,2	26,5±1,5	25,5±1,5	24,5±1,2	23,5±1,2
С18:0 Стеариновая	13,5±1,0	19,0±1,2	20,0±1,5	13,0±1,0	7,0±0,8
Мононенасыщенные (МНЖК)	36,5±2,1	41,5±2,1	36,5±2,0	46,0±2,5	41,0±2,2
С16:1 Пальмитолеиновая	4,0±0,6	3,5±0,5	2,5±0,4	3,5±0,5	6,0±0,8
С18:1 Олеиновая	32,5±2,0	38,0±2,0	34,0±2,0	42,5±2,5	35,0±2,0
Полиненасыщенные (ПНЖК)	22,0±1,8	6,2±1,2	8,0±1,5	12,5±1,6	22,0±2,1
С18:2 Линолевая (ω-6)	14,0±1,5	4,2±0,8	5,2±0,9	10,0±1,5	18,0±2,0
С18:3 Линоленовая (ω-3)	4,0±0,8	0,7±0,2	1,0±0,3	0,7±0,2	1,5±0,4
С20:4 Арахидоновая (ω-6)	2,5±0,5	0,8±0,2	1,2±0,3	1,5±0,4	2,0±0,5
С20:5 ЭПК (ω-3)	0,7±0,2	0,15±0,05	0,20±0,08	0,10±0,03	0,15±0,05
С22:5 ДПК (ω-3)	0,45±0,10	0,25±0,08	0,25±0,08	0,10±0,03	0,15±0,05
С22:6 ДГК (ω-3)	0,35±0,08	0,10±0,03	0,15±0,05	0,10±0,03	0,20±0,06
Отношение ω-6/ω-3	3,0±0,5	4,2±1,1	4,0±1,0	11,5±2,8	10,0±2,3
Температура плавления жира, °С	42±2	47±2	51±3	38±2	34±3

Анализ данных таблицы 5 показывает, что жирнокислотный состав липидов является одной из наиболее специфичных характеристик, отражающих видовые особенности мясного сырья:

– Насыщенные жирные кислоты. Содержание НЖК в мясе косули составляет 40,4±1,6 %, что ниже, чем в говядине (49,4±2,0 %) и баранине (50,4±2,2 %), и сопоставимо со свининой (39,5±1,6 %). Наименьшая доля НЖК отмечена в мясе птицы (32,0±1,5 %). Среди НЖК во всех исследованных видах мяса преобладают пальмитиновая и стеариновая кислоты.

– Мононенасыщенные жирные кислоты. Содержание МНЖК в мясе косули составляет 36,5±2,1 %, преимущественно за счет олеиновой кислоты (32,5±2,0 %). Максимальное содержание МНЖК установлено в свинине (46,0±2,5 %).

– Полиненасыщенные жирные кислоты. Наиболее существенные различия выявлены в содержании ПНЖК. В мясе косули их содержание составляет 22,0±1,8 %, что в разы выше, чем в говядине (6,2±1,2 %), баранине (8,0±1,5 %) и свинине (12,5±1,6 %), и сопоставимо с мясом птицы (22,0±2,1 %).

– Эссенциальные жирные кислоты. В липидах мяса косули обнаружены физиологически значимые количества длинноцепочечных ПНЖК семейства ω-3: ЭПК (0,7±0,2 %), ДПК (0,45±0,10 %) и ДГК (0,35±0,08 %). Суммарное содержание ЭПК и ДГК составляет 1,05±0,28 %, что выше, чем в мясе сельскохозяйственных животных и птицы.

– Соотношение ω-6/ω-3. В мясе косули отношение ω-6/ω-3 составляет 3,0±0,5, что является наименьшим значением среди исследованных видов мяса и, соответственно, свидетельствует о сравнительно благоприятном балансе жирных кислот семейств ω-6 и ω-3 в липидах мяса косули.

1. Основной химический состав. Мясо косули характеризуется высокой пищевой ценностью, обусловленной повышенным содержанием белка (21,6±1,1%) и низким содержанием жира (3,4±0,8%), благодаря чему превосходит традиционные виды мяса по соотношению белок/жир.

2. Минеральный состав. Установлено, что мясо косули является богатым источником калия (375±20 мг/100 г), фосфора (225±20 мг/100 г) и железа (4,2±0,6 мг/100 г), содержание которого в 1,5-2,5 раза превышает его уровень в мясе сельскохозяйственных животных.

3. Витаминный состав. Мясо косули не является абсолютным лидером по всем витаминам группы В, однако характеризуется сбалансированным витаминным профилем, что может отражать особенности естественного питания и высокой двигательной активности животных, и по совокупности показателей выглядит более предпочтительным по сравнению с большинством традиционных видов мяса.

4. Аминокислотный состав. Белки мяса косули характеризуются высокой биологической ценностью и сбалансированным аминокислотным составом: суммарное содержание незаменимых аминокислот составляет 49,5±0,8 г/100 г белка, что выше эталона ФАО/ВОЗ и соответствующих показателей других исследованных видов мяса.

5. Жирнокислотный состав. Наиболее существенной особенностью мяса косули является благоприятный жирнокислотный профиль с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (22,0±1,8%), включая эссенциальные ω-3 ПНЖК (ЭПК, ДГК), и наименьшим соотношением ω-6/ω-3 (3,0±0,5). Это выгодно отличает мясо косули от ряда традиционных видов мясного сырья с точки зрения липидного профиля и принципов здорового питания.

6. Полученные результаты следует рассматривать как характеристику исследованной выборки, а не как окончательные универсальные значения химического состава мяса каждого вида. Однако выявленные различия отражают устойчивые общие тенденции: мясо косули характеризуется более высоким соотношением белка и жира, выраженной минеральной ценностью, полноценным аминокислотным составом и благоприятным жирнокислотным профилем по сравнению с большинством традиционных видов мясного сырья. Поэтому мясо косули является перспективным сырьем для включения в рационы здорового питания и разработки продуктов с повышенной пищевой ценностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Роспотребнадзором 22.07.2021 г.).

2. Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Кузнецова Т.Г., Орлова О.Н., Мкртичян В.С. Химический состав мяса: справочные таблицы общего химического, аминокислотного, жирнокислотного, витаминного, макро- и микроэлементного составов и пищевой (энергетической и биологической) ценности мяса – М.: ВНИИМП им. В.М. Горбатова РАСХН, 2011. – 104 с.

3. Вострикова Н.Л., Князева А.С., Утьянов Д.А., Иванкин А.Н., Леонтьев П.К. Изменение биологической ценности мяса: динамика изменений аминокислотного, жирнокислотного состава и минеральных компонентов // Все о мясе. – 2019. – № 2. – с. 54-57.

4. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1 Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224 с.

5. Радько Д.С., Колобов С.В. Мясо косули – продукт здорового питания // ТППП АПК. – 2025. – № 1. – с. 102-105.

6. Чирич, Е.Г. Химический состав и пищевая ценность мяса косули // Молодые ученые – науке и практике АПК : Материалы Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых, Витебск, 25-26 апреля 2024 года. – Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2024. – с. 519-522.

7. Умаров К.К., Кожаева Д.К. Характеристика мяса косуль предгорной зоны Северного Кавказа // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (75). – с. 184-185.

8. Охременко В.А. Сравнительная характеристика мясной продуктивности и качества мяса представителей одомашненной и дикой популяции семейства оленевых: автореферат дис. к.с.-х.н. – Барнаул, 2006. – 22 с.

9. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p.

REFERENCES

1. Methodological recommendations MR 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups in the Russian Federation” (approved by Rospotrebnadzor on July 22, 2021).

2. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Kuznetsova T.G., Orlova O.N., Mkrtichyan V.S. Chemical composition of meat: Reference tables of the general chemical, amino acid, fatty acid, vitamin, macro- and microelement composition, and nutritional (energy and biological) value of meat – Moscow: All-Russian Research Institute of Meat Products named after V. M. Gorbatov of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2011. – 104 p.

1. Vostrikova N.L., Knyazeva A.S., Utyanov D.A., Ivankin A.N., Leontiev P.K. Changes in the biological value of meat: dynamics of changes in amino acid, fatty acid composition, and mineral components // All about meat. – 2019. – No. 2. – pp. 54–57.

4. Chemical composition of food products: Book 1. Reference tables of the content of basic nutrients and energy value of food products / edited by I. M. Skurikhin and M. N. Volgarev. – 2nd ed., revised and supplemented. – Moscow: VO “Agropromizdat”, 1987. – 224 p.

5. Radko D.S., Kolobov S.V. Caprine meat – a product of healthy nutrition // TPPP APK. – 2025. – No. 1. – pp. 102–105.

6. Chirich E.G. Chemical composition and nutritional value of caprine meat // Young scientists – to science and practice of the agro-industrial complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Postgraduate Students and Young Scientists, Vitebsk, April 25–26, 2024. – Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, 2024. – pp. 519–522.

7. Umarov K.K., Kozhayeva D.K. Characteristics of roe deer meat from the foothill zone of the North Caucasus // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. – 2019. – No. 1 (75). – pp. 184–185.

8. Okhremenko V.A. Comparative characteristics of meat productivity and meat quality in representatives of domesticated and wild populations of the deer family: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. – Barnaul, 2006. – 22 p.

9. Assessment of the quality of dietary protein in human nutrition: report based on the results of a FAO expert consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p.

.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 38.29.12.000.63 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-86-97

Разработка замороженного кисломолочного десерта с антиоксидантными свойствами

Development of a fermented dairy dessert with antioxidant potential based on plant raw materials and a probiotic culture

Аспирант М.Ю. Тюрин (ORCID 0009-0001-5776-9318), профессор С.В. Китаевская (ORCID 0000-0002-2211-8742), доцент К.Л. Шнайдер (ORCID — 0000-0001-8089-1576),

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

tyuris777@mail.ru

Postgraduate student M.Yu. Tyurin (ORCID 0009-0001-5776-9318), Professor S.V. Kitaevskaya (ORCID 0000-0002-2211-8742), Associate Professor K.L. Schneider (ORCID — 0000-0001-8089-1576).

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technological University”

tyuris777@mail.ru

Аннотация. В статье проведены результаты комплексного исследования антиоксидантных свойств порошкового зеленого чая матча и оценки возможности его применения в технологии йогуртового замороженного десерта с зеленым чаем матча. Цель настоящей работы – оценить перспективы применения зеленого чая матча в технологии функционального замороженного йогуртового десерта, выработанного на основе криорезистентного штамма *L. casei 32*. В образцах определяли массовую долю белка, углеводов, жира, энергетическую ценность, восстанавливающую силу, антирадикальную активность, общую антиоксидантную активность, органолептические характеристики. Установлено, что чай матча обладает высоким антиоксидантным потенциалом, что свидетельствует о возможности его использования в качестве эффективного источника природных антиоксидантов при разработке функциональных продуктов питания. Выявлено, что антиоксидантная активность йогуртовых десертов с добавлением матча возрастает пропорционально увеличению концентрации порошка: при увеличении с 0 % до 8 % антирадикальная активность повышается в 5,07 раз, восстанавливающая сила в 3,8 раза. В результате проведенных исследований разработан новый замороженный десерт с добавлением 6 % чая матча, представляющий собой инновационный продукт с выраженными антиоксидантными свойствами и улучшенными органолептическими характеристиками. Полученные результаты позволят расширить ассортимент функциональных кисломолочных продуктов и способствуют внедрению инновационных решений в пищевую промышленность.

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of the antioxidant properties of matcha green tea powder and an assessment of the possibility of its application in the technology of a frozen yogurt dessert with matcha green tea. The aim of this work is to evaluate the prospects of using matcha green tea in the technology of a functional frozen yogurt dessert produced on the basis of the cryoresistant strain L. casei 32. The mass fraction of protein, carbohydrates, fat, energy value, reducing power, antiradical activity, total antioxidant activity, and organoleptic characteristics were determined in the samples. It has been established that matcha tea has a high antioxidant potential, which indicates the possibility of its use as an effective source of natural antioxidants in the development of functional food products. It was revealed that the antioxidant activity of yogurt desserts with the addition of matcha increases proportionally with an increase in the powder concentration: with an increase from 0% to 8%, the antiradical activity increases 5.07 times, and the reducing power 3.8 times. As a result of the conducted research, a new frozen dessert with the addition of 6% matcha tea was developed, representing an innovative product with pronounced antioxidant properties and improved organoleptic characteristics. The obtained results will allow expanding the range of functional fermented dairy products and contribute to

© М.Ю. Тюрин, С.В. Китаевская, К.Л. Шнайдер, 2026

the introduction of innovative solutions in the food industry.

Ключевые слова: матча, йогурт, антиоксиданты, пробиотики, криорезистентность, ферментация, Lactobacillus, функциональность, биоактивность.

Keywords: matcha, yogurt, antioxidants, probiotics, cryoresistance, fermentation, Lactobacillus, functionality, bioactivity.

В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к разработке функциональных пищевых продуктов, обогащённых природными биологически активными соединениями, обладающими антиоксидантными свойствами [1,2].

Антиоксиданты играют ключевую роль в ингибировании окислительного стресса, который рассматривается в качестве одного из основных факторов хронических неинфекционных заболеваний и преждевременного старения организма [3].

Зелёный чай матча (*Camellia sinensis L.*), представляющий собой тонкодисперсный порошок, полученный из теневых чайных листьев, характеризуется высоким содержанием полифенольных соединений, преимущественно катехинов, хлорофилла, аминокислот и природных антиоксидантов, что обуславливает его перспективность в качестве источника биологически активных веществ при создании продуктов питания функционального назначения .

Эффективность внесения чая в состав йогурта для повышения его антиоксидантного потенциала подтверждена рядом исследований.

Так, Celik с соавторами установили, что добавление 1% зелёного чая увеличивает содержание общего фенола в йогурте с 50,79 до 1264,20 мкг GAE/г (эквивалент галловой кислоты), а антиоксидантная активность возрастает более чем в 100 раз по сравнению с контролем. При этом внесение чая не оказывало негативного влияния на микробиологические показатели (жизнеспособность молочнокислых микроорганизмов сохранялась на уровне $>10^7$ КОЕ/г в течение всего срока хранения) и текстурные характеристики продукта [5].

В работе Skulska с соавторов [6], посвящённой непосредственно разработке технологии йогурта с матча, показано, что оптимальная концентрация порошка способствует улучшению структурно-механических свойств — повышению вязкости и стабильности геля без появления зернистости или избыточной горечи, при этом антиоксидантная активность и содержание биологически активных соединений в присутствии матча значительно возрастают [6].

Приведённые данные свидетельствуют о целесообразности использования зелёного чая матча в качестве эффективного источника природных антиоксидантов при разработке обогащённых молочных продуктов, включая замороженные кисломолочные десерты.

В связи с этим актуальной задачей является изучение возможности использования порошкового чая матча для обогащения кисломолочных продуктов, в частности замороженных йогуртовых десертов, которые пользуются устойчивым спросом благодаря своим вкусовым и питательным качествам

Несмотря на наличие данных о пользе зеленого чая, недостаточно изучено влияние добавления чая матча на органолептические и функциональные свойства замороженных кисломолочных продуктов с пробиотическими свойствами.

Ранее нами доказана эффективность применения криорезистентного штамма *L. casei 32* в технологии замороженной функциональной продукции на йогуртовой основе [8]. Штамм *L. casei 32* характеризуется высокой кислотообразующей активностью, способностью ускорять сквашивание, формировать плотный сгусток с чистым кисломолочным вкусом и ароматом, а также выраженной

криорезистентностью (снижение гибели клеток в замороженном йогурте на 21,5% по сравнению с классической закваской) и сохранением молочнокислых микроорганизмов на уровне около 10^7 КОЕ/г в течение всего срока хранения, что соответствует требованиям госта ГОСТ 31981-2013. Штамм устойчив к кислому pH, желчи, соли и фенолу, проявляет антагонизм к патогенам и высокую протеолитическую активность [8].

Применение криорезистентного штамма *L. casei 32* может значительно улучшить функциональные и технологические свойства продукции, что повысит их конкурентоспособность среди замороженных кисломолочных продуктов на рынке молочной продукции.

Цель настоящей работы – оценить возможность применения зеленого чая матча в технологии функционального замороженного йогуртового десерта, созданного на основе криорезистентного штамма *L. casei 32*.

Объектами исследования служили штамм *Lactobacillus casei 32* [8] из коллекции микроорганизмов кафедры технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», а также образцы замороженного йогуртового десерта, приготовленные с его применением.

В качестве источника биоактивных соединений использовали коммерческий образец чая матча торговой марки «Origami Tea» (Япония)**,** категории «Standard grade», изготовленный из листьев культуры *Camellia sinensis*. Сорт предназначен для кулинарных целей и производства напитков. Характеристика чая матча представлена в таблице 1.

Таблица 1

Содержание основных пищевых веществ и энергетическая ценность (в пересчёте на 100 г продукта)

Наименование показателя	Содержание
Базовые нутриенты и энергетическая ценность	
Энергетическая ценность	324 ккал
Массовая доля влаги	5,0 г
Белки	30,6 г
Жиры	5,3 г
Углеводы	38,5 г
Зола	7,4 г
Пищевые волокна	
Растворимые пищевые волокна	6,6 г
Нерастворимые пищевые волокна	31,9 г
Общее количество пищевых волокон	38,5 г
Макро- и микроэлементы	
Натрий (Na)	6 мг
Калий (K)	2700 мг
Кальций (Ca)	420 мг
Магний (Mg)	230 мг
Фосфор (P)	350 мг
Железо (Fe)	17,0 мг
Цинк (Zn)	6,3 мг
Медь (Cu)	0,60 мг
Витамины	
Эквивалент -каротина	29 000 мкг
Эквивалент активности ретинола	2400 мкг
Витамин E	28,1 мг

Витамин К	2900 мкг
Витамин В1 (тиамин)	0,60 мг
Витамин В2 (рибофлавин)	1,35 мг
Витамин В3/РР (ниацин)	4,0 мг
Витамин В6 (пиридоксин)	0,96 мг
Фолаты (производные фолиевой кислоты)	1200 мкг
Пантотеновая кислота (витамин В5)	3,70 мг
Витамин С (аскорбиновая шкала)	60 мг
Липидный профиль	
Насыщенные жирные кислоты	0,68 г
Мононенасыщенные жирные кислоты	0,34 г
Полиненасыщенные жирные кислоты	2,16 г

Для получения водного экстракта навеску порошка чая матча массой 2,0 г помещали в колбу, заливали 100 мл дистиллированной воды (температура 80 °С) и экстрагировали в течение 30 минут при постоянном перемешивании.

Для получения спиртового экстракта 2,0 г порошка экстрагировали 100 мл 70%-ного водного раствора этилового спирта в аналогичных условиях. Полученные экстракты центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 минут, супернатант фильтровали через бумажный фильтр и использовали для дальнейших спектрофотометрических исследований.

В качестве молочной основы для производства десерта использовали нормализованную молочно-сливочную смесь с массовой долей жира 12,5 %. Для достижения требуемых органолептических показателей и плотности сгустка в смесь вносили сахарозу в количестве 7,5 %. Смесь пастеризовали при температуре 85 °С с выдержкой 10 минут, после чего охлаждали до температуры заквашивания (37±2 °С).

Инокуляцию проводили активированной культурой криорезистентного штамма *L. casei 32*. Ферментацию осуществляли термостатным способом до достижения pH 4,5–4,7. После сквашивания в базу вносили порошок зеленого чая матча в концентрациях от 2 % до 8 % от массы смеси, тщательно гомогенизировали, после чего продукт подвергали фризерованию при температуре минус 18 °С.

Комплексную оценку антиоксидантной активности исследуемых образцов проводили с использованием трех независимых биохимических тест-систем. Все спектрофотометрические измерения выполняли на микропланшетном спектрофотометре INNO (LTEK Co., Ltd., Южная Корея).

Антирадикальную активность (DPPH-тест) определяли по способности исследуемых фракций зеленого чая матча выступать донорами атомов водорода и восстанавливать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ), классическая методика Brand-Williams. В опытные пробирки вносили 0,25 мл образца, 1,75 мл 80%-ного этанола и 2,0 мл свежеприготовленного раствора ДФПГ (0,2 мМ в 90%-ном этаноле).

Контрольная проба содержала 2,0 мл 80%-ного этанола и 2,0 мл раствора ДФПГ. Для компенсации собственной мутности и окраски зеленого чая матча готовили фоновые пробы (0,25 мл образца и 3,75 мл 80%-ного этанола). Реакционные смеси инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 60 мин, после чего измеряли оптическую плотность при 520 нм.

Антирадикальную активность выражали в процентах ингибирования ДФПГ и рассчитывали по формуле:

$$DPPH_{inhibition}(\%) = \left[1 - \frac{A_{sample} - A_{blank}}{A_{control}}\right] \times 100$$

Asample — оптическая плотность опытной пробы (образец + ДФПГ);

Ablank — оптическая плотность фоновой пробы образца (компенсация собственной мутности и цвета образца);

Acontrol — оптическая плотность контрольной пробы (ДФПГ без образца).

Восстанавливающую силу (Fe^{3+} reducing power) оценивали по модифицированному методу Oyaizu, основанному на способности антиоксидантов восстанавливать трехвалентное железо до двухвалентного. На финальном этапе реакции к 500 мкл подготовленного инкубационного образца добавляли 500 мкл дистиллированной воды и 100 мкл 0,1%-ного раствора хлорида железа (III) ($FeCl_3$). Интенсивность образования окрашенного комплекса регистрировали при 700 нм.

Относительную восстанавливающую способность образцов (в процентах) определяли путем сравнения со стандартным раствором аскорбиновой кислоты, обработанным в аналогичных условиях, по формуле:

$$\%\ \text{Восстановительной силы} = \left(\frac{\Delta A_{\text{образца}}}{\Delta A_{\text{аскорбиновой кислоты}}}\right) \times 100$$

Общую антиоксидантную активность определяли по степени ингибирования перекисного окисления липидов в эмульсионной тест-системе «β-каротин — линолевая кислота» по классической методике H. E. Miller. Метод базируется на способности антиоксидантов нейтрализовать свободные радикалы, образующиеся при окислении линолевой кислоты, тем самым защищая сопряженные двойные связи β-каротина от разрушения и последующего обесцвечивания. Оптическую плотность эмульсии фиксировали при 470 нм.

Нутриентный профиль десертов (массовую долю белков, жиров и углеводов) определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с применением ИК-анализатора ИнфраЛЮМ® ФТ-12 (ООО «Люмэкс», Россия).

Органолептические показатели оценивала дегустационная комиссия, состоящая из 16 нетренированных добровольцев, не курящих (8 мужчин и 8 женщин, возраст 19–60 лет). Продукты оценивались по пятибалльной шкале.

Построение органолептического профиля (рисунок 1) осуществляли путем расчета среднеарифметических бальных оценок экспертной комиссии по каждому дескриптору. Интегральный показатель потребительских предпочтений (рисунок 2) определяли на основе частотного анализа выбора дегустаторов.

Определение жизнеспособности L. casei 32. Количество жизнеспособных клеток определяли методом глубинного посева на среду MRS. Образцы десерта (10 г) гомогенизировали в 90 мл стерильного 0,9% раствора NaCl, готовили десятикратные разведения. Из соответствующих разведений отбирали по 1 мл, вносили в чашки Петри и заливали расплавленным агаром MRS. Инкубацию проводили при 37±1 °C в анаэробных условиях в течение 48 ч. Результаты выражали в КОЕ/г. Определение выполняли сразу после замораживания и через 30 суток хранения при –18 °C.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием стандартных методов. Данные представлены как среднее арифметическое трех повторностей эксперимента и его стандартное отклонение (M ± SD). Достоверность различий между группами данных оценивали с помощью двухвыборочного t-критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при уровне $p \leq 0,05$.

На начальном этапе исследования проводилась комплексная *in vitro* оценка антиоксидантного профиля порошкового зеленого чая матча. Поскольку

биологически активные вещества нейтрализуют активные формы кислорода через различные физико-химические механизмы, для получения объективных данных использовались три независимые тест-системы. В качестве экстрагентов применялись вода и этиловый спирт, что позволило оценить влияние полярности растворителя на выход антиоксидантов. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Антиоксидантная активность чая матча

Показатель	Водный экстракт	Спиртовой экстракт
Восстанавливающая сила, %	94,6 ± 3,2	113,5 ± 2,9
Антирадикальная активность (DPPH), %	57,4 ± 2,1	69,7 ± 1,6
Общая антиоксидантная активность (β-каротин/линолевая к-та), % ингибирования	76,8 ± 4,1	84,3 ± 3,5

Примечание: Значения >100% указывают на более высокую восстановительную активность образца по сравнению со стандартом, что возможно для концентрированных растительных экстрактов с высоким содержанием полифенолов [9].

Анализ полученных данных демонстрирует выраженную зависимость антиоксидантной активности от природы используемого экстрагента. Во всех проведенных испытаниях спиртовые экстракты показали более высокую эффективность по сравнению с водными:

Восстанавливающая способность отражающая способность соединений выступать в роли доноров электронов для восстановления ионов железа (от Fe^{3+} до Fe^{2+}), в спиртовом экстракте оказался на 20 % выше, чем в водном (113,5 % против 94,6 %). Это указывает на высокую концентрацию полифенольных соединений с выраженными восстановительными свойствами в спиртовой среде.

Антирадикальная активность (метод DPPH): способность экстрактов улавливать и нейтрализовать свободные радикалы также достигла максимума при использовании спирта в качестве растворителя (69,7 %), превысив показатели водной экстракции (57,4 %) примерно на 21 %.

Ингибирование перекисного окисления липидов: В системе «β-каротин/линолевая кислота» оба экстракта продемонстрировали высокую способность защищать липиды от окислительной деградации, однако спиртовой экстракт показал большую результативность (84,3% ингибирования).

Превосходство спиртовых экстрактов над водными, вероятно, обусловлено тем, что водно-спиртовая среда более эффективно извлекает катехины и другие полифенолы, составляющие основу антиоксидантного комплекса чая матча.

В целом, стабильно высокие показатели по механизмам одноэлектронного переноса (восстанавливающая сила, антирадикальная активность) и способность подавлять окисление липидов подтверждают значительный антиоксидантный потенциал чая матча.

Анализ полученных данных демонстрирует выраженную зависимость антиоксидантной активности чая матча от природы экстрагента.

Дальнейшие экспериментальные исследования проводились с целью определения оптимальной концентрации чая матча, вносимого в продукт с целью обогащения.

Для определения оптимальной дозировки порошкового зеленого чая матча в рецептуре замороженных йогуртовых десертов был проведен профильный органолептический анализ.

Оценка образцов с концентрацией растительного компонента от 2% до 8% осуществлялась экспертной дегустационной комиссией по ключевым дескрипторам качества.

Результаты моделирования органолептического профиля на рисунке 1.

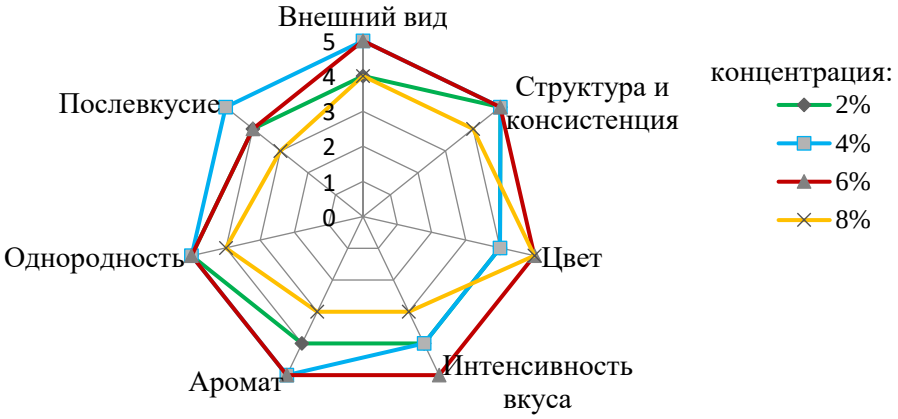


Рис. 1. Органолептическая оценка йогуртовых десертов

Все исследуемые образцы характеризовались однородной, достаточно плотной структурой без признаков песчанистости (крупных конгломератов жира) и ощутимых кристаллов свободной влаги. Это свидетельствует о том, что введение чая матча в диапазоне до 6% включительно не оказывает деструктивного влияния на процессы кристаллизации при фризеровании и способствует сохранению стабильной мелкокристаллической структуры. Однако при максимальной концентрации (8%) отмечено снижение оценки за однородность до 3,5 баллов, что может быть связано с избытком сухих веществ и частичным нарушением стабильности коллоидной системы десерта.

С увеличением дозировки чая матча от 2% до 6% наблюдалось естественное повышение интенсивности окраски от бледно-зеленого до насыщенного, характерного для фитокомпонента изумрудного оттенка, что положительно коррелировало с оценками за внешний вид.

Введение добавки в количестве 4% и 6% позволило получить гармоничный, чистый кисломолочный вкус с выраженными танинными нотами зеленого чая и умеренной сладостью. При этом образец с 4%-м содержанием матча получил максимальный балл (5,0) за показатель «Послевкусие». Повышение концентрации до 8% привело к резкому снижению оценок по дескрипторам «Аромат» (3,0 балла) и «Интенсивность вкуса» (3,0 балла) вследствие появления избыточной, несбалансированной травянистой горечи и терпкости, ухудшающих общую органолептическую ценность продукта.

Для установления окончательной рецептурной дозировки был проанализирован интегральный показатель потребительских предпочтений (рисунок 2).

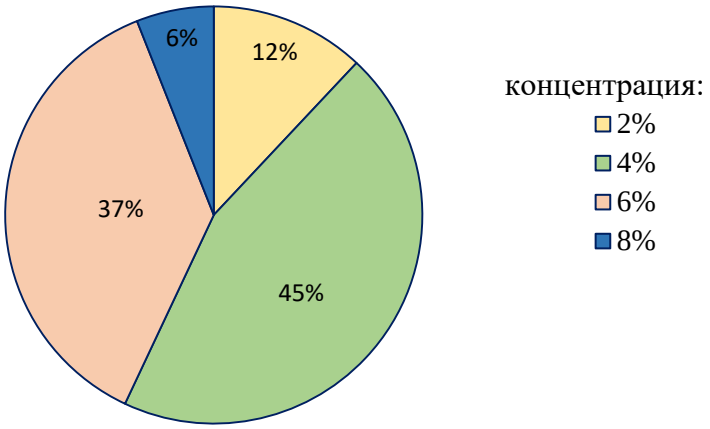


Рисунок 2. Дегустационная оценка десертов

Согласно полученным данным, доминирующие позиции заняли образцы с умеренным содержанием фитокомпонента. Наибольший отклик у дегустаторов вызвал образец с 4%-й концентрацией чая матча, на долю которого пришлось 45% предпочтений. Второе место занял образец с 6%-м содержанием добавки (37% голосов), который привлекал экспертов более ярким визуальным воплощением (цветом), но незначительно уступал по мягкости послевкусия. Внесение 2% добавки признано недостаточным для формирования выраженного целевого вкуса (12%), в то время как дозировка 8% получила минимальный приоритет (всего 6%) из-за органолептического дисбаланса.

Данные, представленные в таблице 3 свидетельствуют о высоких антиоксидантных свойствах йогуртового замороженного десерта с добавлением порошкового чая матча и штамма *Lactobacillus casei 32*.

Установлено, что антиоксидантная активность исследуемых десертов прямо пропорционально зависит от концентрации исследуемой добавки; при увеличении концентрации чая матча от 0 % до 8 % повышается антирадикальная активность продукта в 5,07 раз, восстанавливающая сила в 3,8 раза, что свидетельствует об антиоксидантном потенциале зеленого чая матча (таблица 3).

Таблица 3

Антиоксидантная активность образцов

Концентрация чая матча, %	Антирадикальная активность (DPPH), % ингибирования	Восстанавливающая сила (FRAP), % от аскорбиновой кислоты
0 (контроль)	18,25 ± 1,2	18,0 ± 1,1
2	26,46 ± 1,5	24,6 ± 1,3
4	42,60 ± 2,1	34,1 ± 1,8
6	63,13 ± 2,8	50,7 ± 2,4
8	92,60 ± 3,5	69,2 ± 3,1

Базовый уровень антиоксидантной активности в контрольном образце (0% добавки) составил 18,25% (антирадикальная активность) и 18,0% (восстанавливающая сила). Данный фон обусловлен присутствием молочных белков и пептидов, а также метаболической активностью заквасочной культуры *L. casei* 32.

Внесение растительного компонента приводит к выраженному дозозависимому увеличению исследуемых параметров. Анализ экспериментальных

данных подтверждает наличие прямой пропорциональной зависимости между массовой долей чая матча и антиоксидантным потенциалом продукта, достигающим своих максимумов при концентрации 8% (92,6% и 69,2% соответственно).

Однако, принимая во внимание результаты профильного органолептического анализа, наиболее рациональным технологическим решением является использование 6%-й концентрации фитодобавки**.** Данный образец демонстрирует оптимальный баланс: при сохранении высоких сенсорных характеристик его антирадикальная активность превосходит показатели контрольного образца в 3,5 раза (составляя 63,13%), а восстанавливающая сила — в 2,8 раза (50,7%).

Полученные результаты подтверждают высокий антиоксидантный потенциал чая матча и его способность существенно повышать антиоксидантную активность обогащённых продуктов. Эти данные согласуются с современными исследованиями, в частности, Fang et al. (2026) показали, что селен-обогащённый матча обладает значительно более высокой антирадикальной активностью (DPPH) по сравнению с обычным матча, а также демонстрирует выраженные антиоксидантные эффекты и положительное влияние на здоровье кишечника в условиях in vivo [10].

Таким образом, концентрация чая матча на уровне 6% к массе продукта является технологически обоснованной, обеспечивая эффективный синергизм пробиотических свойств *Lactobacillus casei* 32 и высокого антиоксидантного потенциала растительного компонента в составе йогурта.

На заключительном этапе физико-химических испытаний была определена пищевая и энергетическая ценность разработанной рецептуры замороженного кисломолочного десерта, ферментированного штаммом *Lactobacillus casei* 32 и обогащенного оптимальной дозой (6%) зеленого чая матча. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4

Пищевая ценность разработанного десерта (на 100 г)

Показатель	Значение
Белки, г	3,4
Жиры, г	12,6
Углеводы, г	12,0
Энергетическая ценность, ккал	175,7

Анализ данных, представленных в таблице 4, свидетельствует о сбалансированном нутриентном составе разработанного продукта. Баланс белковой (3,4 г) и углеводной (12,0 г) фракций в сочетании с молочным жиром формирует умеренную энергетическую ценность на уровне 175,7 ккал/100 г, что отвечает современным нутрициологическим требованиям к десертной продукции.

Полученные показатели согласуются с данными литературы о высоком нутриентном потенциале матча. Так, Kika et al. (2024) показали, что сухой порошок матча содержит 17,3 г/100 г белка, 7,285 г/100 г жира (с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот) и значительное количество пищевых волокон (56,1 г/100 г), что подтверждает ценность матча как функционального ингредиента [11].

Для подтверждения функциональности разработанного продукта оценивали жизнеспособность криорезистентного штамма *L. casei 32* в контрольном образце (0% матча) и в образце с оптимальной концентрацией 6% матча. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5

Выживаемость *L. casei 32* в замороженном йогуртовом десерте в процессе хранения при –18 °С, %

Образец	Продолжительность хранения образцов			
	10 суток	30 суток	60 суток	90 суток
Контроль (0% матча)	95,6±0,4	89,7±0,5	85,4±0,5	79,6±0,3
Опыт (6% матча)	96,3±0,6	93,8±0,4	90,1±0,6	86,1±0,4

Установлено, что хранении образцов десерта в замороженном виде при температуре -18 ±2 ^{0}С в течение 90 суток гибель клеток штамма *L. casei 32* составляет 20,4 %, тогда как с добавлением чая матча – 13,9 %.

Полученные данные показывают, что внесение 6% порошка чая матча не оказывает ингибирующего действия на молочнокислые микроорганизмы: во всех образцах содержание *L. casei 32* превышает 1 × 10^7 КОЕ/г, что соответствует требованиям ГОСТ 31981-2013 для йогуртов. Отмечено незначительное снижение жизнеспособности через 90 суток хранения, что характерно для замороженных кисломолочных продуктов и подтверждает высокую криорезистентность использованного штамма.

В ходе проведённого исследования были всесторонне изучены антиоксидантные свойства порошкового зеленого чая матча и его влияние на качество замороженного йогуртового десерта. Полученные результаты подтверждают, что чай матча обладает высоким антиоксидантным потенциалом, что проявляется в значительной антирадикальной активности и восстанавливающей силе как водных, так и спиртовых экстрактов.

Введение чая матча в состав десерта расширяет ассортимент функциональных кисломолочных продуктов, отвечающих современным требованиям потребителей к здоровому и полезному питанию. Таким образом, новый йогуртовый замороженный десерт с применением криорезистентного штамма *L. casei 32* и добавлением 6 % чая матча представляет собой инновационный продукт с выраженными антиоксидантными свойствами и высокими органолептическими характеристиками.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой новых замороженных кисломолочных продуктов с антиоксидантными свойствами для специального и персонализированного питания, с использованием новых штаммов молочнокислых бактерий, выделенных из сырого коровьего и козьего молока, а также сметаны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bautista-Exposito S., Tome-Sanchez I., Martin-Diana A.B., Frias J., Penas E., Rico D., Casas M.J.G., Martinez-Villaluenga C. Выбор фермента и гидролиз в оптимальных условиях улучшили растворимость фенольных кислот, а также антиоксидантную и противовоспалительную активность пшеничных отрубей // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9. – No. 10. – Article 984. – DOI: 10.3390/antiox9100984.

2. Нилова Л.П. Оценка антиоксидантных свойств консервов из клюквы с сахаром при изготовлении и хранении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2024. – Т. 17. – № 4. – С. 3–11. – DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-4-3-11.

3. Кедринская Л.И., Яшин А.Я., Яшин Я.И. Профилактика и лечение сердечно-сосудистых заболеваний природными антиоксидантами // Аналитика. – 2023. – Т. 13. – № 5. – С. 338–345. – DOI: 10.22184/2227-572X.2023.13.5.338.344.

4. Jakubczyk K., Kochman J., Kwiatkowska A., Antoniewicz J., Dec K., Kawczuga D., Janda-Milczarek K. Антиоксидантные свойства и питательный состав зеленого чая матча // Foods. – 2020. – Vol. 9. – No. 4. – Article 483. – DOI: 10.3390/foods9040483.

5. Celik O.F., Kilicaslan M., Akcaoglu S., Ozturk Y. Улучшение антиоксидантной активности йогурта с помощью добавления черного и зеленого чая // International Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 58. – No. 11. – Pp. 6121–6130. – DOI: 10.1111/ijfs.16722.

6. Skulska I.V., Tsisaryk O.Y., Holubev V.Y. Разработка технологии йогурта с матча и её физиолого-гигиеническая оценка // Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies. – 2025. – Vol. 27. – No. 104. – Pp. 61–67. – DOI: 10.32718/nvlvet-f10410.

7. Десятков М.А., Соболева Н.В., Выжимова Е.А., Десяткова А.А. Использование чая матча при производстве йогурта // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2026. – № 1 (117). – С. 299–305. – DOI: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-299-305.

8. Китаевская С.В., Решетник О.А., Камартдинова Д.Р., Волостнова А.Н., Романова Н.К. Оценка биотехнологического потенциала новых штаммов молочнокислых бактерий с криорезистентными свойствами // Вестник ВГУИТ. – 2023. – Т. 85. – № 4. – С. 63–69. – DOI: 10.20914/2310-1202-2023-4-63-69.

9. Sivanesan I., Gopal J., Muthu M., Chun S., Oh J.-W. Ретроспективный анализ антиоксидантной активности японского зеленого чая матча – отсутствие энтузиазма? // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11. – No. 11. – Article 5087. – DOI: 10.3390/app11115087.

10. Fang Q., Tong Z., Liu Y., Wu Z., Zhu J., Shangguan Y., Shen Y., Wang K. Синергические эффекты наноселена и факторов окружающей среды на качество, антиоксидантную активность и пользу для здоровья кишечника матча // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2026. – (Epub ahead of print). – DOI: 10.1021/acs.jafc.6c00065.

11. Kika J., Jakubczyk K., Ligenza A., Maciejewska-Markiewicz D., Szymczykowska K., Janda-Milczarek K. Зеленый чай матча: химический состав, фенольные кислоты, кофеин и профиль жирных кислот // Foods. – 2024. – Vol. 13. – No. 8. – Article 1167. – DOI: 10.3390/foods13081167.

REFERENCES

1. Bautista-Exposito S., Tome-Sanchez I., Martin-Diana A.B., Frias J., Penas E., Rico D., Casas M.J.G., Martinez-Villaluenga C. Enzyme selection and hydrolysis under optimal conditions improved phenolic acid solubility, and antioxidant and anti-inflammatory activities of wheat bran // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9. – No. 10. – Article 984. – DOI: 10.3390/antiox9100984 (English).

2. Nilova L.P. Otsenka antioksidantnykh svoystv konservov iz klyukvy s sakharom pri izgotovlenii i khranenii // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv [Evaluation of antioxidant properties of cranberry preserves with sugar during manufacturing and storage]. – 2024. – Vol. 17. – No. 4. – Pp. 3–11. – DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-4-3-11 (Russian).

3. Kedrinskaya L.I., Yashin A.Ya., Yashin Ya.I. Profilaktika i lechenie serdechno-sosudistykh zabolevaniy prirodnymi antioksidantami // Analitika [Prevention and treatment of cardiovascular diseases with natural antioxidants]. – 2023. – Vol. 13. – No. 5. – Pp. 338–345. – DOI: 10.22184/2227-572X.2023.13.5.338.344 (Russian).

4. Jakubczyk K., Kochman J., Kwiatkowska A., Antoniewicz J., Dec K., Kawczuga D., Janda-Milczarek K. Antioxidant properties and nutritional composition of matcha

green tea // Foods. – 2020. – Vol. 9. – No. 4. – Article 483. – DOI: 10.3390/foods9040483 (English).

5. Celik O.F., Kilicaslan M., Akcaoglu S., Ozturk Y. Improving the antioxidant activity of yogurt through black and green tea supplementation // International Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 58. – No. 11. – Pp. 6121–6130. – DOI: 10.1111/ijfs.16722 (English).

6. Skulska I.V., Tsisaryk O.Y., Holubev V.Y. Development of matcha yogurt technology and its physiological-hygienic assessment // Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies. – 2025. – Vol. 27. – No. 104. – Pp. 61–67. – DOI: 10.32718/nvlvet-f10410 (English).

7. Desyatkov M.A., Soboleva N.V., Vyzhmimova E.A., Desyatkova A.A. Ispolzovanie chaya matcha pri proizvodstve yogurta // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Use of matcha tea in yogurt production]. – 2026. – No. 1 (117). – Pp. 299–305. – DOI: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-299-305 (Russian).

8. Kitaevskaya S.V., Reshetnik O.A., Kamartdinova D.R., Volostnova A.N., Romanova N.K. Otsenka biotekhnologicheskogo potentsiala novykh shtammov molochnokislykh bakteriy s kriorezistentnymi svoystvami // Vestnik VGUIT [Assessment of biotechnological potential of new strains of lactic acid bacteria with cryoresistant properties]. – 2023. – Vol. 85. – No. 4. – Pp. 63–69. – DOI: 10.20914/2310-1202-2023-4-63-69 (Russian).

9. Sivanesan I., Gopal J., Muthu M., Chun S., Oh J.-W. Retrospecting the antioxidant activity of Japanese matcha green tea – lack of enthusiasm? // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11. – No. 11. – Article 5087. – DOI: 10.3390/app11115087 (English).

10. Fang Q., Tong Z., Liu Y., Wu Z., Zhu J., Shangguan Y., Shen Y., Wang K. Synergistic effects of nanoselenium and environmental factors on the quality, antioxidant activity, and gut health benefits of matcha // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2026. – (Epub ahead of print). – DOI: 10.1021/acs.jafc.6c00065 (English).

11. Kika J., Jakubczyk K., Ligenza A., Maciejewska-Markiewicz D., Szymczykowska K., Janda-Milczarek K. Matcha green tea: chemical composition, phenolic acids, caffeine and fatty acid profile // Foods. – 2024. – Vol. 13. – No. 8. – Article 1167. – DOI: 10.3390/foods13081167 (English).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.8.047 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-98-107

Опыт комбинации растительного сырья, в том числе вторичного, в рецептуре снеков, обогащенных антиоксидантами

Experience in combining plant-based raw materials, including secondary ones, in the formulation of antioxidant-enriched snacks

Аспирант З.Ю. Родина, доцент О.В. Перфилова (ORCID 0000-0002-9186-7405)
Мичуринский государственный аграрный университет
o.blinnikova@yandex.ru

Postgraduate student Z.Yu. Rodina, Professor O.V.Perfilova
Michurinsk State Agrarian University
rodina.zlata.96@mail.ru

Аннотация: В связи с растущим спросом на снеки и необходимостью обеспечения наличия в них полезных нутриентов, в частности антиоксидантов, целью работы стала разработка нового вида снеков – чипсов на основе пюре из яблочных выжимок и черноплодной рябины, муки овсяной и порошка из травы зверобоя. Химический анализ растительного сырья подтвердил перспективность его использования в качестве источника углеводов (сахаров и пищевых волокон) и природных антиоксидантов. Разработана рецептура чипсов «Рябиновый цвет», технологической особенностью производства которых является применением инфракрасно-конвективной сушки при температуре 50 °С, которая обеспечивает высокую сохранность термолабильных антиоксидантов по сравнению с традиционным конвективным способом сушки. В работе подтверждена возможность использования для чипсов черноплодной рябины следующих сортов Черноплодная, Вениса и Мулатка, определена зависимость содержания в готовых чипсах флавоноидов, аскорбиновой кислоты, суммарного содержания антиоксидантов и бета-каротина от сорта черноплодной рябины. Установлена рекомендуемая порция потребления чипсов «Рябиновый цвет» - 10 г, которая обеспечивает покрытие адекватного уровня потребления взрослого организма человека в флавонолах, катехинах и антоцианах в количестве не менее 15% и физиологической суточной потребности в пищевых волокнах – не менее 9%..

Abstract.: Due to the growing demand for snacks and the need to ensure they contain beneficial nutrients, particularly antioxidants, the goal of the study was to develop a new type of snack – chips made from apple and chokeberry puree, oat flour, and St. John's wort powder. Chemical analysis of the plant material confirmed its potential as a source of carbohydrates (sugars and dietary fiber) and natural antioxidants. A recipe for "Ryabinovyj cvet" chips was developed. A technologically advanced feature of the production process is the use of infrared convective drying at 50°C, which ensures high preservation of heat-labile antioxidants compared to traditional convective drying. The study confirmed the suitability of the following chokeberry varieties for making chips: Chernoplodnaya, Venisa, and Mulatka. The relationship between the flavonoid, ascorbic acid, total antioxidant, and beta-carotene content of the finished chips and the chokeberry variety was determined. The recommended serving size for "Ryabinovyj cvet" chips was established at 10 g, which provides at least 15% of the adult human intake of flavonols, catechins, and anthocyanins, and at least 9% of the physiological daily requirement for dietary fiber.

Ключевые слова: растительное сырье, антиоксиданты, чипсы, рецептура, пищевая ценность.

Keywords: Plant-based ingredients, antioxidants, chips, recipe, nutritional value

В связи с увеличением ритма жизни в современном мире возросло потребление перекусов. Для перекуса стали использовать сухие продукты питания –

© З.Ю. Родина, О.В. Перфилова, 2026

снеки. Впервые понятие снек, означающее легкая закуска, появилось в англоговорящих странах. Издавна в России для перекуса использовали чипсы из картофеля и несложные бутерброды [3, 9].

В связи с увеличением ритма жизни в современном мире возросло потребление перекусов. Для перекуса стали использовать сухие продукты питания - снеки. Впервые понятие снек, означающее легкая закуска, появилось в англоговорящих странах. Издавна в России для перекуса использовали чипсы из картофеля и несложные бутерброды [3, 9].

За последние годы спрос на перекусы увеличился, но покупатели стали отдавать предпочтение так называемым полезным перекусам. В эту категорию входят снеки, имеющие в своем составе растительную основу, а также продукты, которые богаты клетчаткой, белком и натуральными ингредиентами. Благодаря этому увеличилось количество функциональных закусок за счет введения в состав пробиотиков, антиоксидантов и адаптогенов для поддержания здоровья человека [11].

Пандемия увеличила развитие снекингого производства в России. В 2021 году Россия заняла лидирующие позиции темпов роста продаж в категории «снекинг». В 2023 году в России увеличилась продажа снеков на 1,4%, что составило 716 тыс. т. В течение прошлых лет продажи росли от 0,7% до 6,4% [2, 10].

Производство снеков, в частности чипсов, обогащенных антиоксидантов в современных условиях экологической обстановки, актуально, так как именно антиоксиданты эффективно блокируют вредное воздействие на организм человека свободных антиоксидантов. В Мичуринском аграрном институте ведутся исследования по изучению антиоксидантного состава местного растительного сырья и проектированию с его использованием пищевых систем [1, 2, 5-8].

Целью работы явилась разработка нового вида снеков - чипсов, обогащенных природными антиоксидантами для здорового питания.

Объектами исследования выступали: выжимки от производства яблочного сока прямого отжима, произведенные на шнековом прессе (выход сока 45%) и пюре; черноплодная рябина сортов Черноплодная, Мулатка и Вениса; порошок из травы зверобоя; мука овсяная СТО 53548590-019-2013; опытные образцы чипсы.

Рябина черноплодная была выращена в условиях Всероссийского научно-исследовательского института имени И.В. Мичурина. Трава зверобоя была собрана на территории г. Мичуринска Тамбовской области.

Растительные объекты подлежали анализу на содержание следующих компонентов:

- сухие вещества по ГОСТ 28561-90;
- сахара по ГОСТ 8756.13-87;
- пектиновые вещества объемным методом по С. Я. Райк;
- клетчатка весовым методом по Петербургскому;
- органические кислоты по ГОСТ ISO 750-13;
- зола по ГОСТ 25555.4-91.

Антиоксиданты такие, как аскорбиновая кислота и жирорастворимый бета-каротин определяли с помощью прибора Флюорат-02 методом ВЭЖХ, растительные полифенолы, такие как флавонолы и катехины – колориметрическим методом в модификации Л.И. Вигорова, антоцианы по методике Никитского ботанического сада. В образцах растительного сырья и чипсов определяли суммарное содержание антиоксидантов (ССА) по кверцетину с использованием жидкостного хроматографа Цвет Яуза-01-АА. Пищевая ценность готовых чипсов оценивалась расчетным путем.

Так как в яблочные выжимки при производстве сока попадают семена, перегородки и кожица, то с целью достижения однородной массы для чипсов предложено следующее новое технологическое решение: выжимки бланшируют и направляют в протирочную машину с отверстиями сит №1-1,2 мм и №2-0,8 мм в результате чего получается пюре и вытерки, последние направляют в инфракрасно-конвективную сушилку с температурой 60 0С, где сушат до достижения влажности не более 10%, и далее после охлаждения выжимок до 20 0С их измельчают в молотковой дробилке в порошок, который после пропускания через магнитоуловитель смешивается с полученным пюре в месильной машине.

Процесс производства пюре из черноплодной рябины включал следующие этапы: отделение от веточек, сортирка по качеству и инспекция на роликовом транспортере, мойка в чистой проточной воде с использованием специализированных моечных машин, таких как вибрационные. Далее подготовленные плоды подвергались бланшированию, после их размягчения протирались на протирочных машинах с диаметром отверстий сит № 1 - 1,2 мм и № 2 - 0,8 мм с целью отделения мякоти от кожицы и семян и получения пюре, которое затем подвергалось гомогенизации.

Трава зверобоя в работе использованы в виде порошка, полученного следующим образом: для получения порошка траву зверобоя заготавливали в фазе цветения до появления зрелых плодов, в сухую погоду вручную ножницами, либо секатором. Далее траву сортировали по качеству и проводили инспекцию, затем ее равномерно укладывали в один слой на сетчатые поддоны для сушки в инфракрасно-конвективном сушильном шкафу «Универсал-СД-4» при температуре 40 °С до достижения конечной влажности сырья не более 10%. После этого сырье охлаждали и повторно сортировали, затем измельчали, просеивали и упаковывали.

Пюре из черноплодной рябины готовили традиционным способом.

Таблица 1

Химический состав растительного сырья, используемого для приготовления чипсов

Наименование растительных объектов	СВ	Сахара		Клет-чатка	Пекти-новые вещества	ОК	Зола
		редуци-рующие сахара	саха-роза				
Рябина черноплодная сорта:							
Черноплодная	21,8± 0,11	8,4± 0,33	5,5± 0,30	2,5± 0,51	1,8± 0,05	1,25± 0,03	0,5± 0,01
Мулатка	23,1± 0,14	12,2± 0,41	1,6± 0,10	3,6± 0,65	2,5± 0,08	0,93± 0,02	0,8± 0,03
Вениса	23,4± 0,12	11,7± 0,39	2,9± 0,17	3,2± 0,60	2,2± 0,05	0,87±0 ,02	0,7± 0,03
Яблочные выжимки	17,5± 0,08	7,1± 0,24	1,3± 0,05	1,8± 0,47	2,3± 0,06	0,6± 0,01	0,5± 0,01
Мука овсяная	91,2± 0,42	0,4± 0,02	1,3± 0,08	2,9 ±0,61	0,0	0,0	1,8± 0,08
Порошок из травы зверобоя	87,6± 0,43	7,3± 0,30	0,2± 0,02	27,6± 1,58	3,2± 0,05	1,58±0 ,05	3,2± 0,16

Основная доля сухих веществ у черноплодной рябины и яблочных выжимок приходится на сахара и составила 60-64% и 48%, при этом, они преимущественно представлены редуцирующими сахарами. В муке овсяной и порошке из травы зверобоя доля сахаров составила 1,9 и 8,6%.

Важное значение для организма человека среди углеводов имеют пищевые волокна, так как благотворным образом влияют на функции желудочно-кишечного тракта. В растительных объектах были определены клетчатка и пектиновые вещества. В черноплодной рябине и яблочных выжимках, в среднем, содержание клетчатки составило 3,1 и 1,8 г/100 г, мука овсяная по данному показателю занимает среднее положение. Если клетчатка относится к нерастворимым пищевым волокнам, то пектиновые вещества являются растворимыми и содержатся в черноплодной рябине и яблочных выжимках в количествах, в среднем, 2,2 и 2,3 г/100 г. Как и по содержанию клетчатки, так и по наличию пектиновых веществ, порошок из травы зверобоя занимает лидирующую позицию.

Органические кислоты содержатся в черноплодной рябине в количествах от 1,8 до 2,5 г/100г, яблочных выжимках – 0,6 г/100г и максимальное их количество

определено в порошке из травы зверобоя – 1,58 г/100 г. Максимальное содержание золы отмечено в порошке из травы зверобоя и муке овсяной. Результаты анализа растительного сырья на содержание флавоноидов с целью определения возможного его использования в качестве источника природных антиоксидантов для продуктов питания представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание флавоноидов в растительном сырье, мг/100 г

Наименование растительных объектов	Флавонолы	Антоцианы	Катехины	Суммарное содержание флавоноидов
Рябина черноплодная: Черноплодная	381,3±2,51	241,3±5,51	518,9±2,81	1141,5
Мулатка	469,6±2,89	285,0±4,98	550,0±2,0	1304,6
Вениса	415,6±2,75	196,0±4,33	483,3±3,14	1094,9
Яблочные выжимки	54,4±1,19	4,1±0,09	6,3±0,26	64,8
Мука овсяная	52,2±1,14	15,0 ±0,43	49,3±0,51	116,5
Порошок из травы зверобоя	201,8±2,0	172,7±3,76	190,0±1,25	564,5

Рябина черноплодная отличается высоким содержанием флавонолов. Максимальное их количество отмечено у сорта Мулатка (469,6 мг/100 г), наименьшее – у сорта Черноплодная (381,3 мг/100г), сорт Вениса имеет усредненное значение данного показателя по сравнению с перечисленными сортами (415,6 мг/100г). Как и по содержанию флавонолов, лидером по содержанию антоцианов выступил сорт Мулатка, который превосходит по данному показателю сорта Черноплодная и Вениса соответственно на 18% и 45%. Сорт Мулатка выделяется среди остальных исследуемых по содержанию всех определенных флавоноидов. Так, разница по количеству катехинов у этого сорта черноплодной рябины по сравнению с сортами Черноплодная и Вениса составила 6% и 14% соответственно. Таким образом, все исследуемые сорта рябины черноплодной (Черноплодная, Мулатка, Вениса) рекомендуются к использованию при проектировании новых продуктов питания с повышенным содержанием флавоноидов. Яблочные выжимки могут выступать в качестве дополнительного источника флавонолов, содержание которых составляет 54,4 мг/100, что позволяет покрыть физиологическую потребность в этом функциональном компоненте на 181,3%. Содержание катехинов и антоцианов в яблочных выжимках незначительно и составляет 9,7% и 6,3% от общего количества флавоноидов. Из исследуемых флавоноидов в муке овсяной преимущественно содержатся флавонолы, далее по убыванию идут катехины и наименьшее содержание отмечено у антоцианов. Мука овсяная в количестве 100 г покрывает адекватную потребность в антоцианах на 30,0 % и катехинах – на 24,7 %, в количестве 57,5 г мука покрывает суточную потребность в флавонолах. В порошке из травы зверобоя соотношение флавонолов, антоцианов и катехинов в общей их массе составляет 35,8 : 30,6 : 33,6, таким образом, разница данных значений несущественна.

В растительных объектах было определено также содержание таких нутриентов, обладающих антиоксидантным действием, как аскорбиновая кислота и бета-каротин (таблица 3)

Таблица 3

Содержание аскорбиновой кислоты и бета-каротина в растительном сырье

Наименование растительных объектов	Аскорбиновая кислота	Бета-каротин
	мг/100г	
Рябина черноплодная: Черноплодная	51,9±1,55	8,95±0,385
Мулатка	30,8±0,91	4,12±0,210

Вениса	42,0±1,22	5,20±0,318
Яблочные выжимки	23,2±0,63	0,2±0,5
Мука овсяная	0,0	1,00+0,090
Порошок из травы зверобоя	8,4±0,22	8,99±0,445

С учетом норм физиологической потребности взрослого организма мужчины и женщины в аскорбиновой кислоте и бета-каротине, 100 г рябины черноплодной сортов Черноплодная, Мулатка и Вениса восполняет эту потребность, соответственно, на 31-52% и 82-179% и как следствие данные сорта могут быть использованы для обогащения продуктов питания по обозначенным нутриентам. Яблочные выжимки, несмотря на то, что являются вторичным сырьем, остаются источником аскорбиновой кислоты, так 100 г покрывает суточную потребность на 23 %, при этом, по бета-каротину отмечено низкое содержание. Добавление муки овсяной и порошка из травы зверобоя в пищевые системы позволит обогатить их жирорастворимым антиоксидантом бета-каротином. Исследуемое сырье благодаря выявленной высокой пищевой ценности было включено в рецептуру новых видов чипсов «Рябиновый цвет» в виде пюре из яблочных выжимок, черноплодной рябины, муки овсяной и порошка из травы зверобоя.

Таблица 4

Рецептура поликомпонентных растительных чипсов «Рябиновый цвет» на основе пюре из яблочных выжимок и черноплодной рябины

Наименование сырья	СВ, %	Расход сырья, г	
		в натуре	в СВ
Пюре из яблочных выжимок	16,56	2320,6	384,3
Пюре рябиновое (не уваренное)	21,00	994,7	208,9
Мука овсяная	90,00	331,6	298,4
Порошок из травы зверобоя	90,00	33,1	29,8
Итого	-	3680,0	921,4
Выход	92,00	1000,0	920,0

Рецептурный состав новых видов поликомпонентных растительных чипсов подобран с целью обеспечения эффекта синергизма по антиоксидантной ценности. Среди антиоксидантов черноплодная рябина и трава зверобоя являются, в первую очередь, источником водорастворимых антиоксидантов – флавоноидов и жирорастворимого антиоксиданта – бета-каротина, первая выступает также в качестве источника витамина С. Овсяная мука, используемая в качестве загустителя, в сравнении с крахмалом и мукой пшеничной, отличается более высоким содержанием пищевых волокон и водорастворимых антиоксидантов и хорошо сочетается с ингредиентами чипсов по вкусу, цвету и имеет приятные аромат и привкус. Технологический процесс производства чипсов заключается в смешивании яблочного и рябинового пюре с дальнейшим перемешиванием со смесью овсяной муки и порошка из травы зверобоя. Приготовленная масса раскатывается в пласт толщиной не более 2 мм и нарезается на квадраты 50х50 мм. Заготовки для чипсов высушивали инфракрасно- конвективным способом при температуре 50 °С, обеспечивающей высокую сохранность антиоксидантов неустойчивых к температурному фактору. Применение такого способа производства чипсов позволяет не применять растительной масло для жарки чипсов, что снижает калорийность продукта, а также сократить продолжительность процесса ведения сушки, что положительно сказывается на сохранности

антиоксидантов по сравнению с традиционным конвективным способом сушки (таблица 5).

Таблица 5

Содержание водорастворимых антиоксидантов в поликомпонентных растительных чипсах при различных способах сушки

Вид чипсов	Конвективная сушка	Инфракрасно-конвективная сушка
	50 °С	
«Рябиновый цвет» (пюре из яблочных выжимок (70%) : пюре из черноплодной рябины сорта Вениса (30%): мука овсяная (10%): порошок из травы зверобоя (1%))	Время сушки, мин	
	335	200
	ССА, мг/100г с.в.	
	274,1±0,15	341,3±0,18
	Витамин С, мг/100г с.в.	
	50,7±0,92	77,0±1,50
	Флавоноиды (сумма значений содержания антоцианов, флавонолов, катехинов), мг/100г с.в.	
	647,9	716,0

Из таблицы 5 следует явное преимущество инфракрасно-конвективного способа сушки растительных чипсов над традиционным конвективным способом, как по продолжительности процесса ведения сушки, так и по суммарному содержанию антиоксидантов. Сокращение продолжительности сушки составило 135 мин, что положительно отразилось на сохранности водорастворимых антиоксидантов. Так, суммарное содержание антиоксидантов, витамина С и флавоноидов (антоцианы, флавонолы, катехины) при ИК-способе сушки выше по сравнению с традиционным способом сушки, соответственно, на 9,1-12,6%. Проведены исследования по влиянию сортимента черноплодной рябины на содержание антиоксидантов в готовых чипсах. Зависимость содержания суммарного содержания антиоксидантов и аскорбиновой кислоты в чипсах от сорта черноплодной рябины, используемой для приготовления пюре – рецептурного ингредиента чипсов, графически изображена на рисунке 1.

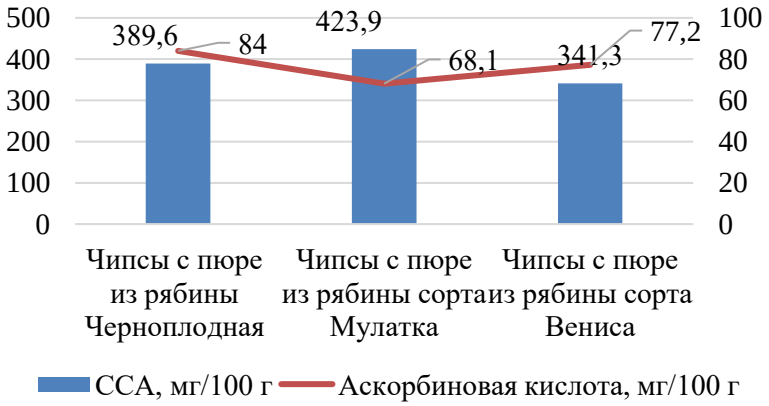


Рис. 1. Динамика содержания антиоксидантов и аскорбиновой кислоты в поликомпонентых чипсах «Рябиновый цвет» в зависимости от сорта черноплодной рябины

График, изображенный на рисунке 1 показывает, что максимальные показатели суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов по кверцетину характерны для чипсов с применением пюре из черноплодной рябины сорта Мулатка, а в чипсах с пюре из черноплодной рябины сортов Черноплодная и Вениса — эти значения ниже на 8 и 19% соответственно.

В поликомпонентных чипсах отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты, относящейся к группе неферментных антиоксидантов. С учетом физиологической потребности взрослого человека в аскорбиновой кислоте, употребление 100 г чипсов с пюре из рябины сортов Черноплодная, Мулатка и Вениса покрывает эту потребность, соответственно, на 84, 68 и 77%. Если по общему содержанию водорастворимых антиоксидантов лидируют чипсы из пюре рябины сорта Мулатка, то по аскорбиновой кислоте чипсы из пюре рябины сорта Черноплодная.

Содержание ряда фенольных соединений новых видов поликомпонентных чипсов представлено в таблице 6.

Таблица 6

Фенольные соединения поликомпонентных чипсов «Рябиновый цвет» на основе пюре из яблочных выжимок и черноплодной рябины с добавлением овсяной муки и порошка из травы зверобоя (на 100 г продукта)

Компоненты	Чипсы поликомпонентные с пюре из черноплодной рябины:		
	Черноплодная	Мулатка	Вениса
Полифенолы, мг:	749,8	838,5	716,0
антоцианы	169,1±2,95	197,4±3,56	139,9±2,05
флавонолы	254,2±2,26	296,3±2,67	270,5±2,30
катехины	326,5±2,13	344,8±2,42	305,6±2,02

Из данных таблицы 6 следует, что при употребление взрослым человеком 100 г чипсов с пюре из рябины Черноплодная, Мулатка и Вениса суточная потребность в антоцианах (50 мг) покрывается на 280-395 %, катехинах (200 мг) - на 153-172%. Для удовлетворения адекватной потребности взрослого человека в флавонолах (30 мг) достаточно 10-12 г чипсов, произведенных с пюре из черноплодной рябины перечисленных сортов.

Отдельно было исследовано содержание жирорастворимого антиоксиданта бета-каротина в готовом продукте (рисунок 2).

Рис. 2. Динамика содержания бета-каротина в поликомпонентных чипсах «Рябиновый цвет» с добавлением пюре из черноплодной рябины различных сортов

Известно, что адекватная норма потребления бета-каротина взрослого человека в сутки равняется 5 мг. Исходя из данных графика, изображенного на рисунке 2, определено, что в зависимости от применяемого сорта рябины, в частности Черноплодная, Мулатка и Вениса, при употреблении 100 г чипсов суточная потребность в данном антиоксиданте покрывается в на 89-172%.

Рекомендуемая норма потребления для взрослого человека чипсов составляет – 10 г, при которой обеспечивается высокое содержание в одной порции водорастворимых антиоксидантов антоцианов, катехинов и флавонолов, так степень удовлетворения в этих физиологически активных ингредиентах соответственно составит в зависимости от сорта черноплодной рябины для чипсов с пюре из рябины: Черноплодная – 34, 16 и 109%, Мулатка – 39, 17 и 115% и Вениса – 28, 15 и 102%. При установленной норме потребления разработанных чипсов степени удовлетворения суточной потребности в бета-каротине составит в зависимости от сорта черноплодной рябины от 9 до 17%.

Все исследуемые в работе сорта черноплодной рябины, выращиваемые в условиях ЦЧР и рекомендуемые для консервирования, а именно Черноплодная, Мулатка и Вениса, в виде пюре в сочетании с рецептурными компонентами чипсов такими, как пюре из яблочных выжимок, порошок из травы зверобоя и мука овсяная, обеспечивают содержание в готовых изделиях физиологически активных ингредиентов – антоцианов, катехинов и флавонолов на уровне более 15% от нормы потребления в сутки.

Пищевая ценность новых видов чипсов представлена в таблице 7.

Таблица 7

Пищевая ценность разработанных чипсов на основе пюре из яблочных выжимок и черноплодной рябины с добавлением муки овсяной и порошка из травы зверобоя (на 100 г продукта)

Наименование продукта	Б, г	Ж, г	Угл, г	Зола, г	ПВ, г	ОК, г	Энергетическая ценность, ккал
Чипсы «Рябиновый цвет»	5,8	3,7	60,5	2,8	16,7	2,5	297,92

Как видно из таблицы 7, новый вид чипсов обогащен пищевыми волокнами, так 10 г чипсов удовлетворяет минимальную физиологическую потребность в этом пищевои веществе (20-25 г в сутки) на 8%.

Разработан новый вид чипсов «Рябиновый цвет», рецептура которого включает в себя ингредиенты богатые антиоксидантами и пищевыми волокнами: пюре из яблочных выжимок и черноплодной рябины, мука овсяная и порошок из травы зверобоя. Для производства чипсов данного вида рекомендуется использовать следующие сорта черноплодной рябины Вениса, Мулатка и Черноплодная с целью обеспечения содержания в рекомендуемой порции потребления - 10 г антиоксидантов, а именно флавонолов, катехинов и антоцианов, в количестве не менее 15% и пищевых волокон не менее 9% от адекватной и физиологической нормы потребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование содержания антиоксидантов в растительном сырье - ингредиентах для поликомпонентных чипсов функционального назначения / О. В. Перфилова, З. Ю. Родина, К. В. Брыксина, А. С. Ильинский // Новые технологии. – 2023. – Т. 19, № 4. – С. 134-143. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-4-134-143. – EDN UCJOWI.

2. Магазин исследований [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://marketing.rbc.ru/articles/14723/?ysclid=m8pkoajj7a760311725 - Заглавие с экрана. – (дата обращения 22.03.2025).

3. Мировой рынок снеков: статистика и тенденции [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://foodsmi.com/statistika-i-issledovaniya-/mirovoy-

rynok-snekov-statistika-i-tendentsii/?ysclid=m8pkou7hf5218336790 - Заглавие с экрана. – (дата обращения 14.03.2025).

4. Перфилова, О. В. Использование нетрадиционного растительного сырья для рецептурной композиции чипсов / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, З. Ю. Родина // Новые технологии. – 2023. – Т. 19, № 3. – С. 68-77. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-3-68-77. – EDN FCEHHL.

5. Перфилова, О. В. Оценка физиологически активной ценности сортимента черноплодной рябины / О. В. Перфилова, З. Ю. Родина // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Майкоп, 26–27 ноября 2024 года. – Майкоп: Магарин Олег Григорьевич, 2024. – С. 239-243. – EDN LGKNYV.

6. Перфилова, О. В. Рецептурная композиция для производства чипсов с применением яблочных выжимок / О. В. Перфилова, З. Ю. Родина, К. В. Брыксина // Пищевая промышленность. – 2024. – № 12. – С. 26-31. – DOI 10.52653/PPI.2024.12.12.005. – EDN BLZGZA.

7. Перфилова, О. В. Сравнительный анализ антиоксидантной ценности растительного сырья как рецептурных компонентов пищевых продуктов / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, З. Ю. Родина // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2024. – № 4. – С. 100-106. – DOI 10.24412/2311-6447-2024-4-100-106. – EDN CXETJS.

8. Родина, З. Ю. Зверобоя трава - перспективный рецептурный компонент продуктов функционального назначения / З. Ю. Родина, О. В. Перфилова // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 4. – EDN DNQKSF.

9. Российский рынок мясных и рыбных снеков. 2024. От рассвета до заката. Исследования компании Step by Step // Российский продовольственный рынок. - 2024. - №2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://foodmarket.spb.ru/archive/2024/223064/223076/?ysclid=m8pko7vxs286670044 - Заглавие с экрана. – (дата обращения 16.03.2025).

10. Тенденции индустрии: рынок снеков [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://nielseniq.com/global/ru/insights/analysis/2022/trendy-industrii-rynok-snekov/ - Заглавие с экрана. – (дата обращения 20.03.2025).

11. Тенденции рынка снеков [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://sfera.fm/articles/sneki/tendentsii-rynka-snekov?ysclid=m8pko54v4g991202343 - Заглавие с экрана. – (дата обращения 16.03.2025).

REFERENCE

1. Study of antioxidant content in plant-based raw materials - ingredients for multicomponent functional chips / O. V. Perfilova, Z. Yu. Rodina, K. V. Bryksina, A. S. Ilyinsky // New technologies. - 2023. - Vol. 19, No. 4. - Pp. 134-143. - DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-4-134-143. - EDN UCJOWI.

2. Research store [Electronic resource]. - Access mode: https://marketing.rbc.ru/articles/14723/?ysclid=m8pkoajj7a760311725 - Title from the screen. – (Accessed March 22, 2025)

3. Global Snack Market: Statistics and Trends [Electronic Resource]. - Access Mode: https://foodsmi.com/statistika-i-issledovaniya-/mirovoy-rynok-snekov-statistika-i-tendentsii/?ysclid=m8pkou7hf5218336790 - Title from the screen. –

(Accessed March 14, 2025)

4. Perfilova, O. V. Use of Non-Traditional Plant-Based Raw Materials for the Recipe Composition of Chips / O. V. Perfilova, K. V. Bryksina, Z. Yu. Rodina // New Technologies. – 2023. – Vol. 19, No. 3. – Pp. 68-77. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-3-68-77. – EDN FCEHHL.

5. Perfilova, O. V. Evaluation of the physiologically active value of chokeberry assortment / O. V. Perfilova, Z. Yu. Rodina // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: Proceedings of the VIII International scientific and practical conference, Maykop, November 26–27, 2024. – Maykop: Magarin Oleg Grigorievich, 2024. – Pp. 239–243. – EDN LGKNYV.

6. Perfilova, O. V. Recipe composition for the production of chips using apple pomace / O. V. Perfilova, Z. Yu. Rodina, K. V. Bryksina // Food industry. – 2024. – No. 12. – P. 26-31. – DOI 10.52653/PPI.2024.12.12.005. – EDN BLZGZA.

7. Perfilova, O. V. Comparative analysis of the antioxidant value of plant materials as prescription components of food products / O. V. Perfilova, K. V. Bryksina, Z. Yu. Rodina // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. – 2024. – No. 4. – P. 100-106. – DOI 10.24412/2311-6447-2024-4-100-106. – EDN CXETJS.

8. Rodina, Z. Yu. St. John's wort - a promising recipe component for functional foods / Z. Yu. Rodina, O. V. Perfilova // Science and Education. - 2024. - Vol. 7, No. 4. - EDN DNQKSF.

9. Russian market of meat and fish snacks. 2024. From dawn to dusk. Research of the Step by Step company // Russian food market. - 2024. - No. 2 [Electronic resource]. - Access mode: https://foodmarket.spb.ru/archive/2024/223064/223076/?ysclid=m8pko7vxs286670044 - Title from the screen. - (date of access 03/16/2025).

10. Industry trends: snack market [Electronic resource]. - Access mode: https://nielseniq.com/global/ru/insights/analysis/2022/trendy-industrii-rynok-snekov/ - Title from the screen. – (date of access 03/20/2025).

11. Snack market trends [Electronic resource]. - Access mode: https://sfera.fm/articles/sneki/tendentsii-rynka-snekov?ysclid=m8pko54v4g991202343 - Title from the screen. – (date of access 03/16/2025).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.959:613.26 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-108-115

Влияние гидротермической обработки на безопасность полуфабрикатов из бурых водорослей
The effect of hydrothermal treatment on the safety of brown seaweed semi-finished products

Доцент С.В. Журавлева (ORCID: 0009-0009-2183-0429), доцент А.В. Панкина (ORCID: 0009-0000-6757-7443),
МГУ им. адм. Г.И. Невельского
zhursvet@mail.ru

Профессор Т.М. Бойцова (ORCID: 0000-0002-1717-0626),
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
boitsova_tm@mail.ru

Доцент Е.Г. Новицкая (ORCID: 0009-0000-8873-4583), доцент, Т.В. Владыкина (ORCID: 0000-0002-1449-721X)
Дальневосточный федеральный университет, базовая кафедра пищевой и клеточной инженерии

Associate Professor S.V. Zhuravleva (ORCID: 0009-0009-2183-0429), Associate Professor A.V. Pankina (ORCID: 0009-0000-6757-7443),
M.V. Nevelskoy Maritime State University
zhursvet@mail.ru

Professor T.M. Boytsova (ORCID: 0000-0002-1717-0626),
Far Eastern State Technical Fisheries University,
boitsova_tm@mail.ru

Associate Professor E.G. Novitskaya (ORCID: 0009-0000-8873-4583), Associate Professor T.V. Vladykina (ORCID: 0000-0002-1449-721X)
Far Eastern Federal University, Basic Department of Food and Cell Engineering

Аннотация. Бурые водоросли (*Laminariaceae*) являются важнейшим промысловым биологическим ресурсом Дальнего Востока благодаря уникальному химическому составу с высоким содержанием йода, полисахаридов, минеральных веществ. Однако высокая антропогенная нагрузка на среду их обитания ведет к биоаккумуляции поллютантов в тканях водорослей. Так, содержание мышьяка в добываемом сырье часто превышает норматив 5,0 мг/кг, установленный ТР ТС 021/2011. Отсутствие в регламентах раздельного учета токсичных неорганических и безопасных органических форм мышьяка приводит к некорректной, завышенной оценке опасности продукции.

Данная статья посвящена исследованию динамики экстракции токсичных элементов (As, Pb, Cd) из мороженой морской капусты (*Laminaria)* в процессе гидротермической обработки при гидромодуле 1:2 при температуре 100^{0}С. Авторами проведена сравнительная оценка рисков для здоровья при потреблении (100 г вареного полуфабриката 2 раза в неделю) по двум сценариям: консервативному, учитывающему валовое содержание мышьяка, и реалистичному с учетом коэффициента неорганической формы K_{inorg} = 0,05. Установлено, что при традиционной оценке по общему содержанию мышьяка индекс опасности (HI) превышает единицу (5,385), что дает ложноположительный прогноз высокой опасности продукта. Применение реалистичного сценария показывает безопасность вареного полуфабриката (HI < 0,33). Выявлено, что оптимальным режимом детоксикации, при выбранных параметрах процесса, является варка 60 минут, позволяющая снизить канцерогенный риск в 2,25 раза. Дальнейшая термообработка (до 90 минут) приводит к эффекту «вторичного» концентрирования токсикантов. Показана необходимость дифференцированного нормирования форм мышьяка.

© С.В. Журавлева, А.В. Панкина, Т.М. Бойцова, Е.Г. Новицкая, Т.В. Владыкина, 2026

Abstract. Brown algae (*Laminariaceae*) constitute a vital commercial biological resource in the Russian Far East, owing to their unique chemical composition characterized by high levels of iodine, polysaccharides, and minerals. However, significant anthropogenic pressure on their habitat leads to the bioaccumulation of pollutants within the algal tissues. For instance, the arsenic content in harvested raw material frequently exceeds the 5.0 mg/kg limit established by Technical Regulation TR CU 021/2011. The failure of regulations to distinguish between toxic inorganic and safe organic forms of arsenic results in an inaccurate and overstated assessment of the product's hazard level. This article examines the extraction dynamics of toxic elements (As, Pb, Cd) from frozen sea kale (*Laminaria)* during hydrothermal processing at a liquid-to-solid ratio of 1:2 and a temperature of 100°C. The authors conducted a comparative health risk assessment based on the consumption of 100 g of the boiled product twice a week, using two scenarios: a conservative one based on total arsenic content, and a realistic one incorporating an inorganic arsenic fraction coefficient of K_{inorg} = 0,05. It has been established that, under a traditional assessment based on total arsenic content, the hazard index (HI) exceeds unity (5.385), yielding a false-positive prediction of high product hazard. Application of a realistic scenario demonstrates the safety of the boiled semi-finished product (HI < 0.33). It was found that, given the selected process parameters, the optimal detoxification regimen is boiling for 60 minutes, which reduces carcinogenic risk by a factor of 2.25. Prolonged heat treatment (up to 90 minutes) leads to a secondary concentration of toxicants. The necessity for differentiated regulation of arsenic species is demonstrated.

Ключевые слова: ламинария, мышьяк, тяжелые металлы, коэффициент опасности, оценка риска.

Keywords: Laminaria, arsenic, heavy metals, hazard quotient, risk assessment.

Одной из ключевых проблем при переработке ламинарии является высокое содержание мышьяка, которое в сырце нередко превышает гигиенический норматив 5,0 мг/кг (ТР ТС 021/2011) [1]. Согласно классификации Международного агентства по изучению рака (IARC), неорганические соединения мышьяка относятся к канцерогенам 1 группы [2]. В ряде исследований было показано, что в тканях водорослей протекают процессы биотрансформации, в ходе которых неорганические формы мышьяка переходят в относительно безопасные органические соединения. Поглощенный из воды неорганический As (V) восстанавливается до As (III) и метилируется с последующим включением в структуру рибозидов, образуя арсеносахара [3]. Образовавшиеся арсеносахара под воздействием ферментов или микрофлоры разрушаются до диметиларсиноилэтанола, последний окисляется в диметиларсиноилацетат, метилирование которого приводит к образованию арсенобетаина [3].

Высокая способность ламинариевых водорослей к биоаккумуляции тяжелых металлов обусловлена свойствами некрахмальных полисахаридов клеточных стенок (альгинатов и пектинов). Входящая в их состав L-гулуроновая кислота формирует специфические зигзагообразные участки, способные избирательно связывать двухвалентные катионы металлов по принципу «egg-box model» (рис. 1) [4].

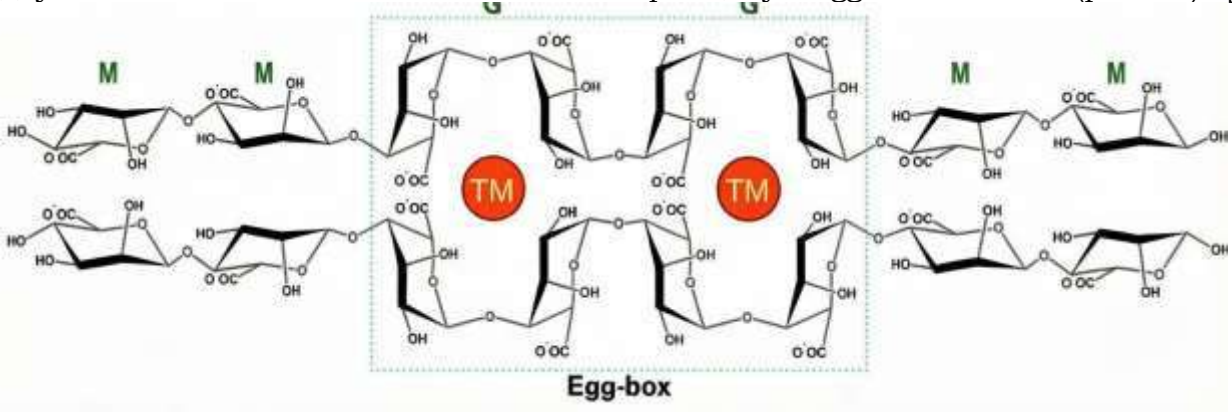


Рис.1. Схема сорбции двухвалентных катионов тяжелых металлов (ТМ) по модели «egg-box» (адаптировано из https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-alginate-and formationof-the-egg-box_fig3_402504656)

При этом свободные карбоксильные группы полисахаридов вступают в ионное взаимодействие с металлами, играющими роль «мостиков» между соседними цепями, прочно удерживают поллютанты внутри гелеобразной структуры. Рядом исследователей установлено, что альгинаты ламинариевых водорослей обладают высоким сродством к катионам тяжелых металлов, которые в процессе обмена вытесняют кальций из «ячеек» полисахаридной структуры и прочно фиксируются в них. Ряд сродства для ламинариевых водорослей выглядит следующим образом: $Pb^{2+}>Cu^{2+}>Cd^{2+}>Ba^{2+}>Sr^{2+}>Ca^{2+}$, это делает их эффективным природным сорбентом [5].

Такая детоксикация служит адаптационным механизмом, позволяющим водоросли нейтрализовать опасные соединения и сохранить жизнеспособность в загрязненной среде.

Таким образом, общее содержание токсикантов (As, Pb, Cd, Hg) является критическим параметром, определяющим возможность использования водорослей и продуктов их переработки в питании. Контроль содержания тяжелых металлов и мышьяка в сырце, вареном полуфабрикате позволит определить границы их безопасного применения в качестве ингредиентов в технологии пищевых продуктов в том числе функциональных продуктов и специализированной продукции.

Целью нашей работы является обоснованная рекомендация оптимальных параметров обработки морской капусты, которые обеспечат минимальное содержание вредных веществ и повышение безопасности готовой продукции.

В рамках работы решаются следующие задачи:

- проведение оценки содержания тяжелых металлов и мышьяка на разных этапах технологического цикла (сырье, вареный полуфабрикат);
- установление динамики экстракции тяжелых металлов и мышьяка в процессе гидротермической обработки;
- расчет коэффициента опасности (HQ) и анализ токсикологических рисков для здоровья потребителя.

Объекты и методы исследования.

В качестве объекта исследования использовали морскую капусту шинкованную мороженую по ГОСТ 31583-2012, приобретенную в торговой сети г. Владивостока. Сырье предварительно промывали в проточной воде для удаления посторонних примесей, помещали в варочный аппарат при гидромодуле 1:2, что позволяет получить высококонцентрированный отвар при минимальных затратах энергии. Гидротермическую обработку вели при температуре 100 °С, способствующей размягчению сырья за счет частичной деструкции компонентов клеточных стенок. Общая продолжительность термической обработки составила 90 минут.

Для установления закономерностей экстракции поллютантов осуществляли отбор проб вареного полуфабриката и отвара с интервалом в 30 минут (в точках: 0, 30, 60 и 90 мин). Определение содержания макро- и микроэлементов проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрофотометре Shimadzu AA-6800 (Япония). Погрешность определена в соответствии с методологическими характеристиками метода (ААС/ИСП-МС) и составляет ±15% от измеренной величины при доверительной вероятности P=0,95. Нижние пределы количественного определения (LOQ) анализируемых элементов составили, мг/кг: для мышьяка — 0,10, для кадмия — 0,001, для свинца — 0,01, для ртути — 0,01. Исследования минерального состава выполнены на базе лаборатории прикладной экологии и токсикологии ФГБНУ «ТИНРО-Центр».

Расчет потенциального риска для здоровья потребителей при употреблении морской капусты и отваров из нее проводили в соответствии с методическими указаниями Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска для здоровья населения

при взаимодействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» [6]. В качестве критериев неканцерогенного риска рассчитывались коэффициенты опасности (HQ) по каждому элементу и суммарный индекс опасности (HI).

Расчет среднесуточной дозы поступления токсичных элементов (ADDмг/кг) проводили по формуле:

$$ADD = \frac{C \cdot IR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (1)$$

где С – содержание элемента в продукте, мг/кг;

IR – суточное потребление продукта, кг/день (принято 0,1 кг);

EF – частота воздействия, дней/ год (принято 2 раза в неделю -104 дня);

ED – продолжительность воздействия лет (30 лет для неканцерогенных рисков);

BW – средняя масса тела взрослого человека, кг (70 кг);

AT – период осреднения экспозиции, лет (для неканцерогенных эффектов AT = ED, 70 лет – для канцерогенных рисков);

365- число дней в году.

Коэффициент опасности (HQ) рассчитывали по формуле:

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}, \quad (2)$$

где RfD – референтная доза при пероральном поступлении, мг/(кг·день). Для расчетов использовали значения RfD для свинца – 0,0035, для кадмия - 0,0005, для ртути – 0,0003.

Индивидуальный канцерогенный риск рассчитывали для элементов, обладающих доказанным канцерогенным действием при пероральном поступлении (мышьяк и свинец):

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (3)$$

где SF – фактор наклона, мг/(кг·сут)$^{-1}$: для мышьяка – 1,5, для свинца – 0,0085

Учитывая специфическую способность ламинариевых водорослей аккумулировать мышьяк преимущественно в форме органических соединений, обладающих значительно меньшей токсичностью по сравнению с неорганическими формами, расчет рисков по мышьяку был реализован в двух вариантах.

Вариант А – выполнен согласно требованиям методических указаний Р 2.1.10.3968-23, исходя из допущения, что 100 % обнаруженного мышьяка представлено в неорганической форме (RfD по мышьяку 0,0003).

Вариант Б – уточненный сценарий, рассчитан с применением дифференцированного подхода, рекомендованного Европейским агентством по безопасности продуктов питания (EFSA, 2014), где при расчете дозы используется понижающий коэффициент K_{inorg} = от 0,01 до 0,1, что соответствует среднестатистическому содержанию неорганического мышьяка в бурых водорослях (5% от общего содержания) [7]. Для расчетов приняли K_{inorg} = 0,05.

Статистическую обработку и определение коэффициентов аппроксимации (R^2) выполняли с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2019.

Проведенный сравнительный анализ полученных данных с требованиями ТР ТС 021/2011 показывает соответствие сырья и полуфабрикатов из морской капусты гигиеническим нормативам (табл.1).

Результаты исследования исходного сырья показали, что содержание мышьяка (3,94 мг/кг) существенно превышает содержание других поллютантов. Подобная закономерность подтверждается данными других исследователей [8]. По всей вероятности, это явление обусловлено природной способностью ламинариевых водорослей аккумулировать мышьяк.

Таблица 1

Влияние гидротермической обработки на содержание тяжелых металлов и мышьяка в морской капусте, мг/кг

Объект	Pb	Cd	As	Hg
Морская капуста мороженая	0,089±0,013	0,025±0,004	3,940 ± 0,591	< 0,01
Полуфабрикат, 0,5ч варки	< 0,01	0,02±0,003	2,844±0,427	< 0,01
Полуфабрикат, 1ч варки	< 0,01	0,014±0,002	1,747±0,262	< 0,01
Полуфабрикат, 1,5ч варки	0,138±0,012	0,025±0,004	2,658±0,249	< 0,01
Норма СанПиН (ПДУ)	0,5	0,1	5	0,1

Особый интерес представляет динамика содержания свинца на финальном этапе гидротермической обработки. К 90-й минуте варки зафиксировано увеличение концентрации катионов Pb^{2+} в полуфабрикате до (0,138±0,012) мг/кг, что превышает его исходный уровень в сырье (0,089±0,013 мг/кг). Данный феномен, видимо, обусловлен спецификой строения альгинатов клеточных стенок ламинарии, в первые 60 минут гидротермической обработки происходит массовый выход связанных элементов в варочную среду. Однако при достижении критической концентрации сухих веществ в отваре на 90-й минуте активизируется процесс обратной сорбции свободного свинца из варочной среды на оставшийся плотный остаток ламинарии, что приводит к математическому и фактическому росту концентрации токсиканта в полуфабрикате и подтверждает наличие системного эффекта «вторичного концентрирования».

Сравнение суммарных индексов опасности (HI) при различных сценариях учета токсичности мышьяка выявило принципиальные различия в оценке безопасности продукта (табл.2).

Таблица 2

Коэффициент опасности (HQ) и индекс опасности (HI) для порции сырья и полуфабриката

Объект	HQ					Индекс опасности HI	
	Pb	Cd	A	Б	Hg		
			As			A	Б
Морская капуста мороженая	0,01	0,02	5,35	0,2675	0,0068*	5,385	0,3043
Полуфабрикат, 0,5ч варки	0,0006*	0,0163	3,86	0,1929	0,0068*	3,884	0,217
Полуфабрикат, 1ч варки	0,0006*	0,0114	2,37	0,1185	0,0068*	2,389	0,137
Полуфабрикат, 1,5ч варки	0,016	0,0204	3,606	0,1803	0,0068*	3,650	0,224

При консервативном сценарии значения HI во всех исследуемых образцах превышают 1 (от 2,389 до 5,385). Согласно руководству Р 2.1.10.3968-23 такие уровни соответствуют неприемлемому риску, что формально требует исключения продукта из рациона или введения жестких ограничений на его реализацию.

Анализ индивидуального канцерогенного риска (CR) при пероральном поступлении мышьяка также зависит от используемой модели оценки (табл. 3).

Таблица 3

Оценка индивидуального риска при потреблении 100 г два раза в неделю (CR)

Образец	As		Pb	$\Sigma(CR)$	
	А	Б		А	Б
Морская капуста мороженая	$1{,}03 \cdot 10^{-3}$	$5{,}15 \cdot 10^{-5}$	$1{,}32 \cdot 10^{-7}$	$1{,}03 \cdot 10^{-3}$	$5{,}15 \cdot 10^{-5}$
Полуфабрикат, 0,5ч варки	$7{,}44 \cdot 10^{-4}$	$3{,}72 \cdot 10^{-5}$	$7{,}41 \cdot 10^{-9*}$	$7{,}44 \cdot 10^{-4}$	$3{,}72 \cdot 10^{-5}$
Полуфабрикат, 1ч варки	$4{,}57 \cdot 10^{-4}$	$2{,}29 \cdot 10^{-5}$	$7{,}41 \cdot 10^{-9*}$	$4{,}57 \cdot 10^{-4}$	$2{,}29 \cdot 10^{-5}$
Полуфабрикат, 1,5ч варки	$6{,}95 \cdot 10^{-4}$	$3{,}47 \cdot 10^{-5}$	$2{,}05 \cdot 10^{-7}$	$6{,}95 \cdot 10^{-4}$	$3{,}47 \cdot 10^{-5}$

*Примечание: значение Pb и Hg для 0,5 и 1 ч варки рассчитано по методу замещения исходя из допущения, что концентрация равна ½ LOQ (0,005 мг/кг).

Согласно реалистичному сценарию Б риск для всех термически обработанных образцов снижается до 10^{-5}, что соответствует среднему (приемлемому) уровню и является допустимым.

Таким образом, традиционная оценка по общему содержанию мышьяка (сценарий А) дает ложноположительный результат о высокой опасности продукта. Согласно реалистичному сценарию Б при соблюдении технологии варки (1 час) и умеренном потреблении продукт полностью безопасен для здоровья населения.

Анализ риска показал, что основную долю в его структуре составляет мышьяк (98,5-99,2 %). Вклад тяжелых металлов (свинец, кадмий) минимален и не превышает в сумме 1,5 % от общего риска. Термическая обработка является ключевым фактором снижения экспозиции поллютантов. Варка в течение 1 часа позволяет снизить суммарный риск неканцерогенной опасности (HI) в 2,23 раза (с 0,305 до 0,137 по варианту Б). При этом индивидуальный канцерогенный риск (CR) по мышьяку для варки в течение 1 часа также снижается в 2,25 раза (с $5{,}15 \cdot 10^{-5}$ до $2{,}29 \cdot 10^{-5}$), что соответствует приемлемому уровню риска.

Характерно, что увеличение времени варки до 1,5 часов приводит к эффекту вторичного концентрирования токсикантов и, как следствие, к росту индекса опасности (до 0,224).

Использование сценария Б подтверждает безопасность продукта при соблюдении технологии варки. Вместе с тем обеспокоенность вызывает отсутствие в действующих нормативных актах (ТР ТС 021/2011) дифференцированного нормирования органических и неорганических форм мышьяка для морских водорослей. Использование валового показателя создает либо ложную тревогу, либо риск недооценки опасности при использовании сырья из экологически неблагополучных районов.

Несмотря на приемлемость рисков при умеренном употреблении, высокие концентрации общего мышьяка в исходном сырье требует строгого контроля. Существует потенциальная опасность при систематическом превышении рекомендуемых порций (более 200 г в неделю), что может привести к кумулятивному эффекту и выходу канцерогенного риска в зону неприемлемых значений.

Данный факт имеет принципиальное значение для технологии переработки водорослей данного вида. На наш взгляд, необходимо дифференцировать подходы к обработке ламинарии. Если в промышленных условиях приоритетом является стандартизация содержания поллютантов в соответствии с требованиями ТР ТС, то для использования ламинариевых водорослей в домашних условиях важно

гигиеническое просвещение потребителей. Основной угрозой выступает несоблюдение временного режима варки, что может привести к высокой экспозиции мышьяка. Для минимизации рисков обратной сорбции тяжелых металлов в промышленных и домашних условиях рекомендован переход на двухстадийный режим варки (с обязательным полным сливом отвара на промежуточном этапе). Это позволит необратимо удалить экстрагированные катионы свинца и мышьяка из технологической системы.

Кроме того, рекомендуется внедрение маркировки на упаковках мороженого сырья с указанием на целесообразные режимы технологической обработки.

Выводы. Дифференцированный подход к оценке содержания мышьяка (сценарий Б) позволил перевести характеристику риска потребления полуфабрикатов из бурых водорослей в категорию приемлемого. При этом до 99,2% суммарного индекса опасности формируют именно соединения мышьяка. Установлено, что процесс экстракции поллютантов протекает в первые 30-60 минут варки, тогда как к 90-й минуте фиксируется обратный рост концентрации токсичных элементов в тканях, что делает избыточную термообработку опасной. Для обеспечения безопасности потребителей рекомендуется внедрение маркировки на упаковках сырья с указанием регламентируемых режимов варки (не более 60 мин).

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902320560

2 Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. IARC Monographs. Vol. 100C. Lyon: IARC, 2012. P. 41–93. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://iarc.fr

3. Arsenic bioaccumulation and biotransformation in macroalgae: Arsenosugar complexity and multifactor variability / L. Chen, J. Zhong, N. Deng [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. — 2026. — Vol. 280. — Art. 120141.

4. Makarova A. O. [et al.] Ion-Induced Polysaccharide Gelation: Peculiarities of Alginate Egg-Box Association with Different Divalent Cations // Polymers. 2023. Vol. 15. № 5. Art. 1243

5. On the binding affinity and thermodynamics of sodium alginate-heavy metal ion interactions for efficient adsorption / T. Gao, S. J. Phua, Y. L. S. Tse [et al.] // Journal of Hazardous Materials Letters. — 2022. — Vol. 3. — Art. 100053.

6. Р 2.1.10.3968-23 "Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания" [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://korolev.ru/uploads/2023/10/d_4698342180.pdf

7. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population / European Food Safety Authority (EFSA) // EFSA Journal. — 2014. — Vol. 12, no. 3. - Art. 3597.— 61 p.

8. Щукин В.М., Хорольская Е.А., Кузьмина Н.Е., Ремезова И.П., Косенко В.В. Особенности элементного состава ламинарии слоевищ (*Laminariae thalli*) различного происхождения//Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. - 2023. – Т.13, №2. – С.154–172.

REFERENCES

1. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 O bezopasnosti pishchevoy produktsii [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: https://docs.cntd.ru/document/902320560 (Russian)

2. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. IARC Monographs. Vol. 100C. Lyon: IARC, 2012. P. 41–93. [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: https://iarc.fr (English)

3. Arsenic bioaccumulation and biotransformation in macroalgae: Arsenosugar complexity and multifactor variability / L. Chen, J. Zhong, N. Deng [et al.] Ecotoxicology and Environmental Safety, 2026, Vol. 280, P. 120141. (English)

4. Makarova A. O. [et al.] Ion-Induced Polysaccharide Gelation: Peculiarities of Alginate Egg-Box Association with Different Divalent Cations // Polymers, 2023, Vol, 15. № 5. P. 1243 (English)

5. On the binding affinity and thermodynamics of sodium alginate-heavy metal ion interactions for efficient adsorption / T. Gao, S. J. Phua, Y. L. S. Tse [et al.] Journal of Hazardous Materials Letters, 2022, Vol. 3, P. 100053. (English)

6. R 2.1.10.3968-23 "Rukovodstvo po otsenke riska zdorov'yu naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh sredu obitaniya" [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: https://korolev.ru/wp-content/uploads/2023/10/d_4698342180.pdf (Russian)

7. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population / European Food Safety Authority (EFSA) // EFSA Journal. — 2014. — Vol. 12, no. 3. — Art. 3597. — 61 p. (English)

8. Shchukin V.M., Khorol'skaya E.A., Kuz'mina N.E., Remezova I.P., Kosenko V.V. Osobennosti elementnogo sostava laminarii sloevishch (Laminariae thalli) razlichnogo proiskhozhdeniy [Characteristics of the elemental composition of Laminaria thalli (Laminariae thalli) of various origins] Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya. Regulyatornye issledovaniya i ekspertiza lekarstvennykh sredstv, 2023, T.13, №2, Pp.154–172. (Russian)

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.8.047 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-116-127

Формализация выбора пластификаторов и структурообразователей для получения листовых полуфабрикатов из растительного сырья

Formalization of the selection of plasticizers and structure-forming agents for the production of sheet semi-finished products from plant raw materials

Зав.кафедрой Л.Н. Рождественская, ассистент А.А. Кравцова,
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет
lada2006job@mail.ru

Мл. науч. сотрудник Д.А. Кожурова,
ФБУН Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Роспотреб-надзора
kozhurova_da@niig.su

Head of the department L.N. Rozhdestvenskaya, assistant to A.A. Kravtsova,
Novosibirsk State Technical University
lada2006job@mail.ru

Junior Scientific an employee of D.A. Kozhurov,
Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor
kozhurova_da@niig.su

Аннотация. Цель работы - разработка формализованной тактики выбора структурообразователей (гелеобразователей и загустителей) и пластификаторов, обеспечивающей получение листовых полуфабрикатов из растительного сырья с заданными потребительскими свойствами, сочетающими хрустящую текстуру и механическую прочность. Исследование базируется на систематизации данных научно-технической литературы и результатах сенсорных фокус-групп, позволивших конкретизировать требования к текстуре: эластичность при скручивании не менее 180°, прочность на разрыв >1,5 Н, устойчивость к размоканию при контакте с влажной начинкой в течение 5 мин. Проанализированы функциональные свойства восьми технологических добавок — альгината натрия, агар-агара, пектина, псиллиума, ксантановой камеди, каррагинана, глицерина и сорбитола. Для каждого агента описаны механизм поведения в растительной матрице, ограничивающие факторы (pH-зависимость, потребность в ионах Ca^{2+}, температура активации, склонность к кристаллизации) и рекомендуемые дозировки (от 0,1 % для ксантановой камеди до 5,0 % для сорбитола). Сформулированы четыре группы критериев выбора (технологические, функциональные, сенсорные, безопасности) и выделены три ключевых фактора, определяющих эффективность добавок: активная кислотность среды, содержание эндогенных пектинов и уровень природных сахаров в сырье. На этой базе разработана блок-схема принятия решений, которая по значениям pH, наличию собственных пектинов и сахаров поэтапно рекомендует тип гелеобразователя (низкоэтерифицированный пектин при pH < 4,5, альгинат или агар в нейтральной области), потребность в дополнительном загустителе и дозировку пластификатора. Примеры практических решений: для кислых фруктовых пюре эффективна комбинация 1–2 % пектина и 1–3 % глицерина; для нейтральных овощных — 0,5–1,5 % альгината натрия с ионами Ca^{2+} и 2–3 % сорбитола. Предлагаемая тактика позволяет перейти от эмпирического подбора к управляемому проектированию рецептур, сокращая время разработки и обеспечивая стабильное качество полуфабрикатов. Результаты имеют практическую ценность как инструмент для расширения ассортимента растительных листовых продуктов в индустрии здорового питания.

Abstract. The aim of this work is to develop a formalized selection strategy for structure-forming agents (gelling agents and thickeners) and plasticizers that enables the production of sheet semi-finished

© Л.Н. Рождественская, А.А.Кравцова, Д.А. Кожурова, 2026

products from plant raw materials with predetermined consumer properties, combining a crispy texture and mechanical strength. The study is based on a systematic analysis of scientific and technical literature data and the results of sensory focus groups, which made it possible to specify the texture requirements: elasticity upon twisting of at least 180°, tensile strength > 1.5 N, and resistance to softening upon contact with a moist filling for 5 minutes. The functional properties of eight technological additives—sodium alginate, agar-agar, pectin, psyllium, xanthan gum, carrageenan, glycerol, and sorbitol—were analyzed. For each agent, the mechanism of behavior in a plant matrix, limiting factors (pH dependence, requirement for Ca^{2+} ions, activation temperature, tendency to crystallize), and recommended dosages (from 0.1% for xanthan gum to 5.0% for sorbitol) are described. Four groups of selection criteria (technological, functional, sensory, and safety) were formulated, and three key factors determining additive effectiveness were identified: active acidity of the medium, endogenous pectin content, and the level of natural sugars in the raw material. On this basis, a decision-making flowchart was developed that, based on pH values, the presence of inherent pectins, and sugar content, stepwise recommends the type of gelling agent (low-ester pectin at pH < 4.5, alginate or agar in the neutral range), the need for an additional thickener, and the plasticizer dosage. Examples of practical solutions: for acidic fruit purées, a combination of 1–2% pectin and 1–3% glycerol is effective; for neutral vegetable ones, 0.5–1.5% sodium alginate with Ca^{2+} ions and 2–3% sorbitol. The proposed strategy makes it possible to move from empirical selection to the controlled design of formulations, reducing development time and ensuring consistent quality of semi-finished products. The results have practical value as a tool for expanding the assortment of plant-based sheet products in the healthy food industry.

Ключевые слова: листовые полуфабрикаты, растительное сырье, пластификаторы, структурообразователи, гелеобразователи, загустители, тактика выбора.

Keywords: semi-finished sheet products, vegetable raw materials, plasticizers, structure-forming agents, gelling agents, thickeners, selection tactics.

Тренд на здоровое питание и удобные форматы потребления стимулирует создание растительных листовых полуфабрикатов, сочетающих натуральный состав с высокими потребительскими свойствами. Существенной проблемой при разработке листовых растительных полуфабрикатов является достижение одновременной хрупкости (для сенсорного восприятия «хруста») и механической прочности [1, 2]. Ранее проведённый авторами опрос фокус-группы целевых потребителей (группа «crunchers») подтвердил, что именно это противоречивое сочетание — «хрустящая текстура, сохраняющая целостность до момента потребления» — представляет собой основной запрос потребителя [3]. Достижение такого баланса невозможно без целенаправленного управления структурой пищевой матрицы. Разные компоненты системы должны отвечать за разные показатели текстуры: структурообразователи (гелеобразователи и загустители) формируют прочный каркас, а пластификаторы снижают избыточную жёсткость и обеспечивают гибкость листа. Поэтому актуальной задачей становится формализация выбора добавок, позволяющая перевести разработку рецептур из области эмпирического подбора в плоскость управляемого проектирования.

Цель исследования — обосновать тактику выбора структурообразователей и пластификаторов для достижения баланса «хруст–прочность» в листовых полуфабрикатах. Для этого необходимо: 1) проанализировать функциональные свойства, механизмы поведения в матрицах и рекомендуемые дозировки основных технологических добавок; 2) на основе систематизации лимитирующих факторов и синергетических эффектов разработать блок-схему принятия решений, позволяющую обоснованно выбирать вид, дозировку и комбинацию добавок в зависимости от характеристик растительного сырья. Исследование выполнено на основе систематического анализа научно-технической литературы за период 2014–2025 гг. с использованием баз данных Scopus, Web of Science и eLibrary. Критериями включения источников служили наличие количественных данных о механизмах гелеобразования и пластификации в растительных пищевых матрицах, рекомендуемых дозировках, ограничивающих факторах и синергетических эффектах.

Свойства восьми технологических добавок (пектин, псиллиум, альгинат натрия, агар-агар, ксантановая камедь, каррагинан, глицерин, сорбитол) были систематизированы по функциональным группам: гелеобразователи, загустители, пластификаторы. Для каждого агента обобщены и сведены в таблицу (табл. 1) сведения о механизме поведения в матрицах различного состава, эффективном диапазоне концентраций, pH-зависимости, термической чувствительности и взаимодействии с эндогенными компонентами сырья (пектинами, сахарами, ионами металлов). На основе выделенных ключевых параметров растительного сырья (активная кислотность, содержание собственных пектинов, уровень природных сахаров) и функциональных требований к конечному продукту (хруст, прочность, эластичность) разработана блок-схема принятия решений (рис. 2). Алгоритм построен с использованием логических операторов, последовательно определяющих: выбор типа гелеобразователя в зависимости от pH матрицы; необходимость дополнительного введения загустителя; целесообразность и дозировку пластификатора. Вспомогательные схемы (рис. 1а и б) визуализируют иерархию критериев (технологических, функциональных, сенсорных, безопасности) и факторов, формирующих контекст выбора. Потребительские требования к текстуре, положенные в основу критериев, были ранее конкретизированы авторами методом модерируемого группового интервью с участием 36 респондентов [3].

Для получения съедобных плёнок и листов из пастообразных смесей овощей, фруктов, ягод и плодов наиболее эффективно используют структурообразующие добавки (гелеобразователи и загустители) и пластификаторы, обеспечивающие необходимую структуру, эластичность и прочность изделия. Основными гелеобразующими агентами являются природные полисахариды, такие как альгинаты, пектины, агар, карагинан и модифицированные крахмалы. Они обеспечивают формирование стабильной гелевой сетки, которая удерживает влагу и позволяет получить тонкие, гибкие пленочные структуры [4], [6]. В качестве пластификаторов часто применяют низкомолекулярные полимеры с гидроксильными группами, например, глицерин или сорбитол. Введение пластификаторов в полимерную матрицу, увеличивает подвижность цепей, тем самым,снижая их хрупкость и увеличивая прочность и гибкость пленок, устойчивость к физическому воздействию [5]. Пластификаторы и структурообразующие добавки выполняют разные функции в пищевых матрицах и отличаются по механизму действия. Суть механизма взаимодействия заключается в том, что пластификаторы влияют на межфазные и внутримолекулярные связи в гелях, регулируя механические и реологические свойства материала через изменение густоты сшивания и степени подвижности полимерных цепей. Роль структурообразующих добавок (гелеобразователей и загустителей) заключается в формировании каркаса пищевой системы. Пластификаторы же воздействуют на механические и реологические свойства уже построенной структуры, обеспечивая ей пластичность, устойчивость к растрескиванию и предотвращая ломкость. При совместном применении, данные группы добавок достигают сбалансированного сочетания прочности и эластичности, что позволяет создавать стабильные по свойствам съедобные плёнки, гели и другие пищевые матрицы [7], [8].

Комбинация структурообразователей (гелеобразователей и загустителей) с пластификаторами даёт возможность получать пищевые системы с наилучшим соотношением прочности и эластичности. Это улучшает текстурные показатели (прочность, усилия при пережёвывании, когезивность), а также стойкость к внешним воздействиям в ходе хранения - например, к смене влажности или температурным колебаниям [9]. Обобщая информацию о существующих структрообразователях и пластификаторах, можно отметить, что, наиболее эффективными гелеобразующими добавками для съедобных пленок из

пастообразных растительных материалов являются водорастворимые полисахариды (пектин, альгинат, агар), загустителями (ксантановая камедь, каррагинан), а пластификаторами – полиолы (глицерин), выбранные исходя из совместимости с сырьем, необходимых механических и барьерных свойств, а также пищевой безопасности. В результате систематического анализа научно-технической литературы выделены основные группы технологических добавок, пригодных для получения листовых полуфабрикатов из растительного сырья. Обобщённые характеристики: механизмы поведения, ограничивающие факторы и рекомендуемые дозировки сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Параметры введения структурообразователей и пластификаторов

Наименование	Группа	Механизм поведения в матрицах	Ограничивающие факторы и особенности	Рекомендуемая дозировка	Источник
Пластификаторы					
Глицерин	Низкомолекулярный пластификатор (многоатомный спирт)	Универсален. В крахмальных матрицах препятствует ретроградации; в белковых - снижает хрупкость; в плодовых - усиливает мягкость.	При превышении дозировки вызывает эффект «липкости» поверхности и затрудняет сушку. Не участвует в гелеобразовании самостоятельно.	0,5-3,0%	[5],[7],[15]
Сорбитол	Низкомолекулярный пластификатор (сахарный спирт)	Эффективен в матрицах с высоким содержанием сухих веществ.	Кристаллизуется при высоких концентрациях (>10%), что может привести к образованию белого налета на поверхности листа.	1,0% – 5,0%	[5],[7],[13], [15]
Гелеобразователи					
Пектин	Анионный полисахарид (гелеобразователь / загуститель)	Низкоэтерифицированный: эффективен в кислых матрицах (pH < 4,5); образует термообратимые гели. Высокоэтерифицированный: требует высокого содержания сухих веществ и pH < 3,5.	Сильная зависимость от pH матрицы. В нейтральных средах (овощи) не гелеобразуется без модификаторов. При сушке может давать усадку.	0,5% – 2,0%	[6],[10], [18]
Псиллиум	Гидроколлоид, источник пищевых волокон	При гидратации образует вязкую суспензию с волокнами, которая стабилизирует частицы пюре.	Требует длительной гидратации (30–60 мин) перед формованием. Дает шероховатую, матовую текстуру.	0,5% – 3,0%	[12],[19],[20]
Альгинаты	Анионный полисахарид (ионно-зависимый гелеобраз	Подходит для матриц с нейтральной или слабокислой средой (овощи, грибы). Формирует прочный каркас, не требующий нагрева.	Необходимость наличия стадии внешнего или внутреннего инициатора (Ca^{2+}). Не совместим с высоким содержанием	0,5% – 1,5%	[4],[17], [21]

	ователь)		фосфатов и цитратов (связывают кальций).		
Агар-агар	Полисахарид (термообратимый гелеобразователь)	Эффективен в большинстве водных матриц. В крахмальных - повышает упругость. В белковых может вызывать отделение влаги.	Требует кипячения для активации (активация при температуре выше 90°C). Гель хрупкий, плохо работает на изгиб без пластификаторов.	0,3% - 1,2%	[4],[16], [22]
Загустители					
Ксантановая камедь	Анионный полисахарид (загуститель, стабилизатор)	Универсальна (pH 2–12). В матрицах с высоким содержанием клетчатки улучшает намазываемость пюре. В паре с гуаром дает эластичные гели.	Не образует прочных "сухих" гелей самостоятельно. При высоких концентрациях (>0,5%) делает лист слизистым и снижает скорость сушки.	0,1% – 0,5%	[18],[23],[24]
Каррагинан	Сульфатированный полисахарид (загуститель)	В плодовоовощных пюре требует комбинации с пластификатором для повышения эластичности.	Сильная зависимость от типа катионов. Требует нагрева для растворения. Разные типы каррагинана ведут себя по-разному. Например, λ-каррагинан — преимущественно как загуститель, а κ-каррагинан и ι-каррагинан могут выступать как гелеобразователи.	0,2-1,0%	[4],[11], [25]

Как видно из таблицы 1, ни один из рассмотренных агентов не способен сам по себе обеспечить требуемый баланс «хруст–прочность» во всём диапазоне свойств растительных матриц. Из этого следует, что проектирование листового полуфабриката с заданными потребительскими свойствами не может базироваться на подборе единственного ингредиента, а требует учёта совокупности определяющих факторов, что позволяет сформулировать критерии выбора. Для перехода от разрозненных данных к системному выбору были формализованы две взаимодополняющие концептуальные схемы (рис. 1). Первая (рис. 1а) формулирует критерии - те свойства, которыми должны обладать выбираемые добавки: технологичность (растворимость, термостабильность), функциональность (прочность геля, синергизм), сенсорная нейтральность и нормативная допустимость (требования к добавкам). Вторая (рис. 1б) фиксирует факторы выбора - объективные параметры сырья и процесса, которые диктуют, какой из критериев становится приоритетным (внешние условия, в которых эти требования должны выполняться: pH матрицы, содержание эндогенных пектинов и сахаров, а также необходимость стадии нагрева или ионной сшивки). Факторы не задают жестких числовых значений, но формируют рамки для последующего выбора конкретного структурообразователя и пластификатора. Такой подход снижает неопределённость при принятии решений, поскольку критерии отвечают на вопрос «какие свойства нужны от добавки?», факторы — «в каких условиях добавка будет работать наиболее эффективно?»

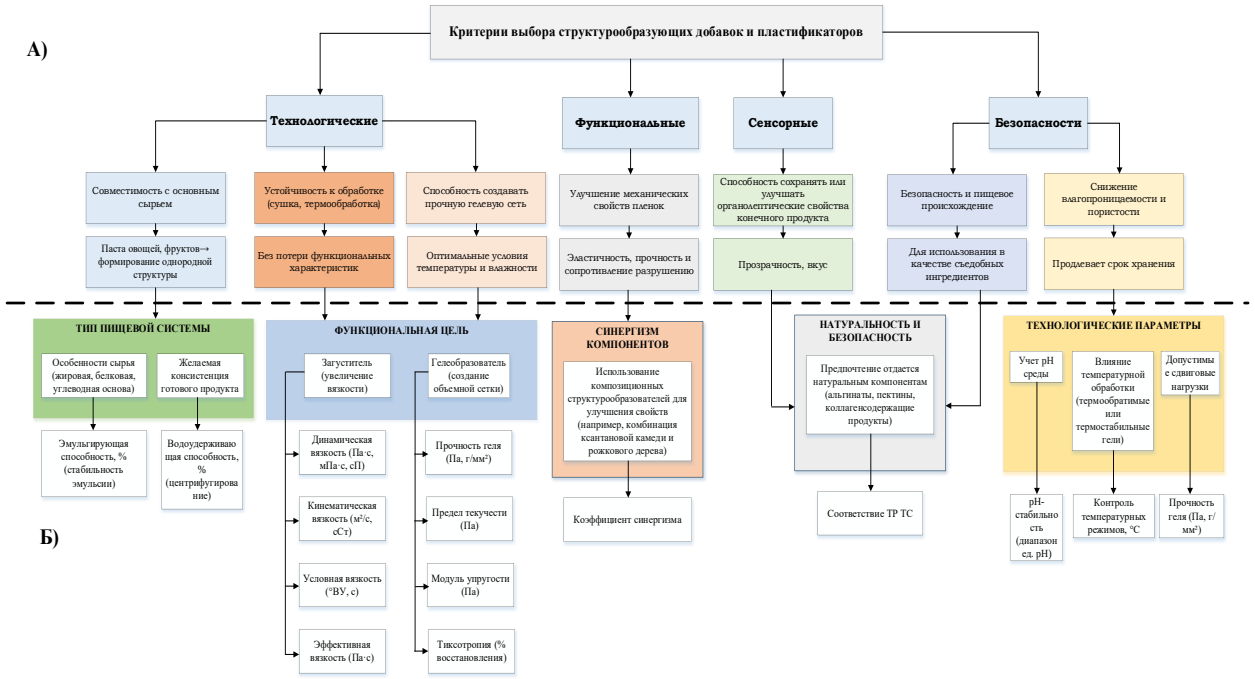


Рис. 1. Иерархическая структура критериев и факторов выбора технологических добавок: а) критерии, отражающие требования к структурообразователям и пластификаторам со стороны технологии, сенсорики, функциональности и безопасности; б) факторы, определяющие контекст принятия решения (тип пищевой системы, pH, температурный профиль, синергизм компонентов, маркировка «чистая этикетка»).

Критерии технологической пригодности (термостабильность, совместимость с pH матрицы) и функциональной эффективности (прочность геля, влагоудержание) легли в основу алгоритмического выбора. Главным же практическим результатом стала блок-схема принятия решений (рис. 2), которая связывает измеряемые параметры сырья (pH, содержание пектинов и сахаров) с конкретными типами и дозировками добавок. Разработанная блок-схема принятия решений относительно выбора структурообразователей и пластификаторов для производства листовых полуфабрикатов из растительного сырья представляет собой обоснованную тактику, базирующуюся на анализе потребительских параметров пищевой матрицы и их корреляции с функциональными свойствами технологических добавок.

Тип вводимых добавок и дозировки определяются исходя из параметров рассматриваемой пищевой растительной матрицы: кислотность среды pH - определяет возможность гелеобразования; содержание собственных пектинов в сырье – позволяет снижать дозировки структурообразователей и исключать введение пластификаторов.

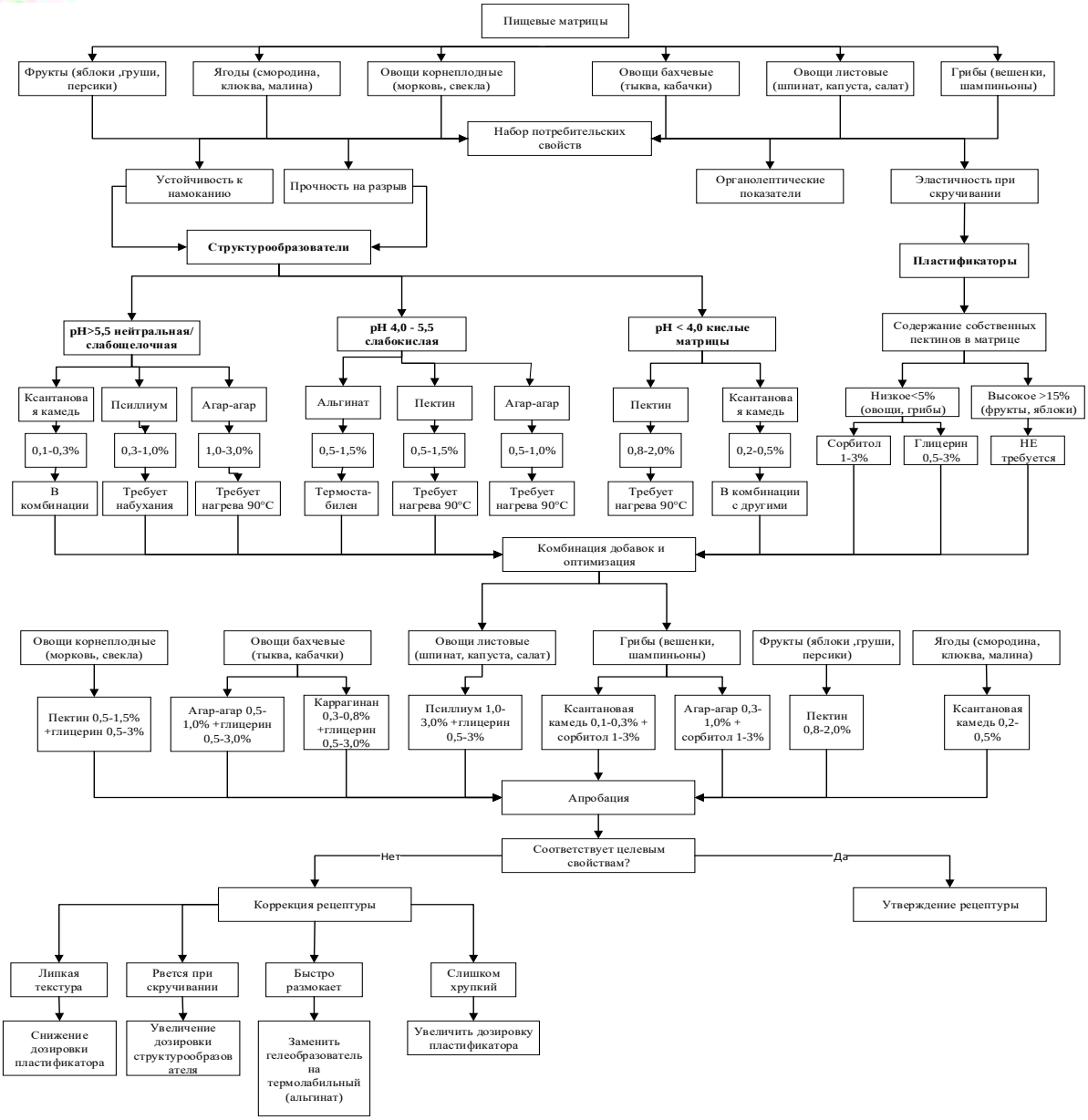


Рис. 2. Блок-схема принятия решений выбора гелеобразователей и пластификаторов для листовых полуфабрикатов из растительного сырья

Ориентировочные диапазоны применения решений блок-схемы приведены в табл.2.

Таблица 2

Диапазоны использования блок-схемы в зависимости от факторов

Параметр	Направление выбора
pH < 4,5	преимущественно пектиновые системы
pH 4,5–6,5	альгинат, агар, комбинированные системы
высокое содержание сахаров	ограниченное использование сорбитола из-за кристаллизации
высокая влажность / влажная начинка	усиление гелевого каркаса, снижение гигроскопичности
высокая хрупкость	ввод пластификатора
липкость поверхности	снижение глицерина, переход к сорбитолу/комбинации

Предложенный алгоритм работает следующим образом. Если pH матрицы ниже 4,5 и присутствуют собственные пектины, достаточная структура может быть достигнута введением 0,5–1,0 % низкоэтерифицированного пектина в сочетании с 1–3 % глицерина в присутствии ионов Ca^{2+}. Для нейтральных систем (овощи, бобовые) необходим альгинат натрия с ионами Ca^{2+} или агар-агар. Сорбитол предпочтителен при высоком содержании сухих веществ (ягодные пасты), так как менее гигроскопичен, чем глицерин, и снижает риск липкости. Таким образом, тактика выбора переводится из плоскости эмпирического перебора в плоскость пошагового алгоритма, который, однако, является предварительным инструментом выбора, и не заменой экспериментальной отработки рецептуры.

Следует отметить, что представленная блок-схема и полученные выводы имеют определённые границы применимости, обусловленные спецификой объекта исследования. В работе рассмотрены исключительно пищевые системы на основе растительного сырья. В связи с этим за рамками исследования остались эмульсионные системы и гидроколлоиды, применяемые для стабилизации многофазных сред. В частности, не рассматривались такие эмульгаторы, как лецитин и сложные эфиры жирных кислот (например, Е-472), поскольку их функциональное назначение преимущественно связано со связыванием жировой и водной фаз, а не с формированием структуры на основе растительной матрицы. Кроме того, в исследовании не учитывалась способность структурообразователей и пластификаторов к связыванию разных фаз (воды и жира) при формировании структуры эмульсий, что накладывает ограничения на прогнозирование полученных результатов на эмульсионные пищевые продукты, а также на системы с высокой долей липидов.

По итогам исследования получены следующие выводы:

1.Конкретизированы целевые потребительские свойства листовых растительных полуфабрикатов: одновременное обеспечение хрустящей текстуры (акустический сигнал при разрушении) и механической целостности при хранении и использовании, что требует раздельного управления прочностными и деформационными характеристиками пищевой матрицы.

2.Систематизированы функциональные свойства, механизмы поведения в растительных матрицах, лимитирующие факторы и эффективные дозировки восьми технологических добавок: альгината, агара, пектина, псиллиума, ксантановой камеди, каррагинана, глицерина и сорбитола. Показано, что ни одна из них не является универсальной, а их эффективность критически зависит от параметров сырья.

3.Выделены ключевые факторы, определяющие выбор добавок: активная кислотность (pH) матрицы, содержание эндогенных пектинов и уровень природных сахаров. Сформулированы четыре группы критериев отбора (технологические, функциональные, сенсорные, безопасности), позволившие перейти от описательного сравнения к алгоритмизированному решению.

4.Разработана формализованная блок-схема принятия решений, которая на основании измеряемых характеристик растительного сырья последовательно задает тип гелеобразователя (пектин при pH < 4,5; альгинат или агар в нейтральной области), потребность в дополнительном загустителе и дозировку пластификатора. Алгоритм реализует принцип функционального разделения: гелеобразователи и загустители формируют прочный каркас, пластификаторы компенсируют его хрупкость и обеспечивают гибкость.

5.Предложенная тактика переводит разработку рецептур листовых полуфабрикатов из области эмпирического подбора в плоскость управляемого проектирования, сокращает время подбора композиций и позволяет обоснованно сформировать первичный вариант рецептурной композиции и сократить объём

эмпирического подбора при достижении заданных текстурных характеристик. Практическая ценность работы подтверждается примерами решений для кислых фруктовых (пектин + глицерин) и нейтральных овощных (альгинат + Ca^{2+} + сорбитол) матриц. Ограничения применимости связаны с рассмотрением только растительных систем без высокого содержания липидов. В перспективе предусмотрена дальнейшая экспериментальной валидации предложенного алгоритма на модельных растительных матрицах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jeltema M., Vahalik J. Model for understanding consumer textural food choice / M. Jeltema, J. Vahalik // Food Science & Nutrition. – 2015. – Vol. 3. No. 3. – P. 202-212. – DOI 10.1002/fsn3.205.

2. Franks E.M., Jeltema M., Luck P.J., Beckley J., Foegeding E.A., Vinyard C.J. Morphological and masticatory performance variation of mouth behavior groups // J Texture Stud. – 2020. – Vol. 51. – P. 343–351. – DOI: 10.1111/jtxs.12483.

3. Кравцова А.А., Рождественская Л.Н. Разработка овощных листовых полуфабрикатов на основании изучения требований потребителей // Пищевые технологии : сб. тез. 4 междунар. симп., посвящ. 91-летию со дня рождения док. техн. наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, основателя научной школы Льва Александровича Остроумова, Кемерово, 18–19 сент. 2025 г. – Кемерово : Изд-во КГУ, 2025. – С. 179–183. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_82738500_99884316.pdf (дата обращения: 07.03.2026). – 10 экз. – ISBN 978-5-8353-3372-1.

4. Janowicz M., Kadzińska J., Ciurzyńska (Woźnica) A., Szulc K., Galus (Kokoszka) S., Karwacka M., Nowacka M. The Structure-Forming Potential of Selected Polysaccharides and Protein Hydrocolloids in Shaping the Properties of Composite Films Using Pumpkin Purée // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – P. 6959. – DOI: 10.3390/app13126959.

5. Lim L.-T., Hettiarachchy N., Eswaranandam S. Edible Films and Coatings from Soybean and Other Protein Sources. – 2020. – DOI: 10.1002/047167849X.bio084.pub2.

6. Rivera-Armenta J.L. Evaluation of a Cross-Linking Agent in the Preparation of Films Based on Chitosan and Pectin for Food Packaging Applications // Cellulose Chemistry and Technology. – 2022. – DOI: 10.35812/CELLULOSECHEMTECHNOL.2022.56.94.

7. Мирзоирова В.А., Мухамедиев М.Г. Получение биоразлагаемых композиционных пленок на основе крахмала и поливинилового спирта / В.А. Мирзоирова, М.Г. Мухамедиев // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. – 2022. – № 11(101). – URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/14511

8. Pepa L., dos Santos Ferreira C., Buera P. Exploring Phenylalanine Gels: Innovations in Food Gelling Agents // Biology and Life Sciences Forum. – 2025. – Vol. 40. – P. 32. – DOI: 10.3390/blsf2024040032.

9. Tireki S., Sumnu G., Sahin S. Investigation of average crosslink distance and physicochemical properties of gummy candy during storage: Effect of formulation and storage temperature // Physics of Fluids. – 2023. – Vol. 35. – DOI: 10.1063/5.0146761.

10. Du W.-x. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review // Food Hydrocolloids. – 2014. – DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2013.06.005.

11. Cheng C., Chen S., Su J., Zhu M., Zhou M., Chen T., Han Y. Recent advances in carrageenan-based films for food packaging applications // Front Nutr. – 2022. – Vol. 9. – P. 1004588. – DOI: 10.3389/fnut.2022.1004588. – PMID: 36159449.

12. Fischer M.H., Yu N., Gray G.R., Ralph J., Anderson L., Marlett J.A. The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (Plantago ovata Forsk) // Carbohydrate Research. – 2021. – Vol. 339(11). – P. 2009-2017.

13. González-Torres B., Robles M., Gutiérrez-Lomelí M., Padilla-Frausto J., Navarro Villarruel C., Del Toro L., Rodríguez-Félix F., Barrera A., Reyna M., Avila-Novoa M., Reynoso-Marín F. Combination of Sorbitol and Glycerol, as Plasticizers, and Oxidized Starch Improves the Physicochemical Characteristics of Films for Food Preservation // Polymers. – 2021. – Vol. 13. – P. 3356. – DOI: 10.3390/polym13193356.

14. Lau H.Y., Kiew P.L., Tan L.S. et al. Deciphering the effects of plasticizers in potato-based bioplastic for food and fresh produce packaging // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2023. – Vol. 20. – P. 13703–13716. – DOI: 10.1007/s13762-023-04936-3.

15. Darni Y., Utami H., Septiana R., Fitriana R. Comparative studies of the edible film based on low pectin methoxyl with glycerol and sorbitol plasticizers // Jurnal Bahan Alam Terbarukan. – 2017. – Vol. 6. – P. 158-167. – DOI: 10.15294/jbat.v6i2.9707.

16. Быков Д.Е., Макарова Н.В., Демидова А.В., Еремеева Н.Б. Оценка органолептических, физико-химических, прочностных характеристик двухслойных пленок на основе яблочного пюре с пластификатором агар-агар // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 11. – С. 164-170.

17. Шульц Л.В., Красноштанова А.А. Исследование механических характеристик крахмал-альгинатных плёнок // Успехи в химии и химической технологии. – 2022. – Т. 36. – № 12 (261). – С. 145-147.

18. Быков Д.Е., Макарова Н.В., Демидова А.В., Еремеева Н.Б. Комбинированные съедобные пленки на основе ксантановой камеди // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8. – № 2. – С. 110-116. – DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-2-110-116.

19. Gibb R.D., Sloan K.J., McRorie J.W. Jr. Psyllium is a natural nonfermented gel-forming fiber that is effective for weight loss: A comprehensive review and meta-analysis // J Am Assoc Nurse Pract. – 2023. – Vol. 35(8). – P. 468-476. – DOI: 10.1097/JXX.0000000000000882. – PMID: 37163454.

20. Ateş E.G., Tonyalı Karslı G., Özcan D., Özvural E.B. Psyllium and its role in improving rheology and structural properties of aquafaba cakes / E.G. Ateş, G. Tonyalı Karslı, D. Özcan, E.B. Özvural // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2025. – Vol. 106. No. 1. – P. 92-102. – DOI: 10.1002/jsfa.70134.

21. Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Неверова О.П. Исследование свойств биоразлагаемых альгинатных пленок с активным компонентом // Аграрный вестник Урала. – 2023. – № 06 (235). – С. 76–86. – DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-76-86.

22. Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Меренкова С.П., Неверова О.П. Исследование свойств пищевых пленок на основе агара с добавлением функциональных компонентов // Аграрный вестник Урала. – 2023. – Т. 23. – № 12. – С. 55–64. – DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-55-64.

23. Giura L., Urtasun L., Ansorena D., Astiasaran I. Comparison between the use of hydrocolloids (xanthan gum) and high-pressure processing to obtain a texture-modified puree for dysphagia // Food Res Int. – 2023. – Vol. 170. – P. 112975. – DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112975. – PMID: 37316059.

24. Осовская И.И., Бородина А.М., Курзин А.В., Рощин В.И. Синтез и свойства модифицированной ксантановой камеди // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 95-104. – URL: https://journal.asu.ru/cw/article/view/9525.

25. Dhilipkumar T., Sadeq A.M., Karuppusamy P. et al. Exploring recent advances in carrageenan-based films for sustainable food packaging applications // Eur Food Res Technol. – 2025. – Vol. 251. – P. 3151–3173. – DOI: 10.1007/s00217-025-04835-6.

REFERENCES

1. Jeltema M., Vahalik J. Model for understanding consumer textural food choice / M. Jeltema, J. Vahalik // Food Science & Nutrition. – 2015. – Vol. 3. No. 3. – P. 202-212. – DOI 10.1002/fsn3.205.

2. Franks E.M., Jeltema M., Luck P.J., Beckley J., Foegeding E.A., Vinyard C.J. Morphological and masticatory performance variation of mouth behavior groups // J Texture Stud. – 2020. – Vol. 51. – P. 343–351. – DOI: 10.1111/jtxs.12483.

3. Kravtsova A.A., Rozhdestvenskaya L.N. Development of vegetable leaf semi-finished products based on the study of consumer requirements // Food technologies : collection of theses. 4 international simp., dedicated. to the 91st anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, founder of the scientific school Lev Alexandrovich Ostroumov, Kemerovo, September 18-19, 2025 – Kemerovo : Publishing House of KSU, 2025. – pp. 179-183. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_82738500_99884316.pdf (date of request: 03/07/2026). - 10 copies – ISBN 978-5-8353-3372-1.

4. Janowicz M., Kadzińska J., Ciurzyńska (Woźnica) A., Szulc K., Galus (Kokoszka) S., Karwacka M., Nowacka M. The Structure-Forming Potential of Selected Polysaccharides and Protein Hydrocolloids in Shaping the Properties of Composite Films Using Pumpkin Purée // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – P. 6959. – DOI: 10.3390/app13126959.

5. Lim L.-T., Hettiarachchy N., Eswaranandam S. Edible Films and Coatings from Soybean and Other Protein Sources. – 2020. – DOI: 10.1002/047167849X.bio084.pub2.

6. Rivera-Armenta J.L. Evaluation of a Cross-Linking Agent in the Preparation of Films Based on Chitosan and Pectin for Food Packaging Applications // Cellulose Chemistry and Technology. – 2022. – DOI: 10.35812/CELLULOSECHEMTECHNOL.2022.56.94.

7. Mirzoirova V.A., Mukhamediev M.G. Production of biodegradable composite films based on starch and polyvinyl alcohol / V.A. Mirzoirova, M.G. Mukhamediev // Universum: chemistry and biology : electron. scientific journal. – 2022. – № 11(101). – URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/14511

8. Pepa L., dos Santos Ferreira C., Buera P. Exploring Phenylalanine Gels: Innovations in Food Gelling Agents // Biology and Life Sciences Forum. – 2025. – Vol. 40. – P. 32. – DOI: 10.3390/blsf2024040032.

9. Tireki S., Sumnu G., Sahin S. Investigation of average crosslink distance and physicochemical properties of gummy candy during storage: Effect of formulation and storage temperature // Physics of Fluids. – 2023. – Vol. 35. – DOI: 10.1063/5.0146761.

10. Du W.-x. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review // Food Hydrocolloids. – 2014. – DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2013.06.005.

11. Cheng C., Chen S., Su J., Zhu M., Zhou M., Chen T., Han Y. Recent ad-vances in carrageenan-based films for food packaging applications // Front Nutr. – 2022. – Vol. 9. – P. 1004588. – DOI: 10.3389/fnut.2022.1004588. – PMID: 36159449.

12. Fischer M.H., Yu N., Gray G.R., Ralph J., Anderson L., Marlett J.A. The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (Plantago ovata Forsk) // Carbohydrate Research. – 2021. – Vol. 339(11). – P. 2009-2017.

13. González-Torres B., Robles M., Gutiérrez-Lomelí M., Padilla-Frausto J., Navarro Villarruel C., Del Toro L., Rodríguez-Félix F., Barrera A., Reyna M., Avila-Novoa M., Reynoso-Marín F. Combination of Sorbitol and Glycerol, as Plasticizers, and Oxidized Starch Improves the Physicochemical Characteristics of Films for Food Preservation // Polymers. – 2021. – Vol. 13. – P. 3356. – DOI: 10.3390/polym13193356.

14. Lau H.Y., Kiew P.L., Tan L.S. et al. Deciphering the effects of plasticizers in potato-based bioplastic for food and fresh produce packaging // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2023. – Vol. 20. – P. 13703–13716. – DOI: 10.1007/s13762-023-04936-3.

15. Darni Y., Utami H., Septiana R., Fitriana R. Comparative studies of the ed-ible film based on low pectin methoxyl with glycerol and sorbitol plasticizers // Jurnal Bahan Alam Terbarukan. – 2017. – Vol. 6. – P. 158-167. – DOI: 10.15294/jbat.v6i2.9707.

16. Bykov D.E., Makarova N.V., Demidova A.V., Eremeeva N.B. Evaluation of the organoleptic, physico-chemical, and strength characteristics of double-layer films based on applesauce with agar-agar plasticizer // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2017. – No. 11. – pp. 164-170.

17. Schultz L.V., Krasnoshtanova A.A. Investigation of the mechanical characteristics of starch-alginate films // Advances in chemistry and chemical technology. – 2022. – Vol. 36. – № 12 (261). – Pp. 145-147.

18. Bykov D.E., Makarova N.V., Demidova A.V., Eremeeva N.B. Combined edible films based on xanthan gum // Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology. – 2018. – Vol. 8. – No. 2. – pp. 110-116. – DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-2-110-116.

19. Gibb R.D., Sloan K.J., McRorie J.W. Jr. Psyllium is a natural nonfermented gel-forming fiber that is effective for weight loss: A comprehensive review and meta-analysis // J Am Assoc Nurse Pract. – 2023. – Vol. 35(8). – P. 468-476. – DOI: 10.1097/JXX.0000000000000882. – PMID: 37163454.

20. Ateş E.G., Tonyalı Karslı G., Özcan D., Özvural E.B. Psyllium and its role in improving rheology and structural properties of aquafaba cakes / E.G. Ateş, G. To-nyalı Karslı, D. Özcan, E.B. Özvural // Journal of the Science of Food and Agricul-ture. – 2025. – Vol. 106. No. 1. – P. 92-102. – DOI: 10.1002/jsfa.70134.

21. Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Neverova O.P. Investigation of the properties of biodegradable alginate films with an active component // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2023. – № 06 (235). – Pp. 76-86. – DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-76-86.

22. Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Merenkova S.P., Neverova O.P. Investigation of the properties of food films based on agar with the addition of functional components // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2023. – Vol. 23. – No. 12. – pp. 55-64. – DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-55-64.

23. Giura L., Urtasun L., Ansorena D., Astiasaran I. Comparison between the use of hydrocolloids (xanthan gum) and high-pressure processing to obtain a tex-ture-modified puree for dysphagia // Food Res Int. – 2023. – Vol. 170. – P. 112975. – DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112975. – PMID: 37316059.

24. Osovskaya I.I., Borodina A.M., Kurzin A.V., Roshchin V.I. Synthesis and properties of modified xanthan gum // Chemistry of plant raw materials. – 2021. – No. 4. – pp. 95-104. – URL: https://journal.asu.ru/cw/article/view/9525 .

25. Dhilipkumar T., Sadeq A.M., Karuppusamy P. et al. Exploring recent ad-vances in carrageenan-based films for sustainable food packaging applications // Eur Food Res Technol. – 2025. – Vol. 251. – P. 3151–3173. – DOI: 10.1007/s00217-025-04835-6.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.857.2:582.272 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-128-134

Разработка нутрицевтических сиропов на основе нетрадиционного растительного сырья Дальнего Востока с добавлением *Saccharina japonica*

Development of nutraceutical syrups based on non-traditional plant raw materials of the Russian Far East with the addition of *Saccharina japonica*

Аспирант С.В. Болдырева (ORCID: 0009-0000-4921-8826),
ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»
Boldyreva.sv@dvfu.ru

Postgraduate student S.V. Boldyreva (ORCID: 0009-0000-4921-8826),
Far Eastern Federal University
Boldyreva.sv@dvfu.ru

Аннотация. Представлена технологическая проработка сиропной формы продукта на основе растительного сырья Дальнего Востока с использованием переработанной *Saccharina japonica* (ламинарии японской) в качестве источника йода. Исследование направлено на оценку возможности объединения растительных компонентов и минерального маркера в единой пищевой матрице без снижения потребительской приемлемости продукта. В качестве объектов выбраны пять модельных композиций: шиповник с элеутерококком, боярышник с мятой и мелиссой, чага, черноплодная рябина и лимонник. Ламинариевый компонент перед внесением подвергали сушке при температуре не выше 70 °С и измельчению до размера частиц не более 0,2 мм. Образцы готовили в лабораторных условиях, после чего проводили производственную апробацию пробной партии; сиропную основу нагревали до 80 °С, готовый продукт разливали горячим способом в стеклянные бутылки объемом 250 мл. Особое внимание уделено снижению термической нагрузки, равномерности распределения ламинариевого компонента и предупреждению выраженного водорослевого привкуса. Качество оценивали по трем показателям: органолептическая характеристика по 5-балльной шкале, вязкость и содержание йода в готовом сиропе. Установлено, что концентрация йода составляла 118-123 мкг/100 мл, вязкость находилась в пределах 25-210 мПа·с, сенсорная оценка варьировала от 3 до 5 баллов. Лучшая совокупность технологических и потребительских свойств отмечена у композиций «шиповник + элеутерококк» и «боярышник + мята + мелисса». Полученные данные показывают применимость сиропной платформы для создания функционально ориентированных продуктов, обогащенных йодом, при условии последующего изучения стабильности, однородности и воспроизводимости показателей при хранении.

Abstract. This article describes the technological development of a syrup-based food matrix made from plant raw materials of the Russian Far East and supplemented with processed *Saccharina japonica* as an iodine-containing component. The study was designed to determine whether plant ingredients and a mineral marker can be combined in one food product while preserving acceptable sensory properties. Five model formulations were selected: rosehip with Eleutherococcus senticosus, hawthorn with mint and lemon balm, Inonotus obliquus, black chokeberry and Schisandra chinensis. Before incorporation into the syrup base, the kelp component was dried at a temperature not higher than 70 °C and milled to a particle size of no more than 0.2 mm. The samples were first prepared under laboratory conditions and then tested as a pilot batch in a production setting. The syrup base was heated to 80 °C, and the final product was hot-filled into 250 ml glass bottles. Product quality was assessed by three indicators: sensory score on a five-point scale, viscosity and iodine content in the finished syrup. The iodine level in the samples was 118-123 μg/100 ml, viscosity ranged from 25 to 210 mPa·s, and sensory scores varied from 3 to 5 points. The best overall balance of technological and consumer properties was observed for the rosehip with Eleutherococcus senticosus and hawthorn with mint and lemon balm formulations. The findings support the use of syrup matrices for iodine-enriched, functionally oriented food products, provided that further

© С.В. Болдырева, 2026

studies confirm stability, homogeneity and reproducibility during storage.

Ключевые слова: нутрицевтические сиропы; дикоросы Дальнего Востока; *Saccharina japonica*; ламинария японская; йод; *Eleutherococcus senticosus*; *Schisandra chinensis*; *Inonotus obliquus*; вязкость; органолептическая оценка.

Keywords: nutraceutical syrups; Russian Far East wild plants; *Saccharina japonica*; Japanese kelp; iodine; *Eleutherococcus senticosus*; *Schisandra chinensis*; *Inonotus obliquus*; viscosity; sensory assessment.

Создание функционально ориентированных пищевых продуктов связано не только с подбором сырья, содержащего биологически активные вещества, но и с подтверждением того, как эти компоненты проявляют себя в конкретной пищевой системе. Для технологической разработки важны не декларативные свойства растения, а управляемые параметры готового продукта: дозировка, сохранность маркерных соединений, совместимость ингредиентов, безопасность, вкус и стабильность при хранении. Поэтому при работе с нутрицевтическими сиропами необходимо отделять сведения о составе сырья от доказанных характеристик пищевой матрицы.

Дальний Восток Российской Федерации представляет интерес как территория с разнообразной сырьевой базой для таких разработок. В регионе доступны адаптогенные растения, плодово-ягодные дикоросы, грибное сырье и морские бурые водоросли. В опубликованных работах рассмотрены лигнаны *Schisandra chinensis* [2], фенольные соединения *Eleutherococcus senticosus* [3], полисахариды и фенольные вещества *Inonotus obliquus* [4, 5], а также вопросы стабильности антоцианов в пищевых системах [6]. Для пищевой технологии, однако, первостепенное значение имеет не сам факт наличия этих групп веществ, а возможность получить повторяемый состав и сохранить ключевые показатели после переработки.

Бурые водоросли занимают особое место среди пищевых источников минеральных компонентов, включая йод [7, 8]. Для водорослевого сырья характерны существенные колебания содержания йода, связанные с видом, местом происхождения и способом получения [8, 9], а технологическая обработка может менять как уровень йода, так и сенсорный профиль продукта [10]. Поэтому при использовании Saccharina japonica в составе сиропов требуется контролировать не только рецептурное количество добавки, но и фактический уровень йода в готовом продукте.

Сиропная матрица выбрана как удобная технологическая форма для сочетания водных растительных извлечений, вкусоароматических компонентов и диспергированного водорослевого ингредиента. Такая форма позволяет управлять консистенцией, сладостью, содержанием сухих веществ и режимом горячего розлива. Вместе с тем повышение доли растительных и ламинариевых компонентов может менять вязкость, усиливать специфические оттенки вкуса, провоцировать осадкообразование и снижать потребительскую приемлемость. Цель работы состояла в разработке модельных нутрицевтических сиропов на основе нетрадиционного сырья Дальнего Востока с добавлением *Saccharina japonica* и сравнительной оценке полученных образцов по содержанию йода, вязкости и органолептическим свойствам.

Растительную основу составили пять модельных композиций: шиповник (*Rosa* spp.) с *Eleutherococcus senticosus* (элеутерококком колючим); боярышник (*Crataegus* spp.) с мятой (*Mentha* spp.) и *Melissa officinalis* (мелиссой лекарственной); *Inonotus obliquus* (чагой); *Aronia melanocarpa* (черноплодной рябиной); *Schisandra chinensis* (лимонником китайским). Для шиповника, боярышника и мяты в работе использовано родовое обозначение, поскольку в исходной технологической

документации видовая принадлежность не была уточнена; при подготовке рецептурных спецификаций данный параметр должен быть конкретизирован.

Saccharina japonica вводили как минеральный компонент, обеспечивающий обогащение сиропной матрицы йодом. Перед использованием сырье высушивали при температуре не выше 70 °С и измельчали через сито до размера частиц не более 0,2 мм. При подборе технологических параметров рассматривали диапазон внесения 0,5-5,0 % масс., оценивая равномерность распределения частиц, вероятность образования осадка, изменение вязкости и выраженность возможного морского привкуса.

Первичный этап получения образцов проводили в лабораторных условиях Молодежной научно-исследовательской лаборатории функционального, лечебного и спортивного питания Факультета агропищевых биотехнологий и пищевой инженерии ПИШ «ИББиПС». Пробная производственная партия была апробирована на базе ИП Форостенко С.Ф. (г. Лесозаводск). Для ограничения термического воздействия на растительные компоненты сиропную основу готовили при температуре до 80 °С. Розлив осуществляли горячим способом в стеклянные бутылки вместимостью 250 мл.

Оценка готовых образцов включала органолептический анализ, измерение вязкости и определение содержания йода. Сенсорную оценку выполняла комиссия из трех человек по 5-балльной шкале: 5 баллов соответствовали высокой потребительской приемлемости, 1 балл - крайне низкой оценке. Вязкость фиксировали в мПа·с, содержание йода - в мкг/100 мл готового сиропа. При обсуждении результатов учитывали требования безопасности и маркировки пищевой продукции, установленные техническими регламентами ЕАЭС; сами нормативные документы в пристатейный список литературы не включали.

При формировании линейки учитывали, какую технологическую функцию выполняет каждая растительная основа: создание вкуса и аромата, формирование цвета, придание экстрактной насыщенности, внесение полифенольных компонентов или адаптогенной направленности. *Saccharina japonica* рассматривалась как источник йода и не должна была становиться доминирующим вкусовым фактором. Сравнительная характеристика композиций и показателей, требующих контроля, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика модельных сырьевых композиций

Композиция	Технологическая роль в сиропной матрице	Контролируемые показатели
Шиповник + элеутерококк	Формирование плодово-адаптогенного профиля; смягчение вкуса элеутерококка	Органолептика, вязкость, содержание йода, однородность
Боярышник + мята + мелисса	Формирование вкусоароматического профиля за счет плодового и эфиромасличного сырья	Аромат, вкус, вязкость, содержание йода
Чага	Формирование экстрактной насыщенности, специфического цвета и грибного профиля	Цвет, вкус, вязкость, содержание йода
Черноплодная рябина	Формирование интенсивной окраски, кислотности и полифенольного профиля	Цвет, органолептика, вязкость, содержание йода
Лимонник	Формирование выраженного кислого	Вкус, кислотность,

Композиция	Технологическая роль в сиропной матрице	Контролируемые показатели
	вкуса и адаптогенной направленности	органолептика, содержание йода
Saccharina japonica	Обогащение сиропной матрицы йодом и формирование минерального маркера	Йод, дисперсность, однородность, осадок

Получение сиропов строилось как последовательность взаимосвязанных операций: подготовка растительного и ламинариевого сырья, приготовление сиропной основы, внесение растительных компонентов, добавление подготовленной *Saccharina japonica*, нагрев до 80 °С, проверка однородности, горячий розлив, охлаждение и контроль качества. Такой порядок позволил перенести лабораторную рецептурную схему в условия малотоннажной апробации и заранее выделить параметры, которые могут ограничить масштабирование.

Данные контроля представлены в табл. 2. Все образцы содержали *Saccharina japonica*; различия между ними были связаны с составом растительной части, ее влиянием на консистенцию, цвет, вкус и восприятие готового сиропа.

Таблица 2

Показатели качества модельных образцов сиропов

№	Сиропная композиция	Содержание йода, мкг/100 мл	Вязкость, мПа·с	Оценка, баллы
1	Шиповник + элеутерококк + *Saccharina japonica*	120,2±1,1	145±1	5
2	Боярышник + мята + мелисса + *Saccharina japonica*	119,4±1,2	203±2	5
3	Чага + *Saccharina japonica*	123,2±1,2	25±1	3
4	Черноплодная рябина + *Saccharina japonica*	118,3±1,1	210±3	4
5	Лимонник + *Saccharina japonica*	121,2±1,1	162±2	4

Фактическое содержание йода в исследованных сиропах составило 118-123 мкг/100 мл. Максимальное значение получено для образца на основе чаги, минимальное - для композиции с черноплодной рябиной. Небольшая амплитуда показателя свидетельствует о возможности удерживать минеральный маркер в заданном диапазоне. Вместе с тем близкие значения йода не означали одинакового качества образцов: растительная основа заметно влияла на вязкость и сенсорное восприятие, поэтому контроль готового продукта должен быть комплексным.

Реологические свойства образцов различались значительно: вязкость находилась в пределах 25-210 мПа·с. Наименьшее значение отмечено у сиропа с чагой, наибольшее - у варианта с черноплодной рябиной. Следовательно, вид растительной основы является одним из факторов, определяющих поведение сиропной матрицы. При переходе к промышленному выпуску вязкость следует рассматривать не только как аналитический показатель, но и как параметр, влияющий на дозирование, розлив, стабильность дисперсной системы и удобство потребления.

По результатам сенсорной оценки лидировали композиции «шиповник + элеутерококк» и «боярышник + мята + мелисса», получившие по 5 баллов. Их

плодово-травяной профиль, вероятно, лучше компенсировал возможные водорослевые оттенки Saccharina japonica и воспринимался как более привычный для сиропной продукции. Образцы с черноплодной рябиной и лимонником получили по 4 балла; они могут быть доработаны за счет уточнения кислотности и интенсивности вкуса. Композиция с чагой получила 3 балла, что связано со специфическим вкусом, окраской и пониженной вязкостью.

Полученные данные подтверждают, что при разработке сиропов с растительными и водорослевыми компонентами необходимо одновременно учитывать несколько групп рисков: сохранность растительных маркеров [2-5], взаимодействие антоцианов с компонентами пищевой системы [6], а также вариабельность содержания йода и влияние обработки водорослевого сырья на сенсорные свойства [1, 7-10]. Для внедрения технологии требуется не единичное измерение йода, а система контроля: проверка партии *Saccharina japonica*, подтверждение ее безопасности, контроль дисперсности, оценка равномерности распределения в сиропе и наблюдение за изменением показателей при хранении.

С позиции дальнейшего масштабирования наиболее убедительные результаты показали варианты с шиповником и элеутерококком, а также с боярышником, мятой и мелиссой. Эти образцы сочетали контролируемое содержание йода, приемлемую вязкость и максимальную органолептическую оценку. Композиции с лимонником и черноплодной рябиной целесообразно сохранить как перспективные после рецептурной корректировки, а вариант с чагой требует отдельной работы по повышению вязкости и смягчению вкусоароматического профиля.

Выполнена разработка пяти модельных нутрицевтических сиропов на основе нетрадиционного растительного сырья Дальнего Востока с добавлением *Saccharina japonica*: шиповник + элеутерококк, боярышник + мята + мелисса, чага, черноплодная рябина и лимонник. Предложенный технологический подход включает подготовку ламинариевого компонента, его внесение в сиропную матрицу, горячий розлив и оценку готового продукта по содержанию йода, вязкости и органолептическим характеристикам.

Во всех образцах был получен контролируемый уровень йода - 118-123 мкг/100 мл. Вязкость варьировала от 25 до 210 мПа·с, а органолептическая оценка составляла 3-5 баллов. Наиболее удачное сочетание минерального маркера, реологических свойств и сенсорной приемлемости установлено для композиций «шиповник + элеутерококк» и «боярышник + мята + мелисса». Эти варианты могут быть выбраны как первоочередные для последующей производственной апробации.

Следующий этап исследований должен быть связан с проверкой воспроизводимости результатов на независимых партиях, оценкой стабильности йода в процессе хранения, контролем однородности распределения Saccharina japonica и уточнением видовой принадлежности растительного сырья. Для практического вывода продукта на рынок необходимо разработать спецификации входного контроля и сохранить корректное позиционирование: в маркировке и научном описании следует опираться на подтвержденные показатели состава и качества, не формулируя необоснованных лечебных заявлений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект №FZNS-2025-0008, тема проекта «Разработка отечественных композиций нутрицевтиков и нутрицевтических продуктов с использованием новых видов биологических ресурсов и оценка их применимости в пищевых системах».

ЛИТЕРАТУРА

1. Hatch-McChesney, A. Iodine and iodine deficiency: a comprehensive review of a re-emerging issue / A. Hatch-McChesney, H. R. Lieberman // Nutrients. - 2022. - Vol. 14, No. 17. - Art. 3474. - DOI: 10.3390/nu14173474.

2. Yang, S. Schisandra chinensis: a comprehensive review on its phytochemicals and biological activities / S. Yang, C. Yuan, Y. Wang [et al.] // Arabian Journal of Chemistry. - 2021. - Vol. 14, No. 9. - Art. 103310. - DOI: 10.1016/j.arabjc.2021.103310.

3. Комарова, А. А. Содержание фенольных соединений в сырье элеутерококка колючего (Eleutherococcus senticosus Rupr. et Maxim) / А. А. Комарова, Т. А. Степанова, И. А. Прокопьев, А. Я. Мечикова // Фармация. - 2023. - Т. 72, № 3. - С. 23-29. - DOI: 10.29296/25419218-2023-03-04.

4. Lu, Y. Recent developments in Inonotus obliquus (Chaga mushroom) polysaccharides: isolation, structural characteristics, biological activities / Y. Lu, H. Chen, W. Dong [et al.] // Polymers. - 2021. - Vol. 13, No. 9. - Art. 1441. - DOI: 10.3390/polym13091441.

5. Усольцева, О. Н. Гриб березовый (чага): характеристика химического состава, биологической активности и продуктов переработки / О. Н. Усольцева, Д. Н. Оленников, Т. В. Потупчик, Е. В. Окладникова, А. В. Игнатюк // Фармация. - 2023. - Т. 72, № 4. - С. 58-64. - DOI: 10.29296/25419218-2023-04-08.

6. Zang, Z. An updated review on the stability of anthocyanins regarding the interaction with food proteins and polysaccharides / Z. Zang, S. Tang, Z. Li [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. - 2022. - Vol. 21, No. 5. - P. 4378-4401. - DOI: 10.1111/1541-4337.13026.

7. Penalver, R. Seaweeds as a functional ingredient for a healthy diet / R. Penalver, J. M. Lorenzo, G. Ros [et al.] // Marine Drugs. - 2020. - Vol. 18, No. 6. - Art. 301. - DOI: 10.3390/md18060301.

8. Blikra, M. J. Iodine from brown algae in human nutrition, with an emphasis on bioaccessibility, bioavailability, chemistry, and effects of processing: a systematic review / M. J. Blikra, S. Henjum, I. Aakre // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. - 2022. - Vol. 21, No. 2. - P. 1517-1536. - DOI: 10.1111/1541-4337.12918.

9. Lee, Y. M. Analysis and risk assessment of total iodine content in edible seaweeds in South Korea / Y. M. Lee, H. J. Park, M. Jo [et al.] // Foods. - 2025. - Vol. 14, No. 16. - Art. 2865. - DOI: 10.3390/foods14162865.

10. Krook, J. L. Approaches for reducing the iodine content of the brown seaweed Saccharina latissima - effects on sensory properties / J. L. Krook, A. Duinker, W. E. Larssen [et al.] // Journal of Applied Phycology. - 2024. - Vol. 36. - P. 783-796. - DOI: 10.1007/s10811-023-02974-5.

REFERENCES

1. Hatch-McChesney A., Lieberman H. R. Iodine and iodine deficiency: a comprehensive review of a re-emerging issue. Nutrients, 2022, vol. 14, no. 17, art. 3474. DOI: 10.3390/nu14173474.

2. Yang S., Yuan C., Wang Y. et al. Schisandra chinensis: a comprehensive review on its phytochemicals and biological activities. Arabian Journal of Chemistry, 2021, vol. 14, no. 9, art. 103310. DOI: 10.1016/j.arabjc.2021.103310.

3. Komarova A. A., Stepanova T. A., Prokopiev I. A., Mechikova A. Ya. Soderzhanie fenol'nykh soedinenii v syr'e eleuterokokka kolyuchego (Eleutherococcus senticosus Rupr. et Maxim) [The content of phenolic compounds in raw materials of

Eleutherococcus senticosus (Rupr. et Maxim)]. Farmatsiya, 2023, vol. 72, no. 3, pp. 23-29. DOI: 10.29296/25419218-2023-03-04. (In Russian).

4. Lu Y., Chen H., Dong W. et al. Recent developments in Inonotus obliquus (Chaga mushroom) polysaccharides: isolation, structural characteristics, biological activities. Polymers, 2021, vol. 13, no. 9, art. 1441. DOI: 10.3390/polym13091441.

5. Usoltseva O. N., Olennikov D. N., Potupchik T. V., Okladnikova E. V., Ignatyuk A. V. Grib berezovyi (chaga): kharakteristika khimicheskogo sostava, biologicheskoi aktivnosti i produktov pererabotki [Birch fungus (chaga): characteristics of chemical composition, biological activity and processed products]. Farmatsiya, 2023, vol. 72, no. 4, pp. 58-64. DOI: 10.29296/25419218-2023-04-08. (In Russian).

6. Zang Z., Tang S., Li Z. et al. An updated review on the stability of anthocyanins regarding the interaction with food proteins and polysaccharides. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2022, vol. 21, no. 5, pp. 4378-4401. DOI: 10.1111/1541-4337.13026.

7. Penalver R., Lorenzo J. M., Ros G. et al. Seaweeds as a functional ingredient for a healthy diet. Marine Drugs, 2020, vol. 18, no. 6, art. 301. DOI: 10.3390/md18060301.

8. Blikra M. J., Henjum S., Aakre I. Iodine from brown algae in human nutrition, with an emphasis on bioaccessibility, bioavailability, chemistry, and effects of processing: a systematic review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2022, vol. 21, no. 2, pp. 1517-1536. DOI: 10.1111/1541-4337.12918.

9. Lee Y. M., Park H. J., Jo M. et al. Analysis and risk assessment of total iodine content in edible seaweeds in South Korea. Foods, 2025, vol. 14, no. 16, art. 2865. DOI: 10.3390/foods14162865.

10. Krook J. L., Duinker A., Larssen W. E. et al. Approaches for reducing the iodine content of the brown seaweed Saccharina latissima - effects on sensory properties. Journal of Applied Phycology, 2024, vol. 36, pp. 783-796. DOI: 10.1007/s10811-023-02974-5.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.663.4: 664.663.9 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-135-146

Исследование возможности применения муки из семян черного тмина в изготовлении пшеничного хлеба и оценка полученных образцов

Study of the possibility of using black cumin seed flour in the production of wheat bread, and evaluation of the obtained samples

Доцент С.Г. Боев (ORCID: 0000-0002-1497-7256), студент А.А. Заикин (ORCID 0009-0009-2566-6427), студент И.В. Чуваев (ORCID ID 0009-0006-8690-2997),
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»
tt-kstu@yandex.ru

Доцент В.Н. Трубников (ORCID: 0000-0002-4831-0433),
ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова»
aja491vn@yandex.ru

Associate Professor S.G. Boev (ORCID: 0000-0002-1497-7256), student A.A. Zaikin (ORCID 0009-0009-2566-6427), student I.V. Chuvaev (ORCID ID 0009-0006-8690-2997),
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Southwest State University”
tt-kstu@yandex.ru

Associate Professor V.N. Trubnikov (ORCID: 0000-0002-4831-0433),
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov”
aja491vn@yandex.ru

Аннотация: Настоящее исследование посвящено изучению возможности применения муки из семян чёрного тмина в качестве обогащающей добавки при производстве пшеничного хлеба и её влияния на качественные характеристики готовой продукции. Экспериментальная работа выполнена в 2024 году на базе лабораторий кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров Юго-Западного государственного университета. В ходе исследования были разработаны образцы пшеничного хлеба с различным содержанием муки из семян чёрного тмина (5%, 10% и 15% от массы пшеничной муки), которая вводилась путём замены соответствующей части мучной смеси на этапе замеса теста. Для оценки качества полученных образцов проведён комплекс органолептических и физико-химических исследований, включающий определение зольности, кислотности, влажности и пористости. Результаты исследований показали, что введение муки из семян чёрного тмина приводит к статистически значимому увеличению всех изучаемых показателей по сравнению с контрольным образцом. Наибольшие значения зольности, кислотности, влажности и пористости зафиксированы в образце с 15% содержанием добавки. На основании проведённых исследований установлено, что внесение муки из семян чёрного тмина способствует обогащению элементного состава хлебобулочных изделий, что подтверждается ростом показателя зольности. По совокупности органолептических характеристик оптимальным признан образец с 5% содержанием добавки, который показал наилучшие потребительские свойства. Таким образом, данная концентрация может быть рекомендована для промышленного применения при производстве обогащённого пшеничного хлеба.

© С.Г. Боев, А.А. Заикин, И.В. Чуваев, В.Н. Трубников, 2026

Abstract. This study examines the potential use of black cumin seed flour as a fortifying additive in wheat bread production and its impact on the quality of finished products. The experimental work was conducted in 2024 in the laboratories of the Department of Commodity Science, Technology, and Product Expertise at Southwestern State University. During the study, wheat bread samples were developed with varying amounts of black cumin seed flour (5%, 10%, and 15% of the wheat flour weight), which was added by replacing the corresponding portion of the flour mixture during the dough mixing stage. To assess the quality of the resulting samples, a series of organoleptic and physicochemical tests were conducted, including determination of ash content, acidity, moisture, and porosity. The results showed that the addition of black cumin seed flour resulted in a statistically significant increase in all studied parameters compared to the control sample. The highest values for ash content, acidity, moisture, and porosity were recorded in the sample containing 15% of the additive. Based on the conducted research, it was established that the addition of black cumin seed flour contributes to the enrichment of the elemental composition of bakery products, as evidenced by an increase in ash content. Based on the combined organoleptic characteristics, the sample with a 5% additive content was found to be optimal, demonstrating the best consumer properties. Therefore, this concentration can be recommended for industrial use in the production of fortified wheat bread.

Ключевые слова: пшеничная мука, мука из семян чёрного тмина, зольность, кислотность пористость, элементный состав.

Keywords: wheat flour, black cumin seed flour, ash content, acidity, porosity, elemental composition.

В представленной статье приведены результаты исследования влияния муки из чёрного тмина при производстве пшеничного хлеба на определённые органолептические и физико-химические показатели произведённых образцов обогащённого хлеба. Представлены результаты выполненного исследования, отражающие влияние внесённой муки чёрного тмина и муки пшенной на концентрацию отдельных макроэлементов в полученных образцах, в том числе и на кислотность, влажность, пористость изделия.

Возможность применения разнообразного растительного сырья в качестве компонентов в производстве мучных изделий всегда вызывало интерес, как отечественных, так и зарубежных исследователей, в полной мере это относится и к производству хлеба, в том числе и безглютенового хлеба. В первую очередь это желание связано с возможностью уменьшить себестоимость будущего продукта, улучшить его органолептические и физико-химические показатели.

Например, исследователи M. Hedayatnia, A. A. A. M. Ghavami, M. Gharachorloo, Исследование показало, что добавление 4% и 8% муки чёрного тмина значительно повысило антиоксидантную активность хлеба и замедлило образование перекисей липидов по сравнению с контрольным образцом. Наибольший эффект был observed при 8% добавке. Также отмечено положительное влияние на сенсорные характеристики [1].

Другие авторы M. Salehi, M. Aghajanzadeh, F. Nasirpour, в своём исследовании добавляли жмых чёрного тюмина (побочный продукт отжима масла) в безглютеновый хлеб на основе рисовой и кукурузной муки. Результаты показали улучшение питательной ценности (белок, клетчатка), увеличение антиоксидантной активности и приемлемые сенсорные свойства при добавлении до 15% жмыха. [2].

В своём исследовании авторы S. M. A. Rahman, M. E. H. M. Rashid, M. S. Islam изучают применение муки чёрного тмина при производстве хлеба. Это исследование было направлено на поиск оптимального уровня добавления порошка чёрного тмина (3%, 6%, 9%). Установлено, что образец с 6% добавкой показал наилучшие результаты по объему хлеба, текстуре и получил высшие оценки по вкусу и аромату от сенсорной комиссии [3].

В проведённых исследованиях авторы Al-Jassir, M. S. Al-Saikhan и др. изучали вопрос влияния чёрного тмина на сроки хранения хлебобулочных изделий. В основных выводах отмечается, что исследование демонстрирует, что добавление

порошка чёрного тмина замедляет рост плесени и бактерий в традиционных лепешках, что существенно продлевает их срок годности благодаря антимикробным свойствам тимохинона [4].

В нашей стране также проводятся исследования по применению чёрного тмина в производстве хлебобулочных изделий.

Так авторы Альхамова Г. К., Андросова Н. В., Акулова Е. А., Боган В. И. в своей работе «Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, чёрного тмина и стевиозида» отразили результаты проведенных исследований влияния частичной замены пшеничной муки семенами пажитника и мукой из чёрного тмина на органолептические и физико-химические свойства хлебобулочных изделий. Исследователи подчёркивают функциональные свойства белков, полученных из жмыха чёрного тмина, и предлагают использовать их в качестве пищевой добавки к жирным продуктам для увеличения срока их хранения и устойчивости к окислению. В заключение отмечается, что введение в рецептуру хлеба и хлебобулочных изделий цельных семян пажитника, муки из чёрного тмина и стевиозида позволяет не только улучшить органолептические и физико-химические свойства готового продукта, но и повысить их пищевую и биологическую ценность [5].

А вот авторы Н. Л. Наумова, А. А. Лукин, В. С. Люлькович исследовали возможности применения чёрного тмина при производстве мясной продукции. Они отмечают, что жмых семени черного тмина в количестве 1,5 % привнес отдельные вкрапления частиц черно-коричневого цвета в готовый продукт - паровые котлеты из свинины. Опытные пробы соответствовали категории очень хорошее качество. Жмых в количестве 3 % больше изменил цветовую гамму и привнес легкую остроту во вкус котлет, что соответствовало категории хорошее качество. Дозировка жмыха 5 % сформировала травянистый привкус, удовлетворительную консистенцию, суховатость и чрезмерно черный цвет продукта, что снизило качество до уровня ниже среднего. В дальнейших исследованиях испытывалась дозировка 3 %. Установлено, что содержание влаги, белка, жира, поваренной соли находилось на одном уровне как в контроле, так и в опыте. Зольность в опытной пробе была выше, чем в контроле, на 16 %, а количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов через 24 ч хранения имело тенденцию к снижению, тогда как в контроле - увеличилось на 28 %. Из минеральных элементов в опытных котлетах содержалось больше марганца - в 10 раз, кальция - в 3,3, железа - в 2,5, меди - в 1,7, магния - в 1,5, фосфора - на 23 %. [6].

А вот в исследованиях Черниязова Э.А., Ефремова А.А, Наумова Н.Л. в своей работе «Сравнительный анализ химического состава растительного сырья, применяемого в технологии производства ржаного хлеба» отмечают, что применение нетрадиционных видов муки является оправданным для повышения пищевой ценности выпечки из ржаного сырья. Так, применение муки из семян черного тмина позволит существенно повысить в ржаных изделиях содержание пищевых волокон и микроэлементов (железа, меди, кобальта, магния); внесение кунжутной муки – концентрацию белка, меди, магния, фосфора, цинка; использование муки из ядер кедрового ореха – содержание полиненасыщенных жирных кислот, марганца, фосфора, кобальта, меди; введение муки из виноградных косточек – дозировку растворимых и нерастворимых пищевых волокон, а также железа, меди, кальция. Во всех случаях замещение определенного количества ржаной муки в рецептуре хлебобулочных изделий на анализируемое растительное сырье снизит глютеновую нагрузку на организм человека. В заключении авторы подчёркивают, что применение муки из семян черного тмина

позволит существенно повысить в ржаных изделиях содержание пищевых волокон и микроэлементов (железа, меди, кобальта, магния) [7].

Авторы Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.В. Евдокимова, Е.Е. Павлова, Д.В. Колесник посвятили свою работу повышению пищевой ценности продуктов идет за счет введения в рецептуру сырья, содержащего в своем составе большее количество каких-либо витаминов или минералов по отношению к традиционному сырью, используемому в рецептуре. Представлены исследования влияния частичной замены и исключения из рецептуры печенья традиционных ингредиентов на ингредиенты, повышающие пищевую ценность готового изделия. Данные компонентами являлись мука из семян черного тмина, яблочные выжимки свежемороженые и крахмал картофельный. В заключении авторы отмечают, что проведенные исследования подтверждают целесообразность применения муки из черного тмина и яблочных выжимок в производстве печенья. Продукт приобретает свои специфические вкусоароматические свойства и повышенную пищевую ценность. [8].

Также в отдельных опубликованных научных исследованиях встречаются подробные описания практического применения ингредиентов из прочих разнообразных растений. Исследователи А. Г. Калужских, Н. В. Долгополова, М. Н. Котельникова приводят результаты исследований применения молотого кориандра при изготовлении пшеничного хлеба. Также выявлено влияние пряности на некоторые показатели качества хлеба [9].

В исследованиях Беляева А.Г. Пьяниковой Э.А. и Ковалёвой А.Е. предложен ряд различных вариантов замены доли муки пшеничной на порошок кипрея узколистного в рецептурах мучных изделий [10].

«Для обогащения продуктов использовали порошок из травы кипрея. Ведь из литературы известно, что кипрей содержит большое количество микроэлементов и является лекарственным растением. Сбор травы кипрея также обладает многими лечебными свойствами и положительно влияет на организм человека» [10].

Другие авторы в своих исследованиях предполагают для обогащения включить различные компоненты в рецептуры мучных изделий, в том числе бисквитные полуфабрикаты, которые представляют интерес для проведения экспериментов, «направленных на получение новых видов обогащенных продуктов различными микроэлементами».

В литературах источниках представлено очень мало сравнительных данных о том, какая концентрация муки из семян чёрного тмина в пшеничный хлеб является предпочтительной в случае её внесения.

В подготовленной нами статье представлены результаты проведённого исследования полученных образцов с предварительным внесением различной концентрации муки из семян чёрного тмина, в составе пшеничной муки, с включением в рецептуры. По органолептическим показателям, и по количественному содержанию золы, посчитаны основные физико-химические показатели и по совокупности полученных результатов определены наилучшие образцы.

Цель проведённого исследования состояла в изучении влияния муки из семян чёрного тмина на некоторые показатели качества хлеба.

Для достижения запланированной цели были поставлены главные задачи: (1) приготовление опытных образцов хлебобулочных изделий, обогащённых внесением муки из семян чёрного тмина различной процентной концентрацией и замещением ею пшеничной муки; (2) определение органолептических показателей полученных изделий; (3) определение количественного содержания золы и железа в полученных образцах пшеничного хлеба обогащенного.

Проведено изучение применения муки из семян чёрного тмина в разной концентрации в рецептуре, количественное определение железа, органолептические исследования и нахождение оптимального количества внесения добавок в продукт.

Исследования проводили в лабораториях кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров Юго-Западного государственного университета. Сырьё и рецептура опытных образцов приведены в таблице 1.

Обычная рецептура была усовершенствована за счет добавок муки из семян чёрного тмина для обогащения пшеничного хлеба.

Добавки вносили в количестве 5–15% к массе муки непосредственно при замесе и другие компоненты.

Таблица 1

Рецептуры пшеничного хлеба, с добавлением муки семян черного тмина при замене основного сырья (5%, 10%, 15%)

Наименование компонента рецептуры	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец № 3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Мука пшеничная высший сорт, г	280	266	252	238
Мука из семян черного тмина, г	-	14	28	42
Дрожжи сухие, г	3	3	3	3
Сахар, г	7	7	7	7
Соль, г	4	4	4	4
Яйцо, г	50 (1 шт.)	50 (1 шт.)	50 (1 шт.)	50 (1 шт.)
Масло растительное, мл	10	10	10	10
Молоко 2,5%, мл	70	70	70	70
Вода, мл	70	70	70	70

Образцы получали с внесением различной концентрации муки из семян черного тмина в рецептуры.

Добавку вносили в количестве 5,10,15% к массе муки непосредственно при замесе и другие компоненты.

По рецептурам, представленным в таблице 1 были изготовлены образцы хлебобулочных изделий и исследованы их показатели качества. Контролем служила проба без добавления муки из семян черного тмина.

Контроль Образец №1 Образец №2 Образец №3

Рис. 1. Полученные образцы

Качество готового хлеба напрямую зависит от качества исходного сырья, правильности ведения технологического процесса и контроля за отдельными операциями производства [4]. К органолептическим показателям относят внешний вид готовых изделий, форму, состояние поверхности, цвет, состояние мякиша, промесс, пористость, вкус и запах. Органолептические показатели (кроме формы, поверхности и цвета изделия) контролируют посредством органов чувств.

В таблице 3 представлены органолептические показатели качества хлеба с мукой семян черного тмина.

Таблица 2

Органолептические показатели качества пшеничного хлеба с мукой семян черного тмина

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ Р 58233-2018	Образец №1 контроль	Образец №2 5% замены	Образец №3 10% замены	Образец №4 15% замены
Внешний вид: форма и поверхность, цвет	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов. Поверхность без крупных трещин и подрывов, с наколами или надрезами или без них в соответствии с технологическими инструкциями. Цвет от светло-желтого до темно-коричневого.	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов. Поверхность без крупных трещин и подрывов цвет желтый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов. Поверхность без крупных трещин и подрывов цвет светло серый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов. Поверхность без крупных трещин и подрывов цвет серый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов. Поверхность без крупных трещин и подрывов цвет темно серый
Состояние мякиша: пропеченность, промесс, пористость	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая, без пустот и уплотнений.	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая, без пустот и	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая,	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая, без пустот и уплотнений.	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая, без пустот и

		уплотнений.	без пустот и уплотнений.		уплотнений.
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса.	Свойственный хлебу из пшеничной муки, без постороннего привкуса	Свойственный хлебу из пшеничной муки, и легким приятным пряным привкусом семян черного тмина	Свойственный хлебу из пшеничной муки, и умеренным приятным пряным привкусом семян черного тмина, с легким горьким привкусом	Свойственный хлебу из пшеничной муки, и умеренным пряным горьким привкусом
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный хлебу из пшеничной муки, без постороннего запаха	Свойственный хлебу из пшеничной муки, с легким пряным ароматом семян черного тмина	Свойственный хлебу из пшеничной муки, с ощутимым пряным ароматом семян черного тмина	Свойственный хлебу из пшеничной муки, с ярко выраженным пряным ароматом семян черного тмина

Как видно из данных, представленных в таблице 3, изделия, обогащенные мукой из семян черного тмина, соответствуют показателям ГОСТ Р 58233—2018, с учетом свойств вносимой добавки муки из семян черного тмина. Образцы полученного хлеба в разрезе представлены на рисунке 5.

Контроль | Образец №1 5% замены | Образец №2 10% замены | Образец №3 15% замены

Рис. 2. Полученный хлеб с добавкой муки семян черного тмина в разрезе

Из результатов органолептических исследований, отраженных в таблице 3, видно, что полученные образцы хлеба с добавлением муки семян черного тмина соответствуют нормативным органолептическим показателям, однако, хлеб, имеющий в своем составе большие концентрации добавки замены имеют худшие органолептические показатели вкуса по сравнению с образцами меньшей концентрации. Оптимальными по этим показателям оказался образец, имеющий в своем составе, 5% замены пшеничной муки на муку из семян черного тмина

Для определения массовой доли общей золы X, в процентах, вычисляли по формуле

$$X = \frac{(m_1 - m)}{m_2} \times 100, \quad (1)$$

где m – масса тигля, г; m_1 –масса тигля с остатком после сжигания навески и прокаливания, г; m_2 – масса навески продукта, г; 100 – коэффициент пересчета в %.

Так можно определить общее содержание минеральных веществ в пищевых продуктах, в частности в полученных опытных образцах.

Результаты определения массовой доли золы. Массовая доля общей золы X, %, была определена методом сжигания продукта и численно определена по формуле (1)

Массовая доля общей золы составила:

– для контрольного образца массовая доля золы составила

$$X = \frac{(11,6 - 11,5)}{5} \times 100 = 2\%;$$

– для образца с внесением муки семян черного тмина в количестве 5% к массе пшеничной муки высшего сорта

$$X = \frac{(12,14 - 12,00)}{5} \times 100 = 2,8\%;$$

– для образца с внесением муки семян черного тмина в количестве 10% к массе пшеничной муки высшего сорта

$$X = \frac{(12,82 - 12,58)}{5} \times 100 = 4,8\%;$$

– для образца с внесением муки семян черного тмина в количестве 15% к массе пшеничной муки высшего сорта

$$X = \frac{(10,5 - 10,2)}{5} \times 100 = 6\%.$$

По полученным данным можно сделать вывод, что с внесением муки семян черного тмина массовая доля золы увеличивалась при увеличении концентрации вносимой добавки.

Результаты определения кислотности. Кислотность X, град, была определена методом титрования, который основан на нейтрализации кислоты, содержащейся в навеске, с гидроокисью натрия в присутствии фенолфталеина до появления розовой окраски.

Для хлеба кислотность определялась по формуле (2):

– для контрольного образца

$$X = \frac{3,4 \times 250 \times 100}{10 \times 25 \times 50} \times 0,1 = 0,68\text{град};$$

– для образца с заменой муки в количестве 5% к массе муки

$$X = \frac{4,3 \times 250 \times 100}{10 \times 25 \times 50} \times 0,1 = 0,86\text{град};$$

– для образца с заменой муки в количестве 10% к массе муки

$$X = \frac{4{,}6 \times 250 \times 100}{10 \times 25 \times 50} \times 0{,}1 = 0{,}92\text{град};$$

– для образца с заменой муки в количестве 15% к массе муки

$$X = \frac{5{,}3 \times 250 \times 100}{10 \times 25 \times 50} \times 0{,}1 = 1{,}06\text{град}.$$

В результате полученных данных выяснилось, что увеличение содержания добавки муки из семян черного тмина в рецептуре увеличивает кислотность готового изделия.

Кислотность хлеба составила для контроля 0,68 градуса Тернера, для образцов с внесением кипрея 5%, 10%, 15% соответственно 0,86; 0,92; 1,06 градуса Тернера.

Результаты определение массовой доли влаги. Содержание влаги W, (%) было определено методом высушивания и рассчитано по формуле (3).

$$W = \frac{16{,}54 - 14{,}44}{5} \times 100;$$

Для контрольного образца она составила 42%

$$W = \frac{16{,}85 - 14{,}7}{5} \times 100.$$

Для образца с внесением добавки 5%, влажность составила 43%

$$W = \frac{20{,}015 - 17{,}4}{5} \times 100;$$

Для образца с внесением добавки 10%, влажность составила 52,3%

$$W = \frac{20{,}53 - 17{,}5}{5} \times 100;$$

Для образца с внесением добавки 15%, влажность составила 60,6%

В результате исследования определено, что влажность исследуемых образцов изделий увеличивалась с увеличением процента замены пшеничной муки на муку из семян чёрного тмина.

Соответственно с заменой пшеничной муки на муку из семян чёрного тмина 5% влажность составила 43%, 10% -52,3%, 15%-60,6%. Влажность контрольного образца составила 42%. В соответствии с гостом ГОСТ Р 58233-2018 хлеб из пшеничной муки. Хлеб пшеничный из муки высшего сорта:

формовой влажность мякиша, %, составляет не более 45%. Необходимо отметить, что изделия контрольного образца и образца с внесением муки черного тмина в количестве 5% соответствовали нормативным показателям, но увеличение процента замены муки на муку из семян черного тмина увеличивали влажность мякиша пропорционально увеличению количества замены в образцах изделий.

Результаты определение пористости. Такой показатель как пористость характеризует важное свойство изделия – его усвояемость. Инструментально пористость хлебобулочных изделий определяли по ГОСТ 5669-96 с помощью пробника Журавлева. Пробник Журавлева представлен на рисунке 6.

Контроль	Образец №1 5% замены	Образец №2 10% замены	Образец №3 15% замены

Рис. 6. Определение пористости образцов хлеба пробником Журавлева

Пористость в процентах определяли по формуле (7). Для контрольного образца показатель был равен

$$П = \frac{81-\frac{28}{1,31}}{81} \times 100 = 73,61\%$$

– для образца с заменой муки в количестве 5% к массе муки

$$П = \frac{81-\frac{25}{1,31}}{81} \times 100 = 76,43\%$$

– для образца с заменой муки в количестве 10% к массе муки

$$П = \frac{81-\frac{28}{1,31}}{81} \times 100 = 73,61\%$$

– для образца с заменой муки в количестве 15% к массе муки

$$П = \frac{81-\frac{28}{1,31}}{81} \times 100 = 73,61\%$$

Из полученных результатов следует, что вносимая добавка практически не влияет на пористость. Пористость находится в пределах нормы, для всех образцов, несколько выше оказалась пористость у образца с 5% заменой муки.

Определены параметры полученных образцов при органолептическом исследовании – внешний вид, цвет, вкус, текстура.

Образец №1 – контрольный образец; образец №2 – 5% замены от массы пшеничной муки на муку из семян чёрного тмина; образец №3 –10% замены от массы пшеничной муки на муку из семян чёрного тмина; образец №4 –15 % замены от массы пшеничной муки на муку из семян чёрного тмина. Органолептические показатели определяли и сравнивали по соответствию с принятыми в нормативном документе параметрам (ГОСТ 25832-89 Изделия хлебобулочные диетические).

У образцов пшеничного хлеба, обогащенного мукой из семян чёрного тмина лучшими оказались образцы №2 и №3.

В результате проведенных исследований в соответствии с обозначенной целью были решены поставленные задачи.

Определена и доказана эффективность применения муки чёрного тмина, при изготовлении пшеничного хлеба. Эффективность применения вносимой добавки заключается в полученных результатах по определению количества микроэлемента, органолептических показателей, в представленных образцах изделий.

Практическая значимость проведённого исследования заключается в возможности применения полученных результатов в производстве, пшеничного хлеба обогащённого.

Перспективным для дальнейшего исследования по затронутой тематике, можно рассмотреть изучение возможности внесения других растительных компонентов в их комбинации в рецептуры пшеничного хлеба, а также исследования концентрации других макроэлементов и микроэлементов в полученных образцах.

ЛИТЕРАТУРА

1 Effect of the addition of black cumin (Nigella sativa L.) and rosemary (Rosmarinus officinalis L.) on the antioxidant properties of wheat bread / M. Hedayatnia, A. A. A. M. Ghavami, M. Gharachorloo, et al. // Food Science and Nutrition (2020).

2 Enrichment of gluten-free bread with black cumin (Nigella sativa L.) press cake: impact on nutritional, technological and sensory properties / M. Salehi, M. Aghajanzadeh, F. Nasirpour, et al. // Journal of Food Measurement and Characterization (2022).

3 Optimization of the formulation of wheat bread supplemented with black cumin (Nigella sativa L.) powder / S. M. A. Rahman, M. E. H. M. Rashid, M. S. Islam, et al. // Croatian Journal of Food Science and Technology (2021).

4 The effect of black cumin (Nigella sativa L.) on improving the shelf life of flatbread / A. Al-Jassir, M. S. Al-Saikhan, et al. // African Journal of Biotechnology (2019).

5 Альхамова, Г.К. «Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, чёрного тмина и стевиозида» / Альхамова Г. К., Андросова Н. В., Акулова Е. А., Боган В. И. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6, № 4. С. 34–41.

6 Наумова, Н.Л., Исследование влияния жмыха семени черного тмина на качество и минеральную ценность натуральных паровых котлет. / Наумова Н.Л., Лукин А.А., Люлькович В.С. // Инновации и продовольственная безопасность. - 2018. - №1. – С. 32-39.

7 Использование жмыха черного тмина для повышения антиоксидантной активности и продления сроков годности хлебобулочных изделий / Касьянов Г.И., Однорал Е.В. (Кубанский государственный технологический университет) // Известия вузов. Пищевая технология

8 Пьяникова, Э.А. Влияние муки из семян черного тмина и яблочных выжимок на пищевую ценность печенья / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.В. Евдокимова, Е.Е. Павлова, Д.В. Колесник // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – здоровые продукты питания. – 2024. – № 4. – С. 90-95

9 Калужских, А. Г. Исследование возможностей использования кориандра в технологии производства пшеничного хлеба / А. Г. Калужских, Н. В. Долгополова, М. Н. Котельникова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – здоровые продукты питания. – 2022. – № 1. – С. 30-37. – ЭДН КГБФВВ.

10 Беляев, А.Г. Влияние порошка кипрея узколистного на показатели качества пшеничного хлеба [Т] / Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2018. - Т. 80. - № 4. - С. 254 - 258.

REFERENCES

1 Effect of the addition of black cumin (Nigella sativa L.) and rosemary (Rosmarinus officinalis L.) on the antioxidant properties of wheat bread / M. Hedayatnia, A. A. A. M. Ghavami, M. Gharachorloo, et al. // Food Science and Nutrition (2020).

2 Enrichment of gluten-free bread with black cumin (Nigella sativa L.) press cake: impact on nutritional, technological and sensory properties / M. Salehi, M. Aghajanzadeh, F. Nasirpour, et al. // Journal of Food Measurement and Characterization (2022).

3 Optimization of the formulation of wheat bread supplemented with black cumin (Nigella sativa L.) powder / S. M. A. Rahman, M. E. H. M. Rashid, M. S. Islam, et al. // Croatian Journal of Food Science and Technology (2021).

4 The effect of black cumin (Nigella sativa L.) on improving the shelf life of flatbread / A. Al-Jassir, M. S. Al-Saikhan, et al. // African Journal of Biotechnology (2019).

5 Alkhamova, G.K. "Special-purpose bakery products using fenugreek seeds, black cumin, and stevioside" / Alkhamova, G.K., Androsova, N.V., Akulova, E.A., Bogan, V.I. // Bulletin of SUSU. Series "Food and Biotechnology". 2018. Vol. 6, No. 4. pp. 34–41.

6 Naumova, N.L., Study of the effect of black cumin seed cake on the quality and mineral value of natural steamed cutlets / Naumova, N.L., Lukin, A.A., Lyulkovich, V.S. // Innovations and Food Security. - 2018. - No. 1. - Pp. 32-39.

7. Using Black Cumin Cake to Enhance Antioxidant Activity and Extend the Shelf Life of Bakery Products / Kasyanov G.I., Odnoral E.V. (Kuban State Technological University) // News of Universities. Food Technology

8. P'yanikova, E.A. Effect of Black Cumin Seed Flour and Apple Pomace on the Nutritional Value of Cookies / E.A. P'yanikova, A.E. Kovaleva, O.V. Evdokimova, E.E. Pavlova, D.V. Kolesnik // Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. – 2024. – No. 4. – P. 90-95

9 Kaluzhskikh, A. G. Study of the possibilities of using coriander in the technology of wheat bread production / A. G. Kaluzhskikh, N. V. Dolgopolova, M. N. Kotelnikova // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. – 2022. – No. 1. – P. 30-37. – EDN KGBFVV.

10 Belyaev, A. G. Influence of narrow-leaved fireweed powder on the quality indicators of wheat bread [T] / Kovaleva A. E., P'yanikova E. A. // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2018. - Vol. 80. - No. 4. - P. 254-258.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.145 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-147-154

Разработка технологии зефира функционального назначения для лиц с избыточной массой тела, способствующего профилактике ожирения и улучшению работы пищеварительной системы

Development of a functional marshmallow technology for individuals with excess body weight, which helps prevent obesity and improve the functioning of the digestive system

Доцент Т.М. Воробьева, доцент А.Ю. Веселова, студент А.И. Савина,
Институт пищевых технологий и дизайна — Филиал ГБОУ ВО НГИЭУ,
tatyana.expert.vorobeva@mail.ru

Associate Professor T.M. Vorobyova, Associate Professor A.Yu. Veselova, Student A.I. Savina,
Institute of Food Technologies and Design — Branch of the State Budgetary Educational Institution of Higher Education NGIEU,
tatyana.expert.vorobeva@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты научного обоснования и разработки технологии зефира функционального назначения для лиц с избыточной массой тела. В качестве заменителей сахара использованы аллюлоза (низкокалорийный натуральный сахар) и олигофруктоза (пребиотическое пищевое волокно). Исследовано влияние различных соотношений сахара, аллюлозы и олигофруктозы на органолептические и физико-химические показатели качества зефира. Определены оптимальные дозировки: 50% замена сахара аллюлозой и 10% замена сахара олигофруктозой. Разработанный продукт характеризуется снижением энергетической ценности на 48,5% (169,7 ккал/100 г против 350,0 ккал в контроле), содержит 6,39 г пищевых волокон на 100 г, что удовлетворяет 25,6–32,0% суточной потребности. Продукт может быть рекомендован для профилактики ожирения и улучшения работы пищеварительной системы.

Abstract. The article presents the results of scientific substantiation and development of technology of functional marshmallow for overweight people, contributing to the prevention of obesity and improving the functioning of the digestive system. Allulose (low-calorie natural sugar) and oligofructose (prebiotic dietary fiber) were used as sugar substitutes. The influence of different ratios of sugar, allulose and oligofructose on organoleptic and physicochemical quality indicators of marshmallow was studied. Optimal dosages were determined: 50% replacement of sugar with allulose and 10% replacement of sugar with oligofructose. The developed product is characterized by a decrease in energy value by 48.5% (169.7 kcal/100 g versus 350.0 kcal in the control), contains 6.39 g of dietary fiber per 100 g, which satisfies 25.6–32.0% of the daily requirement. The product can be recommended for the prevention of obesity and improvement of the digestive system.

Ключевые слова: зефир функционального назначения, аллюлоза, олигофруктоза, пищевые волокна, пребиотики, профилактика ожирения.

Keywords: functional marshmallows, allulose, oligofructose, dietary fiber, prebiotics, obesity prevention.

Кондитерские изделия, в том числе пастильные, обладают высокой энергетической ценностью, несбалансированным составом, дефицитом витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон [1]. Одной из основополагающих тенденций на рынке кондитерских изделий является расширение ассортимента

© Т.М. Воробьева, А.Ю. Веселова, А.И. Савина, 2026

продукции, сочетающей пониженные сахароёмкость и калорийность с повышенной пищевой ценностью и диетическими свойствами. Востребованность таких изделий обусловлена медицинскими исследованиями, указывающими на прямую зависимость между увеличением потребления сахара, нарушением правил сбалансированного питания, снижением физической активности населения и возникновением алиментарно-зависимых заболеваний (ожирение, сахарный диабет) [2].

В настоящее время разрабатываются технологии замены сахара на натуральные сиропы и подсластители. Одними из наиболее малоизученных новых подсластителей являются D-аллюлоза и олигофруктоза.

D-аллюлоза — низкоэнергетический сахар, естественно присутствующий в пшенице и обработанном сахарном тростнике. Её сладость составляет 70% от сладости сахарозы, а калорийность — 0,39 ккал/г. D-аллюлоза одобрена Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) с присвоением статуса GRAS (GenerallyRecognizedas Safe) и разрешена в качестве ингредиента в различных пищевых продуктах и пищевых добавках, относится к натуральным сахарам, способствует регуляции липидного обмена, борьбе с ожирением и повышению резистентности к инсулину [3, 4].

Олигофруктоза — растворимое пищевое волокно, не усваиваемое в тонком кишечнике и служащее питательной средой для полезных бактерий в толстой кишке, что улучшает микробиом кишечника [5].

В связи с этим на базе «Институт пищевых технологий и дизайна» проведены исследования по разработке рецептуры и технологии зефира функционального назначения.

Цель исследования – научное обоснование и разработка технологии зефира функционального назначения для лиц с избыточной массой тела, способствующего профилактике ожирения и улучшению работы пищеварительной системы.

Задачи исследования:

1. Обосновать выбор рецептурных компонентов (аллюлоза, олигофруктоза) для замены сахара в технологии зефира.
2. Изучить влияние различного соотношения сахара, аллюлозы и олигофруктозы на органолептические и физико-химические свойства готовых изделий.
3. Определить оптимальные дозировки аллюлозы и олигофруктозы, обеспечивающие получение зефира с пониженной калорийностью и повышенным содержанием пищевых волокон.
4. Провести анализ пищевой и энергетической ценности разработанного продукта для подтверждения его функциональной направленности.

Объект и методы исследования – сахар белый (ГОСТ 33222-2015); аллюлоза (D-псикоза, степень чистоты ≥98%); олигофруктоза (содержание пищевых волокон ≥95%); патока низкоосахаренная (ГОСТ 33917-2016); яблочное пюре концентрацией 10% сухих веществ (ГОСТ 32884-2014); белок яичный сухой (ГОСТ 30363-2013); агар пищевой (ГОСТ 16280-2021); кислота молочная пищевая (ГОСТ 490-2014); эссенция ванильная (ГОСТ 29189-2017).

Органолептические показатели качества (вкус, запах, цвет, консистенция, структура, форма, поверхность) определяли по ГОСТ 5897-90 [6].

Для дифференцированной оценки качества зефира был разработан метод балловой оценки, предусматривающий оценку каждого показателя по пятибалльной шкале.

Плотность определяли по ГОСТ 5902-80 [7], массовую долю влаги — по ГОСТ 5900-2014 [8].

Расчёт пищевой ценности (содержание белков, жиров, углеводов, пищевых волокон) и энергетической ценности производили расчётным методом с использованием актуализированных таблиц химического состава пищевых продуктов, разработанных Институтом питания РАМН [9].

Содержание пищевых волокон определяли расчётным методом как сумму содержания олигофруктозы (фруктоолигосахаридов) и других полисахаридов, не гидролизуемых пищеварительными ферментами человека.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel. Все эксперименты выполнены в трёх повторностях. Данные представлены в виде среднего арифметического значения.

Исследования проводили в испытательной лаборатории фундаментальных прикладных исследований качества и технологий пищевых продуктов.

В качестве кондитерского изделия был выбран зефир— именно эта форма изделия обладает уникальными преимуществами для людей с избыточным весом по сравнению с печеньем, конфетами, тортами или шоколадом, за счет своей пенообразной структуры отсутствием жиров, способностью включать большие дозы олигофруктозы (растворимой клетчатки для сытости) и психологическим восприятием как «легкого» десерта. В комбинации с аллюлозой зефир превращается в идеальную форму для контроля веса: большой по объему, сладкий на вкус, но не несущий энергетической нагрузки на метаболизм — именно то, что нужно при снижении калорийности рациона.

В исследовании изучено 5 образцов (Таблица 1). За контроль принята рецептура зефира из сборника основных рецептур сахаристых кондитерских изделий [9]. В образце 2 произведена замена 50% сахара аллюлозой, в образце 3 – 100% сахара аллюлозой. В образце 4: 50% сахара заменено аллюлозой и 5% сахара – олигофруктозой. В образце 5: 50% сахара заменено аллюлозой и 10% сахара – олигофруктозой.

Таблица1

Рецептуры исследуемых образцов зефира

Наименование сырья, г	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Сахар	699,91	349,95	-	314,96	279,96
Аллюлоза	-	349,96	699,91	349,95	349,95
Олигофруктоза	-	-	-	35,00	70,00
Патока низкоосахаренная	138,76	138,76	138,76	138,76	138,76
Яблочное пюре	388,50	388,50	388,50	388,50	388,50
Белок яичный	64,67	64,67	64,67	64,67	64,67
Агар	15,88	15,88	15,88	15,88	15,88
Кислота молочная	6,73	6,73	6,73	6,73	6,73
Эссенция ванильная	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Итого	1315,45	1315,45	1315,45	1315,45	1315,45
Выход	1000	1000	1000	1000	1000

Технология включала набухание агара (30–40 мин), варку агаро-сахарного сиропа до 103–104 °С, сбивание в планетарном миксере (пюре, сахар, белок),

добавление кислоты и сиропа, формование, структурообразование (3–4 ч), сушку в дегидраторе (4–6 ч при 37,5±2,5 °С), склеивание и упаковку.

Внешний вид экспериментальных образцов зефира представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Внешний вид экспериментальных образцов зефира

Для оценивания качества готовых изделий был разработан метод балловой оценки качества. При определении органолептических показателей учитывались следующие показатели: внешний вид (форма изделия, поверхность), характер пористости, вкус и аромат. Каждый из показателей оценивали в баллах по 5-ти бальной шкале. Качество изделия оценивалось по сумме баллов. В качестве респондентов принимали участие студенты группы ОВ-23, в количестве 17 человек. Результаты органолептической оценки показателей качества приведены на рисунке 2.

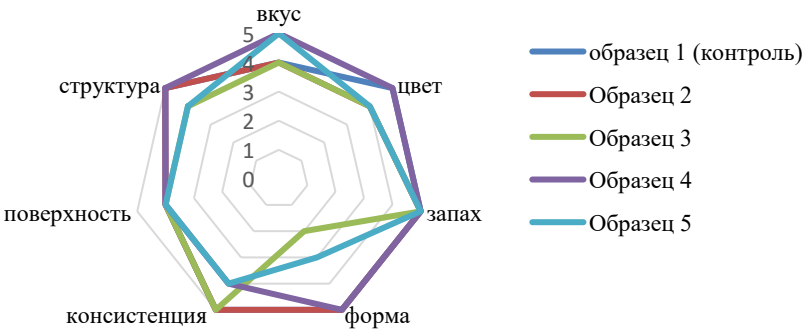


Рис. 2. Влияние рецептурных компонентов на органолептические показатели качества изделий

Результаты балловой оценки показали, что максимальную суммарную оценку получили образцы 4 и 5 (4,8 и 4,9 балла соответственно), минимальную — образец 3 (3,2 балла из-за формы).

Исследование физико-химических показателей качества экспериментальных образцов зефира проводилось в испытательной лаборатории фундаментальных прикладных исследований качества и технологий пищевых продуктов. Результаты физико-химических показателей представлены на рисунке 3.

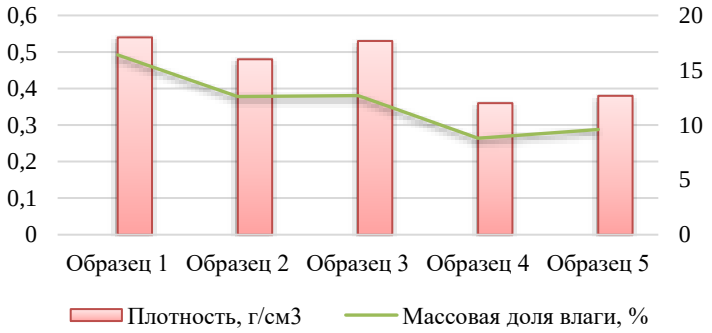


Рис. 3. Результаты физико-химических показателей качества изделий

Все образцы соответствуют требованиям ГОСТ 6441-2014 [10] (плотность ≤0,6 г/см³, влажность ≤25%). Наименьшая плотность и влажность — у образцов 4 и 5, что свидетельствует о более нежной структуре.

По результатам исследования был проведен анализ пищевой и энергетической ценности разработанного продукта для подтверждения его функциональной направленности. Данные представлены (Таблица 2). В расчете использовались средние данные по химическому составу данных добавок. Расчеты проводились в соответствии с методическими указаниями МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1. с использованием программы MicrosoftExcel.

Таблица 2

Пищевая и энергетическая ценность экспериментальных образцов зефира

Пищевые вещества	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Содержание белка, г/100 г	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79
Содержание жира, г/100 г	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Содержание углеводов, г/100 г	86,6	83,76	81,49	79,69	77,72
Содержание пищевого волокна, г	0	0	0	3,27	6,39
Энергетическая ценность, ккал/100 г	350,0	204,0	66,9	184,1	169,7

В исследуемых образцах зефира содержание белка варьировало в пределах от 0,79 до 0,86 г. Минимальное количество белка было в образце №5 -0,79 г, максимальное – в образце № 1 – 0,86 г.

Содержание жира в исследуемых образцах зефира было 0,04 г.

Содержание углеводов в исследуемых образцах зефира варьировало от 77,72 до 86,6 г. Максимальное количество углеводов наблюдалось в образце № 5 – 77,72 г, а минимальное в образце №1 – 86,6 г.

Физиологическая потребность в пищевых волокнах для взрослого человека составляет 20 - 25 г/сутки.

Функциональный пищевой продукт в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1 должен содержать в своём составе 15 % функционального ингредиента от суточной физиологической потребности при систематическом употреблении.

Содержание пищевых волокон в исследуемых образцах зефира варьировало от 0 до 6,39 г. Максимальное количество пищевых волокон наблюдалось в образцах №4 - 3,27 и № 5 – 6,39 г.

Исследуемые образцы содержали пищевое волокно в количестве: образцы №1, №2 и №3 - г на 100 г продукта; образец №4 - 3,27 г на 100 г продукта, образец №5 - 6,39 г на 100 г продукта. При употреблении 100 г зефира происходит удовлетворение суточной потребности в пищевых волокнах: образец № 4 на 13,08-16,35 %, а образец №5 - на 25,56-31,95 %.

Исходя из проведенных расчетов по содержанию пищевых волокон можно сделать вывод, что образцы №4 и №5 могут называться функциональными продуктами. Наибольшее количество пищевых волокон содержалось в образце №5.

Энергетическая ценность исследуемых образцов зефира колебалась в пределах от 169,7 до 350,0 ккал/100 г: образец №1 (контроль) - 350 ккал/100 г, образец №2 - 204,0 ккал/100 г, образец №3 - 66,9 ккал/100 г, образец 4 - 184,1 ккал/100 г, образец №5 - 169,7 ккал/100 г.

Образец №3 и №5 обладали наименьшей энергетической ценностью, однако образец №3 имел расплывшуюся форму. Нами был выбран наилучшим - образец №5, в котором энергетическая ценность на 48,49 % ниже, чем в контрольном образце.

Если энергетическая ценность сокращена как минимум на 30 % по сравнению с аналогичным пищевым продуктом, то продукт может маркироваться «со сниженной калорийностью».

В соответствии с поставленными задачами исследования получены следующие результаты:

1. Обоснован выбор рецептурных компонентов. Показано, что аллюлоза (калорийность 0,39 ккал/г) и олигофруктоза (содержание пищевых волокон ≥95%) являются эффективными заменителями сахара в технологии зефира, обеспечивая снижение калорийности и обогащение продукта пребиотиками.

2. Изучено влияние различных соотношений. Установлено, что полная замена сахара на аллюлозу (образец 3) приводит к ухудшению формы изделия (расплывание). Частичная замена (50% аллюлозы) не нарушает структуру. Добавление олигофруктозы (образцы 4 и 5) улучшает органолептические показатели и повышает содержание пищевых волокон.

3. Определены оптимальные дозировки. Оптимальной является рецептура образца №5: замена 50% сахара аллюлозой и 10% сахара — олигофруктозой. Данная дозировка обеспечивает:

- высокие органолептические свойства (4,9 балла);
- плотность 0,38 г/см³ и влажность 9,6% (соответствуют ГОСТ 6441-2014);
- отсутствие деформаций;
– снижение калорийности на 48,5% по сравнению с контролем (169,7 ккал против 350,0 ккал), что позволяет маркировать продукт «со сниженной калорийностью» (снижение >30% согласно ГОСТ 55577-2013 Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности);

содержание пищевых волокон 6,39 г/100 г, что удовлетворяет 25,6–32,0% суточной потребности (20–25 г/сутки), следовательно, продукт соответствует определению функционального пищевого продукта по ГОСТ Р 52349-2005.

4. Проведён анализ пищевой и энергетической ценности. Расчётным методом подтверждено, что разработанный зефир (образец №5) имеет пониженное содержание углеводов (77,72 г против 86,6 г в контроле), низкое содержание жиров (0,04 г), достаточное количество белка (0,79 г) и значимое содержание пребиотических пищевых волокон.

Экспериментальный образец зефира №5 может быть рекомендован в качестве функционального продукта для систематического употребления здоровым населением всех возрастов, а также для лиц с избыточной массой тела, ожирением и заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Разработанная технология позволяет расширить ассортимент кондитерских изделий профилактической направленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотникова, А. С. Разработка нового вида зефира пониженной калорийности на основе ягодного сырья / А. С. Болотникова // Наука и производство: состояние и перспективы : материалы XX юбилейной всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием (Кемерово, 28 января 2022 года). — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. — С. 23–24.

2. Попов, В. Н. Возможность использования сывороточного продукта взамен сахара при производстве зефира / В. Н. Попов, И. В. Плотникова, Г. О. Магомедов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2021. — № 5–6 (383–384). — С. 26–31.

3. Подгорнова, Н. М. Применение моносахарида аллюлозы в инновационных пищевых технологиях / Н. М. Подгорнова, С. М. Петров // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: сборник докладов V Международной научно-практической конференции (Курск, 21–23 июня 2023 года). — Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2023. — С. 493–496.

4. Магомедов, Г. О. Функциональные пастильные изделия с использованием природных сахарозаменителей / Г. О. Магомедов, А. Я. Олейникова, И. В. Плотникова // Кондитерское производство. — 2022. — № 2. — С. 18–20.

5. Тарасенко, Н. А. Исследование влияния пребиотиков на структурно-механические свойства зефирных масс / Н. А. Тарасенко, Е. В. Богданова // Техника и технология пищевых производств. — 2021. — Т. 51, № 3. — С. 512–521.

6. ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. — М.: Стандартинформ, 2011.

7. ГОСТ 5902-80 Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения и плотности пористых изделий. — М.: Стандартинформ, 2011.

Сборник основных рецептур сахаристых кондитерских изделий. — СПб. : ГИОРД, 2003. — 240 с.

8. ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. — М: Стандартинформ, 2019.

9. Сборник основных рецептур сахаристых кондитерских изделий-СПб: ГИОРД, 2003.-240 с. ISBN 5-901065-22-0.

10. ГОСТ 6441-2014 Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия. — М: Стандартинформ, 2019.

REFERENCES

1. Bolotnikova, A. S. Development of a new type of low-calorie marshmallow based on berry raw materials / A. S. Bolotnikova // Science and production: Status and prospects : materials of the XX anniversary All-Russian Student Scientific and Practical conference with international participation (Kemerovo, January 28, 2022). Kemerovo : Kemerovo State University, 2022. pp. 23-24.

2. Popov, V. N. The possibility of using a whey product instead of sugar in the production of marshmallows / V. N. Popov, I. V. Plotnikova, G. O. Magomedov [et al.] // News of higher educational institutions. Food technology. — 2021. — № 5-6 (383-384). — Pp. 26-31.

3. Podgornova, N. M. The use of allulose monosaccharide in innovative food technologies / N. M. Podgornova, S. M. Petrov // Problems and prospects of scientific and innovative support for the agro-industrial complex of the regions: collection of reports of the V International Scientific and Practical Conference (Kursk, June 21-23, 2023). Kursk: Kursk Federal Agrarian Research Center, 2023, pp. 493-496.

4. Magomedov, G. O. Functional pastilles using natural sweeteners / G. O. Magomedov, A. Ya. Oleinikova, I. V. Plotnikova // Confectionery production. — 2022. — No. 2. — pp. 18-20.

5. Tarasenko, N. A. Investigation of the effect of prebiotics on the structural and mechanical properties of marshmallow masses / N. A. Tarasenko, E. V. Bogdanova // Machinery and technology of food production. — 2021. — Vol. 51, No. 3. — pp. 512-521.

6. GOST 5897-90 Confectionery products. Methods for determining organoleptic parameters of quality, size, net weight and components. Moscow: Standartinform, 2011.

7. GOST 5902-80 Confectionery products. Methods for determining the degree of grinding and density of porous products. Moscow: Standartinform, 2011. Collection of basic recipes of sugary confectionery products. St. Petersburg: GIORD, 2003. 240 p.

8. GOST 5900-2014 Confectionery products. Methods for determining moisture and dry substances. — M.:Standartinform, 2019.

9. Collection of basic recipes of sugary confectionery products-St. Petersburg: GIORD, 2003.-240 p. ISBN 5-901065-22-0.

10. GOST 6441-2014 Pastille confectionery products. General technical conditions. Moscow: Standartinform, 2019.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 637.5’63:579.67 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-155-163

Технология посола изделий из баранины с использованием ультразвуковой обработки

Technology of beef sales using ultrasonic treatment

Доцент Н.Л. Моргунова, ассистент Д.О. Фалько, профессор Ф.Я. Рудик, доцент А.А. Жиздюк, доцент В.Н. Буйлов,
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова
morgunovanl@mail.ru

Associate Professor N.L. Morgunova, Assistant D.O. Falco, Professor F.Ya. Rudik, Associate Professor A.A. Zhizdyuk, Associate Professor V.N. Builov,
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov
morgunovanl@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена решению проблемы длительного посола при производстве деликатесных изделий из баранины. Целью работы являлась разработка научно обоснованной технологии интенсификации процесса посола с применением ультразвуковой обработки. Экспериментально исследовано влияние ультразвука низких частот (26 и 35 кГц) на модельные водные среды и мясное сырье. Установлено, что обработка частотой 26 кГц обладает выраженным бактерицидным эффектом. Проведенные гистологические исследования выявили, что ультразвуковая обработка в рассоле приводит к деструкции мышечных волокон, образованию полостей между ними и ускоряет проникновение посолочных ингредиентов вглубь ткани. На основе физико-химических и органолептических исследований определены оптимальные параметры посола: частота 26 кГц, интенсивность 1 Вт/см², продолжительность 12 часов. Это позволило сократить традиционное время посола с 24-36 часов до 12 часов. Разработана технологическая схема производства копчено-вареного окорока из баранины. Готовый продукт характеризовался равномерной окраской, улучшенными структурно-механическими и высокими органолептическими показателями. Экономический расчет подтвердил эффективность технологии: себестоимость опытного образца оказалась на 25 руб./кг ниже контрольного за счет сокращения цикла производства и снижения трудозатрат.

Abstract. The work is dedicated to addressing the problem of prolonged curing in the production of delicatessen products from lamb. The aim of the study was to develop a scientifically grounded technology for intensifying the curing process through the use of ultrasonic treatment. The experimental investigation examined the effects of low-frequency ultrasound (26 and 35 kHz) on model aqueous environments and meat raw materials. It was established that treatment at a frequency of 26 kHz has a pronounced bactericidal effect. Histological studies conducted revealed that ultrasonic treatment in brine leads to the destruction of muscle fibres, the formation of cavities between them, and accelerates the penetration of curing ingredients into the tissue. Based on physicochemical and organoleptic studies, the optimal curing parameters were determined: a frequency of 26 kHz, an intensity of 1 W/cm², and a duration of 12 hours. This allowed for a reduction in the traditional curing time from 24-36 hours to 12 hours. A technological scheme for the production of smoked and boiled lamb ham was developed. The finished product was characterised by an even colour, improved structural-mechanical properties, and high organoleptic indicators. The economic calculations confirmed the efficiency of the technology: the cost price of the experimental sample was 25 roubles/kg lower than that of the control due to a reduction in the production cycle and decreased labour costs.

Ключевые слова: ультразвуковая обработка, посол, баранина, технология, деликатесные изделия, физико-химические показатели.

Keywords: ultrasonic processing, curing, lamb, technology, delicatessen products, physicochemical parameters.

© Н.Л. Моргунова, Д.О. Фалько, Ф.Я. Рудик, А.А. Жиздюк, В.Н. Буйлов, 2026

Производство высококачественных и безопасных мясных продуктов является приоритетной задачей пищевой промышленности. Баранина, обладающая высокой пищевой ценностью, сбалансированным аминокислотным составом и повышенным содержанием железа и кальция, представляет значительный интерес для создания функциональных продуктов питания [1]. Несмотря на значительное поголовье мелкого рогатого скота в России, промышленный выпуск деликатесных изделий из баранины ограничен. Одним из основных технологических препятствий является длительность процесса посола, что напрямую влияет на себестоимость и рентабельность производства [2].

Традиционные способы интенсификации посола, такие как шприцевание, тумблирование и массирование, широко изучены и применяются в промышленности [3, 4]. Однако эти методы могут приводить к механическому повреждению структуры сырья и не всегда обеспечивают достаточную скорость проникновения посолочных ингредиентов. В связи с этим, поиск новых физических методов воздействия, позволяющих интенсифицировать процесс без ухудшения качества продукта, является актуальным направлением исследований.

Одним из перспективных направлений является использование акустических технологий, в частности, ультразвука низких частот. Исследования показывают, что ультразвуковая обработка способна значительно ускорить массообменные процессы в мышечной ткани за счет явлений кавитации и акустических течений [5, 6]. Было установлено, что ультразвук может изменять микроструктуру мышечных волокон, увеличивая их проницаемость, а также оказывать бактерицидное действие на микрофлору [7, 8]. Однако режимы ультразвуковой обработки, оптимальные именно для посола баранины, требуют дополнительного изучения с учетом специфики ее биохимического состава и структурных особенностей.

Таким образом, проблемой данного исследования является необходимость сокращения продолжительности технологического цикла производства деликатесных изделий из баранины при сохранении или улучшении их качественных характеристик.

Целью работы является разработка научно обоснованной технологии интенсификации процесса посола баранины за счет применения ультразвуковой обработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать и систематизировать научную информацию по современным способам интенсификации посола и применению ультразвука в мясной промышленности.
- Исследовать бактерицидную эффективность ультразвуковых колебаний разной частоты в модельных водных средах.
- Изучить влияние ультразвуковой обработки на микроструктуру мышечной ткани баранины.
- Определить влияние ультразвукового посола на физико-химические показатели мясного сырья (влажность, ВСС, ВУС, pH, активность воды).
- Разработать технологическую схему производства копчено-вареного изделия из баранины с использованием ультразвукового посола и дать оценку его качества.

Основным объектом исследования служила охлажденная баранина (тазобедренная часть, *Longissimus dorsi*), полученная от молодняка мелкого рогатого скота. Критериями отбора были: pH в диапазоне 5.7–6.3, стандартный ход автолиза и отсутствие видимых дефектов. Куски мяса массой 300 ± 50 г и 400–500 г были подготовлены для лабораторных и опытно-промышленных испытаний соответственно.

Вспомогательным объектом являлся модельный рассол, содержащий 7% поваренной соли пищевой (ГОСТ Р 51574-2018), 1.5% сахара-песка (ГОСТ 33222-2015) и 0.015% нитрита натрия (Е250, ГОСТ 4197-74) в питьевой воде.

Эксперименты проводились в три этапа.

Этап 1. Микробиологические исследования модельных сред.

Исследовалось бактерицидное действие ультразвука на тест-культуры *Candida albicans* ATCC 10231, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus subtilis* ATCC 6633 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Суспензии микроорганизмов с известной концентрацией (≈10^6 КОЕ/мл) обрабатывались в ультразвуковых ваннах при частотах 26 и 35 кГц. Отбор проб производился через 0, 0.5, 1, 2, 5 и 10 минут экспозиции. Количество выживших микроорганизмов определяли методом серийных разведений с последующим высевом на питательный агар (Гист-Лаб, Россия) и инкубацией при 37°С в течение 24–48 часов. Подсчет колониеобразующих единиц (КОЕ) проводили в соответствии с ГОСТ Р 54354-2011.

Этап 2. Ультразвуковой посол и анализ мясного сырья.

Для посола использовалось следующее оборудование:

- Ультразвуковая ванна «УОМ-2», объем 5.7 л, частота 35 кГц, интенсивность 1 Вт/см².
- Ультразвуковая ванна «ПСБ-Галс» (ООО «ПромСпецБур», Россия), объем 1.3 л, частота 35 кГц, интенсивность 1 Вт/см².
- Погружной ультразвуковой излучатель (ООО «ВНИИМП-Техника», Россия), частота 26 кГц, интенсивность 1 Вт/см².

Образцы мяса полностью погружались в рассол (соотношение сырье: рассол = 1:2) и обрабатывались ультразвуковыми устройствами. Контрольные образцы выдерживались в рассоле без ультразвукового воздействия. После посола образцы анализировались по следующим методикам:

- Влажность: высушивание навески до постоянной массы при 103±2°С (ГОСТ 33319-2015).
- pH: потенциометрически с помощью pH-метра «pH-3DS» (ООО «Измерительная техника», Россия) по ГОСТ Р 51478-99.
- Водосвязывающая способность (ВСС): метод Грау-Хамма в модификации Воловинской и Кельман [9].
- Водоудерживающая способность (ВУС): по объему влаги, выделившейся при термообработке.
- Активность воды (a_w): криоскопически на анализаторе «АВК-10» (ООП «Промприбор», Россия).
- Выход посоленного сырья: гравиметрически, как процентное отношение массы после посола к исходной массе.
- Гистологические исследования: образцы фиксировали в 10% нейтральном забуференном формалине («БиоВитрум», Россия), обезвоживали в спиртах возрастающей концентрации и заливали в парафин. Срезы толщиной 7 мкм получали на санном микротоме «МИР-1» (ЛОМО, Россия), окрашивали гематоксилином Эрлиха и эозином («Абрис+», Россия) и микроскопировали при увеличении ×300 с использованием микроскопа «МикМед-6» (ЛОМО, Россия) по ГОСТ 19496-2013.

Этап 3. Разработка технологии и оценка готового продукта.

На основе полученных данных была разработана технология копчено-вареного окорока. Посол осуществлялся при частоте 26 кГц в течение 12 часов с последующей 12-часовой выдержкой в рассоле. Термическая обработка включала: сушку (30–40 мин, 50°С), копчение (3 ч, 30–50°С), варку (15 мин, 85–90°С) и охлаждение до температуры в центре изделия 8°С.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., USA). Все эксперименты выполнялись в 3–5-кратной повторности. Данные представлены как среднее арифметическое значение ± стандартное отклонение (M ± SD). Различия считались статистически значимыми при $p < 0.05$.

Исследование влияния ультразвука на модельные микробные суспензии выявило четкую зависимость бактерицидного эффекта от частоты и продолжительности воздействия. Обработка частотой 26 кГц показала значительно более высокую эффективность по сравнению с частотой 35 кГц. Как видно из Таблицы 1, уже после 1 минуты экспозиции при 26 кГц наблюдалось снижение количества жизнеспособных клеток *Staphylococcus aureus* на 86,8%, тогда как при 35 кГц для достижения аналогичного эффекта потребовалось более 5 минут.

Полученные данные согласуются с работами [9, 10], где также отмечалось, что низкочастотный ультразвук (20-40 кГц) вызывает более интенсивную кавитацию, ведущую к механическому разрушению клеточных стенок микроорганизмов. Однако, в отличие от исследований [8], где сообщалось о полной стерилизации, в наших экспериментах даже 10-минутная обработка не привела к 100%-ной гибели микрофлоры, что, вероятно, связано с исходной концентрацией клеток (Таблица 1).

Таблица 1

Снижение количества микроорганизмов (%) под действием ультразвука разной частоты

Микроорганизм	1 мин при 26 кГц	2 мин при 35 кГц	5 мин при 26 кГц	10 мин при 26 кГц
Staphylococcus aureus	86,8	80,6	94,5	98,1
Bacillus subtilis	89,1	46,8	95,2	98,5
Escherichia coli	64,6	43,8	90,3	96,8
Candida albicans	50,0	33,3	85,7	92,0

Гистологический анализ выявил значительные структурные изменения в мышечной ткани после ультразвукового посола. В контрольных образцах (мокрый посол без УЗ) наблюдалось набухание волокон и слабое разволокнение. В то время как в образцах, обработанных ультразвуком 26 кГц (Рисунок 1), отмечалось выраженное разрыхление и фрагментация мышечных волокон с образованием многочисленных поперечных микротрещин и значительных полостей между ними. На микрофотографии наглядно демонстрируется, как ультразвуковая обработка вызывает деструкцию мышечных волокон, приводя к их разволокнению и образованию значительных полостей (пространств) между ними. Эти структурные изменения объясняют ускоренное проникновение рассола вглубь мясного сырья, что является ключевым выводом экспериментальной части работы.

Эти изменения можно объяснить кавитационными эффектами, которые создают локальные области высокого давления и температуры, нарушая целостность сарколеммы и миофибрилл. Подобная деструкция, как отмечают [6, 10], создает дополнительные каналы для диффузии рассола вглубь продукта, что объясняет ускорение процесса посола.

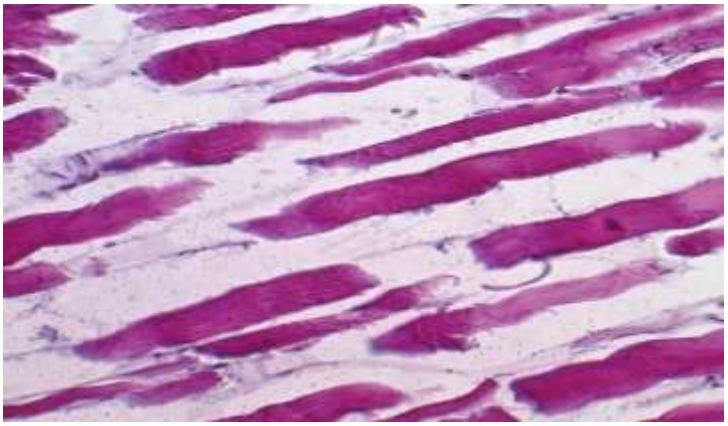


Рисунок 1. Выраженное разволокнение мышечных волокон с возникновением между ними больших полостей. Окраска гематоксилином Эрлиха и эозином. Ув.× 300

Ультразвуковая обработка оказала существенное влияние на функционально-технологические свойства баранины. Наиболее значимые изменения произошли с влагосвязывающей способностью (ВСС), влажностью и активностью воды (a_w). Данные представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели мясного сырья после ультразвукового посола (M ± SD, n=5)

Параметр / Образец	Необработанное сырье	Посол 1 ч (35 кГц)	Посол 3 ч (26 кГц)
Влажность, %	70,17 ± 0,04	72,65 ± 0,04	74,03 ± 0,04
ВСС, % к общей влаге	96,85 ± 0,28	95,68 ± 0,65	83,18 ± 0,31
Выход, % к массе несоленого сырья	100,00	105,50	108,37
Активность воды (a_w)	0,9864 ± 0,0011	0,9755 ± 0,0009	0,9649 ± 0,0012
pH	6,37 ± 0,011	6,60 ± 0,028	7,03 ± 0,043

Наблюдаемое увеличение влажности и выхода продукта коррелирует с интенсивным поглощением рассола вследствие разрушения структуры ткани. Снижение ВСС с 96,85% до 83,18% при обработке 26 кГц указывает на частичную денатурацию белков и изменение конформации миофибрилл под действием кавитации, что делает их менее способными к удержанию влаги под внешним давлением, но при этом повышает общую гидратацию продукта. Увеличение pH, вероятно, связано с более быстрым и глубоким проникновением ионов из рассола, влияющих на буферную систему мяса. Снижение a_w является положительным фактором, так как повышает микробиологическую стабильность продукта.

На основе полученных данных была разработана и апробирована технология производства копчено-вареного окорока из баранины. Ключевым отличием от традиционной технологии явился этап ультразвукового посола (26 кГц, 1 Вт/см², 12 часов), который позволил сократить общее время посола в 2–3 раза.

Органолептическая оценка готового продукта показала его превосходство над контрольным образцом, произведенным по традиционной технологии. Таблица 3 демонстрирует, что опытный образец получил максимальные баллы по всем ключевым показателям.

Равномерная окраска и нежная сочная консистенция опытного образца подтверждают, что ультразвуковая обработка обеспечила быстрое и равномерное распределение посолочных ингредиентов по всему объему продукта, что является частой проблемой при традиционном посоле крупных кусков мяса.

Результаты работы подтвердили гипотезу о том, что ультразвуковая обработка низкой частоты (26 кГц) является эффективным способом интенсификации посола баранины. Сокращение времени посола в 2–3 раза имеет значительный практический потенциал для мясной промышленности, так как позволяет повысить производительность и снизить энергозатраты.

Таблица 3

Органолептическая оценка копчено-вареного окорока из баранины (5-балльная система)

Параметр	Контрольный образец	Опытный образец (УЗ посол 12 ч)
Внешний вид	4,8	5,0
Цвет на разрезе	4,9	5,0
Консистенция	4,7	5,0
Запах	4,9	5,0
Вкус	4,9	5,0
Общая оценка	4,98	5,00

Полученные данные о микроструктурных изменениях и улучшении функционально-технологических свойств согласуются с выводами таких авторов, как Alarcon-Rojo et al. [6], которые также наблюдали увеличение проницаемости мышечной ткани под действием ультразвука. Однако, в отличие от исследований [11], где применялась высокая интенсивность (10 Вт/см²), приводящая к разрушению волокон, выбранный нами режим (1 Вт/см²) позволил добиться желаемого эффекта без ущерба для целостности и текстуры деликатесного изделия.

Перспективой дальнейших исследований является оптимизация параметров ультразвуковой обработки (импульсный режим, форма сигнала) для различных анатомических отрубов баранины, а также изучение влияния данного метода на липидное окисление и сроки хранения готовых продуктов.

На основании проведенных комплексных исследований по совершенствованию технологии посола баранины с использованием ультразвуковой обработки были получены следующие выводы, дающие ответ на основную проблему, поставленную во введении:

1. Научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения ультразвуковой обработки низкой частоты (26 кГц) для интенсификации процесса посола баранины. Это позволило решить главную проблему – сократить продолжительность технологического цикла.

2. Установлены оптимальные параметры ультразвукового посола: частота 26 кГц, интенсивность 1 Вт/см², продолжительность 12 часов. Данный режим обеспечивает сокращение времени посола в 2–3 раза по сравнению с традиционными методами.

3. Доказано комплексное положительное воздействие ультразвука на мясное сырье:

- Выявлен выраженный бактерицидный эффект, способствующий улучшению микробиологических показателей.
- Установлено, что ультразвуковая обработка вызывает деструкцию мышечных волокон и образование полостей между ними, что значительно ускоряет диффузию посолочных ингредиентов и обеспечивает равномерное распределение рассола по всему объему продукта.
- Подтверждено улучшение физико-химических показателей: увеличение влажности и выхода готового продукта, снижение активности воды (a_w), что положительно сказывается на стабильности и качественных характеристиках.

4. Разработана и апробирована промышленная технология производства копчено-вареного изделия из баранины. Готовый продукт, произведенный по новой технологии, превосходит контрольный образец по органолептическим показателям, получая высшие оценки по всем параметрам (вкус, запах, консистенция, цвет).

5. Расчет экономической эффективности подтвердил практическую значимость разработки. За счет сокращения времени посола и снижения трудозатрат себестоимость опытного образца оказалась на 25 руб./кг ниже, чем у продукта, произведенного по традиционной технологии.

Таким образом, основной вывод работы заключается в том, что применение ультразвуковой обработки с частотой 26 кГц является высокоэффективным способом интенсификации посола, позволяющим не только значительно сократить продолжительность технологического процесса производства деликатесных изделий из баранины, но и улучшить их качественные, микробиологические и структурно-механические свойства, обеспечивая при этом экономическую целесообразность. Поставленная во введении цель достигнута.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян, В. Б. Ультразвук в медицине, ветеринарии и биологии : учебник для вузов / В. Б. Акопян, Ю. А. Ершов, С. И. Щукин ; под редакцией С. И. Щукина. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 224 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12870-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/561286 (дата обращения: 27.11.2025).

2. Антушева, Т. И. Некоторые особенности влияния ультразвука на микроорганизмы / Т. И. Антушева // Живые и биокосные системы. – 2013. – № 4. – С. 11. – EDN UZOHFN.

3. Математическое моделирование параметров качества фильтрации подсолнечного нерафинированного масла / Н. Л. Моргунова, Ф. Я. Рудик, А. А. Жиздюк [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2025. – № 2. – С. 180-186. – DOI 10.24412/2311-6447-2025-2-180-186. – EDN ZRFWHB.

4. Жиздюк А. А., Журавлева Л. А., Карпов М. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических машин. М.: ИНФРА-М, 2024. 288 с. ISBN: 978-5-16-018326-8. DOI: 10.12737/1977999. EDN: KGFEEC.

5. Моделирование температурного массопереноса в трибологических системах / В. В. Сафонов, Д. А. Никитин, В. В. Чекмарев [и др.] // Аграрный научный

журнал. – 2025. – № 11. – С. 170-179. – DOI 10.28983/asj.y2025i11pp170-179. – EDN QVUGJN.

6. Интенсификация процесса массопередачи ультразвуковыми колебаниями / Ф. Я. Рудик [и др.] // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. статей Междунар. науч.-практич. конф., Саратов, 12–13 марта 2020 г. Саратов: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 314–316. EDN: ZONJAS.

7. Исследование изменения качественных показателей зерна пшеницы при эксплуатационно-технологической обработке ультразвуком в водной среде / Н. Л. Моргунова, Ф. Я. Рудик, А. А. Жиздюк, В. Н. Буйлов // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 4. – С. 111-118. – DOI 10.28983/asj.y2025i4pp111-118. – EDN VRWRFE.

8. Исследование изменения качественных показателей продукции растениеводства при эксплуатационно-технологической обработке ультразвуком / Н. Л. Моргунова, Ф. Я. Рудик, А. А. Жиздюк, В. Н. Буйлов // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 6. – С. 116-123. – DOI 10.28983/asj.y2025i6pp116-123. – EDN GQWIBN.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024660210 Российская Федерация. Программа расчета оценки качества зерновой продукции : № 2024618881 : заявл. 22.04.2024 : опубл. 03.05.2024 / В. Н. Буйлов, А. В. Косарев, А. А. Жиздюк ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова». – EDN NTGDTN.

10. Complex unit for sowing saxaul seeds on degraded soils in desert and semi-desert zones / A. T. Pulatov, E. T. Farmonov, Z. Sharipov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2024. – Vol. 1420, No. 1. – P. 012020. – DOI 10.1088/1755-1315/1420/1/012020. – EDN HOLPZU.

11. Improvement of grain processing via ultrasonic treatment / F. Ya. Rudik et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. Vol. 341. P. 012117. EDN: SMAEEA.

REFERENCES

1. Akopyan, V. B., Ershov, Y. A., & Shchukin, S. I. (Eds.). (2025). *Ul'trazvuk v meditsine, veterinarii i biologii* [Ultrasound in medicine, veterinary medicine and biology]. Yurayt. https://urait.ru/bcode/561286

2. Antusheva, T. I. (2013). Nekotorye osobennosti vliyaniya ul'trazvuka na mikroorganizmy [Some features of the effect of ultrasound on microorganisms]. *Zhiyye i biokosnyye sistemy*, 4, 11.

3. Morgunova, N. L., Rudik, F. Y., Zhizdyuk, A. A., & [others]. (2025). Matematicheskoye modelirovaniye parametrov kachestva fil'tratsii podsolnechnogo nerafinirovannogo masla [Mathematical modeling of filtration quality parameters of unrefined sunflower oil]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK — produkty zdorovogo pitaniya*, 2, 180–186. https://doi.org/10.24412/2311-6447-2025-2-180-186

4. Zhizdyuk, A. A., Zhuravleva, L. A., & Karpov, M. V. (2024). *Konstruirovaniye i raschet nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh mashin* [Design and calculation of land transport and technological machines]. INFRA-M. https://doi.org/10.12737/1977999

5. Safonov, V. V., Nikitin, D. A., Chekmarev, V. V., & [others]. (2025). Modelirovaniye temperaturnogo massoperenosa v tribologicheskikh sistemakh

[Modeling of thermal mass transfer in tribological systems]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 11, 170–179. https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp170-179

6. Rudik, F. Y., & [others]. (2020). Intensifikatsiya protsessa massoperedachi ul'trazvukovymi kolebaniyami [Intensification of the mass transfer process by ultrasonic vibrations]. In *Pishchevyye tekhnologii budushchego: innovatsii v proizvodstve i pererabotke sel'skokhozyaystvennoy produktsii: sb. statey Mezhdunar. nauch.-praktich. konf.* (pp. 314–316). Penza State Agrarian University.

7. Morgunova, N. L., Rudik, F. Y., Zhizdyuk, A. A., & Buylov, V. N. (2025). Issledovaniye izmeneniya kachestvennykh pokazateley zerna pshenitsy pri ekspluatatsionno-tekhnologicheskoy obrabotke ul'trazvukom v vodnoy srede [Study of changes in the quality indicators of wheat grain during operational and technological treatment with ultrasound in an aquatic environment]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 4, 111–118. https://doi.org/10.28983/asj.y2025i4pp111-118

8. Morgunova, N. L., Rudik, F. Y., Zhizdyuk, A. A., & Buylov, V. N. (2025). Issledovaniye izmeneniya kachestvennykh pokazateley produktsii rastenievodstva pri ekspluatatsionno-tekhnologicheskoy obrabotke ul'trazvukom [Study of changes in the quality indicators of crop products during operational and technological treatment with ultrasound]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 6, 116–123. https://doi.org/10.28983/asj.y2025i6pp116-123

9. Buylov, V. N., Kosarev, A. V., & Zhizdyuk, A. A. (2024). *Programma rascheta otsenki kachestva zernovoy produktsii* [Software for calculating the quality assessment of grain products] (Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM No. 2024660210). Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov".

10. Pulatov, A. T., Farmonov, E. T., Sharipov, Z., & [others]. (2024). Complex unit for sowing saxaul seeds on degraded soils in desert and semi-desert zones. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1420(1), Article 012020. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1420/1/012020

11. Rudik, F. Ya., & [others]. (2019). Improvement of grain processing via ultrasonic treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 341, Article 012117.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 615.465) DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-164-172

Эффективность модифицированного коллагена при ферментной недостаточности, инсулинорезистентности и остеопении

Clinical efficacy of modified collagen and its promoters in enzyme deficiency, insulin resistance, and osteopenia

Соискатель, Ю.Ю. Куркина
Томский государственный университет

Генеральный директор А.Н. Австриевских,
Компания «Арт Лайф»

Профессор В.М. Позняковский, профессор Е.О. Ермолаева,
Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава России
pvm1947@bk.ru

Candidate, Yu. Yu. Kurkina
Tomsk State University

General Director A. N. Avstrievskikh,
Art Life Company

Professor V. M. Poznyakovsky, Professor E. O. Ermolaeva,
Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of Russia
pvm1947@bk.ru

Аннотация. Гидролизат коллагена широко применяется в производстве БАД, однако его эффективность может ограничиваться ферментной недостаточностью, инсулинорезистентностью и снижением белковосинтетической функции печени. Проведено простое слепое рандомизированное одноцентровое исследование с открытой группой сравнения. Участники (n=36, возраст 45-65 лет) с диагностированными ферментной недостаточностью, инсулинорезистентностью (HbA1c >6,0%) и остеопенией 1-2 ст. были разделены на основную группу (n=18), получавшую БАД «Коллаген комплекс» (содержащий метаколлаген, аминоцидин, метилсульфонилметан, гиалуроновую кислоту, витамины К2, D3, С, биотин, бор, каменное масло) в дозе 10 г/сутки в течение 8 недель, и группу плацебо (n=18). Оценивались биохимические показатели крови и маркеры костного метаболизма. В основной группе выявлено достоверное (p<0,05) увеличение уровня общего белка (с 64±1,05 до 77±1,01 г/л), кальция (с 2,38±0,14 до 3,25±0,18 ммоль/л), фосфора (с 1,45±0,10 до 2,05±0,09 ммоль/л), щелочной фосфатазы (с 186,93±28,21 до 205,14±30,05 Ед/л), а также маркеров костеобразования – остеокальцина (с 13,02±2,76 до 35,05±2,15 нг/мл) и С-концевых телопептидов (CrossLaps) (с 0,25±0,08 до 0,45±0,06 нг/мл). В группе плацебо значимых изменений не отмечено. Ограничением является небольшой размер выборки и относительно короткий период наблюдения. 8-недельный курсовой прием БАД «Коллаген комплекс» продемонстрировал высокую биодоступность и эффективность в коррекции белкового дефицита, улучшении метаболизма костной ткани у пациентов с ферментной недостаточностью и инсулинорезистентностью, что подтверждается положительной динамикой биохимических маркеров.

Abstracts. Collagen hydrolysate is widely used in the production of dietary supplements; however, its effectiveness can be limited by enzyme deficiency, insulin resistance, and reduced protein-synthetic function of the liver. A simple blind randomized single-center study with an open comparison group was

© Ю.Ю. Куркина, А.Н. Австриевских, В.М. Позняковский, Е.О. Ермолаева, 2026

conducted. Participants (n=36, age 45-65 years) with diagnosed enzyme deficiency, insulin resistance (HbA1c >6.0%), and osteopenia grade 1-2 were divided into a main group (n=18) receiving the "Collagen Complex" dietary supplement (containing metacollagen, aminocidin, methylsulfonylmethane, hyaluronic acid, vitamins K2, D3, C, biotin, boron, rock oil) at a dose of 10 g/day for 8 weeks, and a placebo group (n=18). Blood biochemical parameters and bone metabolism markers were evaluated. The main group showed a significant ($p<0.05$) increase in total protein level (from 64±1.05 to 77±1.01 g/l), calcium (from 2.38±0.14 to 3.25±0.18 mmol/l), phosphorus (from 1.45±0.10 to 2.05±0.09 mmol/l), alkaline phosphatase (from 186.93±28.21 to 205.14±30.05 U/l), as well as bone formation markers - osteocalcin (from 13.02±2.76 to 35.05±2.15 ng/ml) and C-terminal telopeptides (CrossLaps) (from 0.25±0.08 to 0.45±0.06 ng/ml). No significant changes were observed in the placebo group. The limitation is the small sample size and relatively short follow-up period. The 8-week course of the "Collagen Complex" supplement demonstrated high bioavailability and efficacy in correcting protein deficiency and improving bone tissue metabolism in patients with enzyme deficiency and insulin resistance, as confirmed by positive dynamics of biochemical markers.

Ключевые слова: коллаген; ферментная недостаточность; инсулинорезистентность; остеопения; костный метаболизм; биохимические маркеры; биологически активная добавка, ферментированный коллаген.

Keywords: collagen; enzyme deficiency; insulin resistance; osteopenia; bone metabolism; biochemical markers; dietary supplement; fermented collagen.

Гидролизат коллагена является одной из форм его применения при производстве специализированных продуктов и БАД с направленными функциональными свойствами. Представляет смесь аминокислот, полученной в результате ферментативного расщепления белковой структуры желатина на мелкие составляющие. Полученные волокна коллагена сами по себе не являются биологически активными, поэтому требуют присутствия определенных витаминов и минералов для повышения усвоения и реализации заданных свойств [1,2]. Представляется важным получение клинических доказательств эффективности гидролизированной формы коллагена и его промоутеров. Со стороны организма необходимы определенные условия: наличие и хороший уровень функциональной активности ферментов, и отсутствие хронического воспаления слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта, оптимальная белковообразующая функция печени. При приеме денатурированного белка гидролизованного коллагена усиливается функциональная нагрузка на поджелудочную железу, систему детоксикации печени и почек. Это ограничивает применение гидролизата коллагена у беременных и детей, в послеоперационном периоде, при аутоиммунных заболеваниях, онкологии и ряде других патогенных состояниях, при которых необходима дополнительная дотация белка [3,4].

Основным ограничением для получения заданных клинических результатов применения коллагена является функциональная ферментная недостаточность, обусловленная органическими заболеваниями, она является следствием хронического стресса, дефицита нутриентов, приема лекарственных препаратов, несоблюдения здорового образа жизни и правильного сбалансированного питания. Органические причины этой недостаточности обусловлены заболеваниями желудочно-кишечного тракта, печени и почек, аутоиммунными патологиями и инсулинорезистентностью [5].

Отсутствие должного эффекта от приема гидролизата коллагена может быть связанно не только с наличием дефицита белка в рационе, проблемой его усвоения, но и феноменом гликирования - как следствия инсулинорезистентности у людей с метаболическими нарушениями, которые имеют высокие факторы риска заболеваний опорно-двигательной системы. При гликировании происходят структурные повреждения пептидных связей, что приводит к формированию дефицита белка и ферментной недостаточности [6]. По причине ферментной недостаточности и из-за дефицита поступления пептидов внутрь клетки

нарушается процесс формирования активных кофакторов соответствующих ферментов. Это является одним из аспектов проблемы биодоступности витаминов и минералов с последующим возникновением дефицитов. Следствием этих процессов могут быть нарушения работы системы сигнальных биорегуляторных пептидов в ЖКТ – APUD-системы [7,8].

Наличие в организме феномена ферментной недостаточности определяется по состоянию белковообразующей функции печени через определение уровня общего белка при биохимическом анализе крови. Этот простой и доступный показатель имеет ключевое значение в понимании усвоения пептидов коллагена, витаминов, минералов, биофлавоноидов и антиоксидантов, их участии в строительстве собственных структурных белков, нормальном функционировании ферментов и правильной работе сигнальных пептидов APUD-системы [9].

Оптимальное количество общего белка в организме находится на уровне 75-80 г/л (по результату биохимического анализа крови). Это показатель достаточного содержания белка для: нормального функционирования всех тканей и органов; иммунной системы; психики, центральной и вегетативной нервной системы; белковых гормонов гипофиза, щитовидной железы и надпочечников, поджелудочной железы, ферментных систем организм; работы собственных биорегуляторных пептидов APUD-системы ЖКТ; быстрого полноценного восстановления организма после стрессов, нагрузок и болезней; обмена веществ и отсутствия проблем с избыточным весом, эстетического дискомфорта; высокой эффективности бьюти-технологий [10].

Общий белок менее 70 г/л является показателем наличия проблем структурного и функционального восстановления организма, менее 65 г/л - неполноценного функционирования ферментных систем, клеток или «ферментной катастрофой».

Остеопения и, как следствие, остеопороз и остеоартроз – одно из распространенных метаболическиз возрастных состояний опорно-двигательной системы, которое характеризуется снижением костной массы в единице объема и нарушением микроархитектоники костной ткани [11,12]. Проблемы опорно-двигательного аппарата становятся причиной хронических болей, костных деформаций, ограничения объема движений, потребности в постоянном медицинском уходе и других последствий, приводящих к значительному снижению качества жизни, инвалидности и даже смертельному исходу. Большое внимание уделяется исследованию биохимических маркеров костного ремоделирования [13]. Биохимическая оценка особенностей костного метаболизма может предусматривать риск переломов независимо от состояния костной плотности. Величины уровней кальция, фосфора, щелочной фосфатазы и биохимических показателей остеопороза (N – MID остеокальцина и С-концевых телопептидов, образующихся при деградации коллагена I типа) являются ключевыми маркерами оценки применяемых технологий по улучшению метаболизма костной ткани [14].

Проведено простое слепое рандомизированное одноцентровое исследование с дополнительной открытой группой сравнения. В испытаниях принимали участие 18 человек (9 мужчин и 9 женщин), которым назначали разработанный биокомплекс в форме БАД Anagran «Коллаген комплекс» (табл.1) - основная группа и 18 человек группа ПЛАЦЕБО. Возраст участников от 45 до 65 лет.

Основными критериями включения биокомплекса в рацион являлись: наличие функциональной или органической ферментной недостаточности, инсулинорезистентности (показатель гликированного гемоглобина выше 6,0%), остеопении 1-2 степени по данным денситометрии, отсутствие эффекта от применяемых ранее препаратов и гидролизированного коллагена [15].

Таблица 1

Рецептура Anagran «Коллаген комплекс»

№	Наименование компонентов	Содержание, мг/10г продукта
1	Метаколлаген кремний + /Metacollagen silicon +	7000 (пептиды коллагена)/ (collagen peptides)
2	Аминоцидин/Aminocidin	931,2
3	Метилсульфонилметан 98%/Methylsulfonylmethane 98%	500
4	Натрия аскорбат 98%/Sodium ascorbate 98%	67,9
5	Гиалуроновая кислота среднецепочечная 95%/Medium-chain hyaluronic acid 95%	50
6	Витамин К2 (МенаQ7, Менахинон)/ Vitamin K2 (MenaQ7, Menachinon)	0,12
7	Бор (натрия тетраборат)/ Boron (sodium tetraborate)	2
8	Каменное масло Горного Алтая (комплекс микроэлементов)/ Rock oil of Gornyi Altai (complex of microelements)	20
9	Холекальциферол (D_3)/ Cholecalciferol (D3)	0,005 (200 МЕ)
10	Биотин 99%/Biotin 99%	0,05

Критерии исключения: возраст до 40 и более 65 лет; наличие других противопоказаний для приема БАД по результатам клинического обследования и сбора анамнеза; декомпенсированные заболевания, которые могли повлиять на проведение исследования; гиперчувствительность к любому из компонентов препарата; участие в других клинических исследованиях в течение предыдущего месяца [16].

Пациенты основной группы принимали БАД один раз в день в количестве 10г (2,5 – 3 чайных ложки), предварительно растворив в 200 мл питьевой воды.

Исследование выполнены на базе научно-клинического центра гормонального здоровья ООО «ПрофМед» г. Томск (руководитель доктор медицинских наук, профессор Л. С. Сотникова)

БАД Anagran «Коллаген комплекс» разработан с использованием новейших биотехнологий, представляет универсальный молекулярный конструктор тканей человека, обновляющий и поддерживающий жизненно необходимые составляющие организма – соединительную и костную ткань, слизистые оболочки, строму, покровы, кости, смазывающие жидкости, межклеточные пространства [17].

Основной субстанцией биокомплекса является ферментированный коллаген говяжьего желатина «Метаколлаген кремний +». Наряду с ней в состав рецептуры включены «Аминоцидин» (пептиды и аминокислоты сывороточного белка, метабиотик LC-Lc-Cr (L. lactis cremoris), метабиотик LC-Lc-Dl (L. lactis diacetylactis), молочная кислота). «Аминоцидин» получен из сывороточного белка с помощью ферментации пробиотически-ми штаммами микроорганизмов и дополняет аминокислотный скор коллагена. Содержит такие метабиотики, благоприятно влияющие на микрофлору и способствующие усвоению белка [18].

Кроме биотехнологических субстанций, в составе концентрата имеются промоутеры коллагена - компоненты, работающие с ним в синергизме, а именно – кремниевые кислоты, витамин С, метилсульфонилметан, гиалуроновая кислота, витамин К2, бор, холекальциферол (Д3), биотин (витамин Н) и каменное масло как источник макро и микроэлементов – калия, йода, меди, марганца, железа, магния, кальция и фосфора. Они повышают эффективность физиологического использования коллагена и его адресную поддержку соединительной ткани [19].

Проведение комплексного анализа биохимических показателей крови при курсовом 8-недельном применении БАД Anagran «Коллаген комплекс» показало достоверное ($p < 0,05$) улучшение показателей функционального состояния белковосинтетической функции гепато-билиарной системы, увеличение количества общего белка и тенденцию к повышению уровня ферритина (Табл.2).

Таблица 2

Биохимические показатели крови в динамике при применении БАД Anagran «Коллаген комплекс»

Показатель (единицы СИ)	Средние значения (n=36) до курса	Группа ПЛАЦЕБО (n=18) после курса	Группа БАД (n=18) после курса
Общий белок/Total Protein	64+1,05	63+2,02	77+1,01*
АСТ/AST (Aspartate Aminotransferase)	34+3,15	38+3,02	35+2,15
АЛТ/ALT (Alanine Aminotransferase)	30+2,10	26+2,02	28+3,05
Билирубин общий/Total Bilirubin	12,5+1,05	11,8+1,02	11,5+1,15
Билирубин прямой/Direct Bilirubin	4+0,05	3+0,04	3+0,05
Билирубин непрямой/Indirect Bilirubin	5,0+1,05	4,8+0,14	4,8+0,15
Глюкоза/Glucose	5,6+0,04	5,7+0,18	5,4+0,18
Гемоглобин/Hemoglobin	124+3,02	126+2,02	126+2,05
Глутамилпептидаза/Gamma-Glutamyl Transferase (GGT)	60+0,15	58+0,18	57+0,18
Ферритин/Ferritin	18,0+0,15	19,6+0,12	24,2+0,14

* - достоверные отличия (p <0,05) по сравнению с «до курса»

В таблице 3 представлены изменения биохимических показателей костного метаболизма в условиях применения биокомплекса. Установлено, что уровни кальция, фосфора и щелочной фосфатазы после курсового назначения БАД достоверно отличаются (p<0,05). Содержание С-концевых телопептидов, образующихся при деградации коллагена I типа (CrossLaps) у всех обследуемых в начале исследования, указывают на дефицит коллагена в организме. До приема БАД количество С-концевых телопептидов составило в среднем 0,22±0,09 нг/мл, что в 1,8 раза (P=0,001) ниже, чем через 8 недель применения биокомплекса, где их уровень составлял 0,45±0,06 нг/мл. Содержание N – MID остеокальцина после назначения стало в 2,6 раза выше (P <0,001) - 35,05±2,15 против 12,42±3,42 нг/мл [16]. Таким образом, после курсового приема БАД выявлены биохимические изменения, свидетельствующие о нормализации процессов и подавлении резорбции костной ткани, заключающихся в повышении уровня соответствующих биохимических маркёров - N – MID остеокальцина и С-концевых телопептидов при деградации коллагена I типа (CrossLaps). Эти показатели являются достоверными маркерами метаболизма костной ткани и степени остеопенического синдрома [20].

Курсовой 8-недельный приём БАД Anagran «Коллаген комплекс» в испытуемой дозе является максимально биодоступным при наличии в организме ферментной недостаточности желудочно-кишечного тракта и инсулинорезистентности. Восполнение дефицита аминокислот и восстановление белковообразовательной функции печени закономерно приводит к оптимизации функции клеточных ферментативных реакций, улучшению работы сигнальных пептидов APUD-системы, что способствует активации метаболизма костной ткани.

Таблица 3

Значения биохимических показателей костного метаболизма в динамике при применении БАД Anagran «Коллаген комплекс»

Показатель	Средние значения (n=36) до курса	Группа ПЛАЦЕБО (n=18) после курса	Группа БАД (n=18) после курса
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/L	2,38±0,14	2,45±0,36	3,25±0,18*
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/L	1,45±0,10	1,47±0,12	2,05±0,09*
Щелочная фосфатаза /Alkaline Phosphatase	186,93±28,21	181,05±34,72	205,14±30,05*
CrossLaps, нг/мл / CrossLaps, ng/mL	0,25±0,08	0,22±0,09	0,45±0,06*
Остеокальцин, нг/мл / Osteocalcin, ng/mL	13,02±2,76	12,42±3,42	35,05±2,15*

* - достоверные отличия (p <0,05) по сравнению с «до курса»

Применение биокомплекса восполняет дефицит аминокислот и восстанавливает белковообразовательную функцию печени, обеспечивает значимую активацию метаболизма костной ткани, повышает уровень белка, кальция, фосфора и щелочной фосфатазы.

«Коллаген комплекс» эффективен при дефиците белка. Рекомендуется в составе комплексной терапии для укрепления костной ткани, улучшения подвижности суставов, снижения риска разрушения хрящевой ткани и их защиты от возрастных изменений, в том числе для восстановления хрящевой ткани, сухожилий и связок после травм и операций.

Рекомендации по применению БАД Anagran «Коллаген комплекс»:

- повышенные физические нагрузки – занятия спортом, физкультурой, фитнесом и туризмом;
- восстановление и повышение подвижности суставов, укрепление связок и уменьшение болевых ощущений;
- послеродовое восстановление;
- восстановительное питание после операции;
- посттравматический период - ожоговая болезнь, раневые процессы;
- улучшение состояния кожи – придание ей эластичности, увлажнение, улучшение цвета и структуры, разглаживание мелких морщинок;
- укрепление ногтевой пластины, предотвращение расслаивания;
- укрепление волос, защита от выпадения и излишней жирности;
- возраст старше 35 лет;
- низкое потребление животного белка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куркина Ю.Ю., Челнакова Н.Г., Позняковский В.М. Получение и характеристика ферментированного коллагена с использованием желатина животного происхождения для разработки продуктов массового питания и специализированного назначения // Инновации в индустрии питания и сервисе: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар: КубГТУ; 2025: 385-387.

2. Peng H.T. Hemostatic agents for prehospital hemorrhage control: a narrative review. Mil Med Res. 2020;7(1):13. https://doi.org/10.1186/s40779-020-00241-z

3. Спирин В.Ф., Бочков М.М., Рута А.В. и др. Оценка особенностей костного метаболизма у врачей-хирургов современных стационаров в зависимости от

тяжести и напряженности трудового процесса. Медицина труда и экология человека. 2022;(4):90-99.

4. Шамова М.М., Позняковский В.М. Эффективность специализированного продукта в комплексном лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Пищевая промышленность. 2024;(9):122-125. https://doi.org/10.52653/PPI.2024.9.9.024

5. Федорина В.С., Пономарева А.А. Гемостатические материалы, используемые в современной медицине // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Пермь: ПГФА; 2025: 131-135.

6. Вековцев А.А., Куркина Ю.Ю., Позняковский В.М. Биотехнологические аспекты получения универсальной белковой субстанции для производства специализированных продуктов с заданными функциональными свойствами. Вестник биотехнологии. 2024;(3):21-36.

7. O'leary L.E., Fallas J.A., Bakota E.L., et al. Multi-hierarchical self-assembly of a collagen mimetic peptide from triple helix to nanofibre and hydrogel. Nat Chem. 2011;3:821-828. https://doi.org/10.1038/nchem.1123

8. Shoulders M.D., Raines R.T. Collagen structure and stability. Annu Rev Biochem. 2009;78:929-958. https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833

9. Позняковский В.М. Эволюция питания и формирования нутриома современного человека. Индустрия питания. 2017;(3):5-12.

10. Шеховцов Н.В., Молчанов М.В., Лауринавичюс К.С., Николаева Т.Н. Низкомолекулярные пептиды коллагена, дополненные витамино-минеральным комплексом и предназначенные для профилактики и лечения заболеваний суставов // Теоретическая и экспериментальная биофизика: материалы конф. Пущино: Синхробук; 2024: 96-98.

11. Николаева Т.И., Лауринавичюс К.С., Молчанов М.В. и др. Комплекс пептидов коллагена и гликозаминогликанов: профилактика и лечение болезней опорно-двигательного аппарата. Усп совр биол. 2024;144(6):650-666.

12. Asserin J., Lati E., Shioya T., Prawitt J. The effect of oral collagen peptide supplementation on skin moisture and the dermal collagen network. J Cosmet Dermatol. 2015;14(4):291-301.

13. Singh A., Mehdi A.A., Srivastava R.N. Immunoregulation of bone remodeling. Int J Crit Illn Inj Sci. 2012;2(2):75-81.

14. Позняковский В.М., Куркина Ю.Ю., Австриевских А.Н. и др. Биологически активная композиция с модифицированным коллагеном и мультивитаминным комплексом для коррекции обменных нарушений соединительной и эпителиальной тканей // Пищевые инновации и биотехнологии: сб. тез. XIII Всерос. науч. конф. Кемерово: КемГУ; 2025: 64-65.

15. Вековцев А.А., Куркина Ю.Ю., Позняковский В.М. Инновационная биотехнология сырьевых ингредиентов и биоинженеринг продуктов с направленными функциональными свойствами. СПб.: Лань; 2024: 61-70.

16. Николаева Т.И., Лауринавичюс К.С., Капцов В.В. и др. Разработка комплекса низкомолекулярных пептидов коллагена с гликозаминогликановыми компонентами. Бюлл эксп биол мед. 2018;165(5):571-576.

17. Huo J.X., Zhao Z. Study on enzymatic hydrolysis of Gadus morrhua skin collagen and molecular weight distribution of hydrolysates. Agric Sci China. 2009;8(6):723-729.

18. Литвинова Е.В., Артемьева И.О., Титов Е.И. и др. Новые данные об использовании побочного коллагенсодержащего сырья мясной отрасли. Мясная индустрия. 2022;(12):38-42. https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-12-38-42

19. Сергун В.П., Буркова В.Н., Агеенко Д.Д., Позняковский В.М. Функциональные пищевые системы: природный биокомплекс для коррекции

обменных нарушений при возраст-ассоциированных заболеваниях. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024;(4):134-144. https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-4-134-144

20. Xie X., Li D., Chen Y., et al. Conjugate Electrospun 3D Gelatin Nanofiber Sponge for Rapid Hemostasis. Adv Healthc Mater.

REFERENCES

1. Kurkina Yu.Yu., Chelnakova N.G., Poznyakovsky V.M. Poluchenie i kharakteristika fermentirovannogo kollagena s ispol'zovaniem zhelatina zhivotnogo proiskhozhdeniya dlya razrabotki produktov massovogo pitaniya i spetsializirovannogo naznacheniya [Production and characterization of fermented collagen using animal gelatin for the development of mass consumption and specialized products]. Innovatsii v industrii pitaniya i servise: sb. materialov VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Krasnodar: KubGTU; 2025: 385-387. (in Russian)

2. Peng H.T. Hemostatic agents for prehospital hemorrhage control: a narrative review. Mil Med Res. 2020;7(1):13. https://doi.org/10.1186/s40779-020-00241-z

3. Spirin V.F., Bochkov M.M., Ruta A.V., et al. Otsenka osobennostey kostnogo metabolizma u vrachey-khirurgov sovremennykh statsionarov v zavisimosti ot tyazhesti i napryazhennosti trudovogo protsessa [Assessment of bone metabolism features in surgeons of modern hospitals depending on the severity and intensity of the labor process]. Meditsina truda i ekologiya cheloveka [Occupational Medicine and Human Ecology]. 2022;(4):90-99. (in Russian)

4. Shamova M.M., Poznyakovsky V.M. Effektivnost' spetsializirovannogo produkta v kompleksnom lechenii serdechno-sosudistykh zabolevaniy [Effectiveness of a specialized product in the complex treatment of cardiovascular diseases]. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]. 2024;(9):122-125. https://doi.org/10.52653/PPI.2024.9.9.024 (in Russian)

5. Fedorina V.S., Ponomareva A.A. Gemostaticheskie materialy, ispol'zuemye v sovremennoy meditsine [Hemostatic materials used in modern medicine]. Vestnik Permskoy gosudarstvennoy farmatsevticheskoy akademii: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. Perm: PGFA; 2025: 131-135. (in Russian)

6. Vekovtsev A.A., Kurkina Yu.Yu., Poznyakovsky V.M. Biotekhnologicheskie aspekty polucheniya universal'noy belkovoy substantsii dlya proizvodstva spetsializirovannykh produktov s zadannymi funktsional'nymi svoystvami [Biotechnological aspects of obtaining a universal protein substance for the production of specialized products with specified functional properties]. Vestnik biotekhnologii [Biotechnology Herald]. 2024;(3):21-36. (in Russian)

7. O'leary L.E., Fallas J.A., Bakota E.L., et al. multi-hierarchical self-assembly of a collagen mimetic peptide from triple helix to nanofibre and hydrogel. Nat Chem. 2011; 3:821-828. https://doi.org/10.1038/nchem.1123

8. Shoulders M.D., Raines R.T. Collagen structure and stability. Annu Rev Biochem. 2009; 78:929-958. https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833

9. Poznyakovsky V.M. Evolyutsiya pitaniya i formirovaniya nutrioma sovremennogo cheloveka [Evolution of nutrition and formation of the modern human nutriome]. Industriya pitaniya [Food Industry]. 2017;(3):5-12. (in Russian)

10. Shekhovtsov N.V., Molchanov M.V., Laurinavichus K.S., Nikolaeva T.N. Nizkomolekulyarnye peptidy kollagena, dopolnennye vitaminno-mineral'nym kompleksom i prednaznachennye dlya profilaktiki i lecheniya zabolevaniy sustavov [Low molecular weight collagen peptides supplemented with a vitamin-mineral complex for

the prevention and treatment of joint diseases]. Teoreticheskaya i eksperimental'naya biofizika: materialy konf. Pushchino: Sinkhrobuk; 2024: 96-98. (in Russian)

11. Nikolaeva T.I., Laurinavichus K.S., Molchanov M.V., et al. Kompleks peptidov kollagena i glikozaminoglikanov: profilaktika i lechenie bolezney oporno-dvigatel'nogo apparata [Complex of collagen peptides and glycosaminoglycans: prevention and treatment of musculoskeletal diseases]. Usp sovr biol [Advances in Modern Biology]. 2024;144(6):650-666. (in Russian)

12. Asserin J., Lati E., Shioya T., Prawitt J. The effect of oral collagen peptide supplementation on skin moisture and the dermal collagen network. J Cosmet Dermatol. 2015;14(4):291-301. https://doi.org/10.1111/jocd.12174

13. Singh A., Mehdi A.A., Srivastava R.N. Immunoregulation of bone remodeling. Int J Crit Illn Inj Sci. 2012;2(2):75-81. https://doi.org/10.4103/2229-5151.97273

14. Poznyakovsky V.M., Kurkina Yu.Yu., Avstrievskikh A.N., et al. Biologicheski aktivnaya kompozitsiya s modifitsirovannym kollagenom i mul'tivitaminnym kompleksom dlya korrektsii obmennykh narusheniy soedinitel'noy i epitelial'noy tkaney [Biologically active composition with modified collagen and multivitamin complex for the correction of metabolic disorders of connective and epithelial tissues]. Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: sb. tez. XIII Vseros. nauč. konf. Kemerovo: KemGU; 2025: 64-65. (in Russian)

15. Vekovtsev A.A., Kurkina Yu.Yu., Poznyakovsky V.M. Innovatsionnaya biotekhnologiya syr'evykh ingredientov i bioinzheniring produktov s napravlennymi funktsional'nymi svoystvami [Innovative biotechnology of raw ingredients and bioengineering of products with targeted functional properties]. SPb.: Lan'; 2024: 61-70. (in Russian)

16. Nikolaeva T.I., Laurinavichus K.S., Kaptsov V.V., et al. Razrabotka kompleksa nizkomolekulyarnykh peptidov kollagena s glikozaminoglikanovymi komponentami [Development of a complex of low molecular weight collagen peptides with glycosaminoglycan components]. Byull eksp biol med [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 2018;165(5):571-576. (in Russian)

17. Huo J.X., Zhao Z. Study on enzymatic hydrolysis of Gadus morrhua skin collagen and molecular weight distribution of hydrolysates. Agric Sci China. 2009;8(6):723-729. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60269-5

18. Litvinova E.V., Artem'eva I.O., Titov E.I., et al. Novye dannye ob ispol'zovanii pobochnogo kollagensoderzhashchego syr'ya myasnoy otrasli [New data on the use of by-product collagen-containing raw materials from the meat industry]. Myasnaya industriya [Meat Industry]. 2022;(12):38-42. https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-12-38-42 (in Russian)

19. Sergun V.P., Burkova V.N., Ageenko D.D., Poznyakovsky V.M. Funktsional'nye pishchevye sistemy: prirodny biokompleks dlya korrektsii obmennykh narusheniy pri vozrast-assotsiirovannykh zabolevaniyakh [Functional food systems: natural biocomplex for the correction of metabolic disorders in age-associated diseases]. Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya [Technologies of Food and Processing Industry of Agro-Industrial Complex - Healthy Food Products]. 2024;(4):134-144. https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-4-134-144 (in Russian)

20. Xie X., Li D., Chen Y., et al. Conjugate Electrospun 3D Gelatin Nanofiber Sponge for Rapid Hemostasis. Adv Healthc Mater. 2021;10(20):2100918.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК [61.32:613.292](470.6) DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-173-178

Исследование возможности использования лекарственно-технического сырья северо-кавказского региона при разработке продуктов персонализированного питания

Study of the possibility of using medicinal and technical raw materials of the north caucasus region in the development of personalized nutrition products

Доцент З.Т. Тазова, доцент З.А. Ачегу, доцент Н.Т. Сиюхов,
Майкопский государственный технологический университет
zareta.tazova@yandex.ru

Associate Professor Z. T. Tazova, Associate Professor Z. N.A. N. Achegu, Associate Professor N.T. Siyukhov,
Maikop State Technological University
zareta.tazova@yandex.ru

Аннотация: Производство новых пищевых продуктов, удовлетворяющих установленным физиологическим, экологическим, санитарно-эпидемиологическим требованиям, является важнейшей задачей в области инновационной политики и соответствует концепции развития рынка продуктов для персонализированного питания. Это требует поиска новых ингредиентов для их производства. В последнее время большое внимание уделяется выделению и изучению биологически активных веществ дикорастущих растений, которые находят широкое применение в пищевой промышленности. Естественная возобновляемость делает растения дикой флоры постоянным источником сырьем для производства биологически активных веществ. В последние десятилетия большое внимание уделяется выяснению химического состава лекарственно-технического сырья, что связано с его специфическими техническими свойствами и высокой физиологической активностью. В связи с этим актуальным направлением является исследование возможности использования лекарственно-технического сырья Северо-Кавказского региона (ромашки аптечной, крапивы двудомной, мяты перечной, одуванчика и др.), содержащих комплекс биологически активных веществ и оказывающих положительное влияние на иммунный статус человека, в производстве продуктов функциональной направленности.

Цель данного исследования заключалась в сравнительной характеристике химического состава различных видов растительного сырья и выявлении возможности его использования при разработке персонализированных продуктов питания. В качестве объектов исследования взяты образцы дикорастущих растений Республики Адыгея ромашки аптечной (Matricaria chamomilla L.), крапивы двудомной (Urtica dioica L.), мяты перечной (Folia Menthae piperitae), лопуха большого (Arctium lappa L.) и одуванчика лекарственного (Taraxacum offi cinale L.). Определено содержание аминокислот, органических кислот, флавоноидов, оксикоричных и фенолкарбоновых кислот, кумарины и других веществ фенольной природы, макро- и микроэлементов.

Abstracts. The production of new food products that meet established physiological, environmental, and sanitary-epidemiological requirements is a critical task in innovation policy and is consistent with the concept of developing a market for personalized nutrition products. This requires the search for new ingredients for their production. Recently, considerable attention has been paid to the isolation and study of biologically active substances from wild plants, which are widely used in the food industry. Their natural renewability makes wild plants a constant source of raw materials for the production of biologically active substances. Plant extractives are widely used in the food industry, medicine, and agriculture. In recent decades, considerable attention has been paid to elucidating the chemical composition of medicinal and technical raw materials, due to their specific technical properties and high physiological activity. In this regard, a relevant area of research is the potential use of medicinal and

© З.Т. Тазова, З.А. Ачегу, Н.Т. Сиюхов, 2026

technical raw materials from the North Caucasus region (chamomile, stinging nettle, peppermint, dandelion, etc.), which contain a complex of biologically active substances that have a positive effect on the human immune system.

The aim of this study was to comparatively characterize the chemical composition of various types of plant materials and identify the potential for their use in the development of personalized nutritional products. Wild plant samples from the Republic of Adygea were used as subjects for the study: chamomile (Matricaria chamomilla L.), stinging nettle (Urtica dioica L.), peppermint (Folia Menthae piperitae), burdock (Arctium lappa L.), and dandelion (Taraxacum officinale L.). The content of amino acids, organic acids, flavonoids, hydroxycinnamic and phenolic acids, coumarins and other substances of phenolic nature, macro- and microelements was determined.

Ключевые слова: персонализированное питание, алиментарно-зависимые заболевания, растительное сырье, биологически активные вещества.

Keywords: ersonalized nutrition, nutrition-dependent diseases, plant-based raw materials, biologically active substances

В настоящее время неправильное питание стало основной причиной возникновения множества алиментарно-зависимых заболеваний. 35-40% всех выявленных патологий в Республике Адыгея приходиться на долю алиментарно-зависимых заболеваний (данные в целом по стране не отличаются значимо). Это прежде всего связано с употребление жителями региона большого количества продуктов, содержащих в основном полинасыщенные жирные кислоты (фаст-фуд, кондитерские изделия). А продукты, содержащие витамины, минеральные вещества, а также полиненасыщенные жирные кислоты и пищевые волокна, представлены в рационе в незначительных количествах, что говорит о несбалансированности питания подавляющего большинства населения. Существуют другие факторы, оказывающие влияние на пищевой статус человека[1}. Эти факторы являются основными причинами возникновения различных патологий. Неправильное питание, нездоровый образ жизни и отсутствие физической нагрузки ведет к развитию целой группы алиментарно-зависимых заболеваний. Проведенный в 2025 году Минздравом Республики Адыгея анализ структуры распространённости алиментарно-зависимых заболеваний выявил негативную тенденцию постоянного роста данного вида патологий. Структура алиментарно-зависимых заболеваний представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структура алиментарно-зависимых заболеваний (на примере Республики Адыгея)

Еще одной значимой проблемой, связанной с неправильным питанием и образом жизни, является рост ожирения у взрослого населения Республики Адыгея (данные приведены на рис.2)

Рис. 2. Статистика ожирения взрослого населения РА

На фоне роста алиментарно-зависимых и иных заболеваний, связанных с неправильным питанием, становится все более актуальным создание персонализированных продуктов функционального назначения с использованием лекарственно-технического сырья, содержащего значимое количество биологически активных веществ. Природно-географическая среда и почвенно-климатические условия Северо-Кавказского региона, и Республики Адыгея в частности, являются благоприятными для произрастания и сбора различного вида лекарственного технического сырья.

Для исследования были отобраны образцы лекарственно-растительного сырья: крапива двудомная (Urtica dioica L.), лопух большой (Arctium lappa L.) и одуванчик лекарственный (Taraxacum offi cinale L.), ромашки лекарственной (лат. Matricāria chamomīlla), которые содержат значительное количество фенольных соединений, таких как флавоноиды, дубильные вещества, фенолокислоты. Эти виды растительного сырья обладают доказанным положительным влиянием на работу сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, выраженной антиоксидантной активностью[3].

Исследование химического состава заявленных образцов проводилось стандартными методами с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Эксперт». Количественное содержание флавоноидов (в пересчете на рутин), стеринов и органических кислот определяли спектрофотометрически. Результаты представлены в виде диаграммы (рис.3).

Рис. 3. Сравнительный анализ химического состава исследуемых образцов

Наиболее перспективным сырьем для дальнейшего исследования была выбрана крапива двудомная. Виды рода крапивы являются ценными пищевыми и лекарственными растениями, произрастающими на всей территории Северо-Кавказского региона[7]. По данным литературных источников в них в значимых количествах содержатся витамины, флавоноиды, оксикоричные и фенолкарбоновые кислоты, кумарины и другие вещества фенольной природы. Также крапива содержит фитонциды, серу, фенольные кислоты и дубильные вещества. В небольших количествах в растении были найдены: фолиевая кислота, холин (витамин В4), бетакаротин, йод и витамин Е[5]. На следующем этапе исследования по общепринятым методикам в листьях крапивы двудомной и крапивы коноплевидной было определено содержание минеральных веществ в различных частях растения. Результаты исследования минерального состава образцов крапивы двудомная и крапивы коноплевидной, заготовленной в Майкопском районе Республики Адыгея, приведены в табл.1.

Таблица 1

Содержание химических элементов в листьях крапивы двудомной и надземной части крапивы коноплевидной (мкг/г абсолютно сухого сырья)

Элемент	Крапива двудомная, листья	Крапива коноплевидная листья	Трава	Стебли	Соцветия
Бор	42	43	29	15	37
Натрий	79	112	243	58	156
Магний	3897	7456	3657	747	2478
Фосфор	6746	4536	4365	2849	6378
Калий	30216	1564	20534	23145	19123
Кальций	4139	93768	42001	9167	25365
Марганец	73	29	32	16	31
Железо	345	601	512	123	381
Цинк	59	21	18	8	34
Медь	13	6,1	5,1	5,8	7,1
Кремний	4538	3192	2367	3714	2016

Содержание аминокислот в исследуемых образцах крапивы приведены в таб.2.

Таблица 2

Содержание аминокислот в различных видах растения вида Urtica L.,%

Аминокислота	Экспериментальные данные	Крапива двудомная	Листья крапивы коноплевой
Аргинин	1,23	2,51	-
Лизин	1,07	0,97	-
Тирозин	0,78	0,23	0,50
Фенилаланин	1,01	0,53	0,90
Гистидин	0,46	2,33	-
Лейцин	1,59	0,46	0,73
Изолейцин	0,90	-	0,50
Метионин	0,30	-	0,19
Алин	1,11	0,23	0,82
Пролин	1,03	-	-
Треонин	1,22	4,53	0,89
Серин	1,27	-	0,85
Аланин	1,46	1,71	0,74
Глицин	1,19	0,35	0,81
Цистин	0,63	-	0,33
Глутаминовая кислота	1,96	1,66	1.75
Аспаргиновая кислота	2,99	3,76	1,64

Как видно из представленных в табл.2 данных, в исследованных образцах крапивы двудомной, произрастающей в регионе, преобладают аспаргиновая (3,74 %), глутаминовая кислоты (1,66%), аргинин(2,51) и треонин (4,53). Наряду с этим обнаружено, что в листьях крапивы двудомной не содержится изолейцин и метионин, серин и цистин. А в листьях крапивы коноплевой того же региона произрастания отсутствует аргинин и лизин. Результаты проведенных исследований химического состава представленных образцов лекарственно-технического сырья, произрастающего в Республике Адыгея, свидетельствуют о высоком содержании фенольных соединений, аминокислот и различных минеральных веществ в исследуемых образцах [10].

Представленные в работе данные позволяют с достаточной степенью точности предположить возможность и целесообразность использования исследованных образцов лекарственно-технического сырья при разработке рецептур продуктов персонализированного питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л. Современное состояние и актуальность развития технологий пищевой продукции специализированного питания // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. - 2020. - Т. 1. - № 1 (1). - С. 117-124.

2. Сычева О.В., Шлыков С.Н., Омаров Р.С. Научные принципы создания пищевых продуктов для персонализированного питания в соответствии с концепцией развития перспективного рынка «Foodnet» // Пищевая индустрия. - 2019. - № 1. - С. 36-37.

3. Неменущая Л.А. Технологии производства конкурентоспособных продуктов питания повышенной пищевой ценности из доступного местного сырья // Техника и оборуд. для села. – 2018. – № 4. – С. 34-36.

4. Nemenushchaya L.A. Technologies of production of competitive food products of increased nutritional value from available local raw materials // Technika i oborud. for rural areas. - 2018. - № 4. - С. 34-36.

5. Попов И.П., Шпанько Д.Н., Черкасова Е.А. Некоторые товароведческие показатели крапивы двудомной и крапивы Коноплевой // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 3. С. 57.

6. Азнагулова А.В. Особенности стандартизации нового вида лекарственного растительного сырья – травы одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale Wigg.) // Аспирантский вестник Поволжья. 2024. №5-6. С. 150–151.

7. Тулаганов А.А., Юлдашева С.Ш. Биоэкологические свойства одуванчика лекарственного taraxacum officinale wigg // Вестник науки и образования. 2020. № 12-2 (90). С. 7–9.

8. Карроматов И.Д., Давлатова М.С. Лечебные свойства лекарственного растения одуванчик // Биология и интегративная медицина. 2018. № 9 (26). С. 145–164.

9. Дьякова Н. А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2022. Т. 21, № 1. С. 175–180. https://doi.org/10.37903/

10. Лукашов Р. И., Гурина Н. С. Одуванчик лекарственный. Часть 2. Фармакологические свойства // Рецепт. 2019. Т. 22, № 2. С. 259–265.

REFERENCES

1. Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L. The current state and relevance of developing technologies for food products for specialized nutrition // Current issues in the dairy industry, intersectoral technologies and quality management systems. - 2020. - Vol. 1. - No. 1 (1). - Pp. 117–124.

2. Sycheva O.V., Shlykov S.N., Omarov R.S. Scientific principles for developing food products for personalized nutrition in accordance with the concept of developing the promising “Foodnet” market // Food Industry. - 2019. - No. 1. - Pp. 36-37.

3. Nemenushchaya L.A. Technologies for the production of competitive food products with increased nutritional value from available local raw materials // Tekhnika i oborud. for the village. – 2018. – No. 4. – Pp. 34-36.

4. Nemenushchaya L.A. Technologies of production of competitive food products of increased nutritional value from available local raw materials // Technika i oborud. for rural areas. – 2018. – No. 4. – Pp. 34–36.

5. Popov I.P., Shpanko D.N., Cherkasova E.A. Some commodity characteristics of dioecious nettle and hemp nettle // Technology and equipment for food production. 2009. No. 3. P. 57.

6. Aznagulova A.V. Features of standardization of a new type of medicinal plant raw materials – dandelion herb (Taraxacum officinale Wigg.) // Postgraduate Bulletin of the Volga region. 2024. No.5-6. pp. 150-151.

7. Tulaganov A.A., Yuldasheva S.S. Bioecological properties of medicinal dandelion taraxacum officinale wigg // Bulletin of Science and Education. 2020. No. 12-2 (90). Pp. 7–9.

8. Karomatov I.D., Davlatova M.S. Therapeutic properties of the medicinal plant dandelion // Biology and Integrative Medicine. 2018. No. 9 (26). pp. 145-164.

9. Dyakova N. A. Study of the mineral complex of burdock roots // Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. 2022. Vol. 21, No. 1. pp. 175-180. https://doi.org/10.37903 /

10. Lukashov R. I., Gurina N. S. Medicinal dandelion. Part 2. Pharmacological properties // Recipe. 2019. Vol. 22, No. 2. Pp. 259–265.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 641.563/532.133 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-179-186

Исследование вязкости модельных образцов теста для рыборастительных крипсов

Study of the viscosity of model dough samples for fish-and-plant crisps

Профессор С.В. Золотокопова, аспирант А.И. Клепиков, доцент А.А. Неваленная,
Астраханский государственный технический университет
zolotokopova@mail.ru

Professor S.V. Zolotokopova, postgraduate student A.I. Klepikov, associate professor A.A. Nevalennaya,
Astrakhan State Technical University
zolotokopova@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследования реологических свойств модельных образцов теста для рыборастительных крипсов на основе нутовой, ржаной и овсяной муки с различным содержанием муки и фарша. Методом ротационной вискозиметрии определены значения эффективной вязкости в диапазоне скоростей сдвига 1-100 $с^{-1}$. На основе экспериментальных данных рассчитаны параметры степенной модели Оствальда-де Виля. Установлено, что все образцы проявляют выраженные псевдопластичные свойства (n < 1). Наибольшими значениями индекса консистенции характеризуются образцы с нутовой K = 1,12-1,19×10^5 мПа·$с^n$ и овсяной мукой K = 1,08-1,13×10^5 мПа·$с^n$, наименьшим на ржаной K = 0,95 - 0,99×10^5 мПа·$с^n$. Построены регрессионные модели зависимости вязкости от содержания муки и фарша толстолобика, рассчитаны коэффициенты эластичности, позволяющие прогнозировать изменение вязкости при варьировании в рецептуре муки и фарша. Показано, что влияние рецептурного состава наиболее существенно при низких скоростях сдвига (E = 0,35–0,53) и минимально при высоких (E ≤ 0,01). Установлено, что оптимальным является соотношение муки и фарша 40:50, обеспечивающее минимальную вязкость при технологическом процессе формования полуфабрикатов.

Abstract. This paper presents the results of a study of the rheological properties of model dough samples for fish-vegetable crisps made from chickpea, rye, and oat flours with varying flour and mince content. Rotational viscometry was used to determine the effective viscosity in the shear rate range of 1–100 s^{-1}. The parameters of the Ostwald-de Wiele power-law model were calculated based on the experimental data. All samples were found to exhibit pronounced pseudoplastic properties (n < 1). The highest consistency index values are found in samples with chickpea K = 1.12-1.19×10^5 mPa s^n and oat flour K = 1.08-1.13×10^5 mPa s^n, while the lowest are found in rye K = 0.95 - 0.99×10^5 mPa s^n. Regression models of the viscosity dependence on the content of silver carp flour and minced meat were constructed, and elasticity coefficients were calculated, allowing us to predict viscosity changes with variations in the flour and minced meat recipe. The influence of the recipe composition was shown to be most significant at low shear rates (E = 0.35–0.53) and minimal at high shear rates (E ≤ 0.01). It has been established that the optimal ratio of flour and minced meat is 40:50, which ensures minimal viscosity during the technological process of forming semi-finished products.

Ключевые слова: тесто, рыборастительные крипсы, вязкость, нутовая мука, ржаная мука, овсяная мука, фарш толстолобика.

Keywords: dough, fish-growing creeps, viscosity, chickpea flour, rye flour, oat flour, minced carp.

В настоящее время все больше растет спрос на продукты функциональной направленности, которые содержат ингредиенты, оказывающие благотворное

© С.В. Золотокопова, А.И. Клепиков, А.А. Неваленная, 2026

влияние на организм. Это, безусловно, связано с популяризацией здорового образа жизни и, в частности, правильного питания. Совершенствование рецептуры пищевой продукции, в том числе на основе комбинированного теста, с учетом принципов здорового питания позволяет улучшить структуру рациона, повысить пищевую ценность и обеспечить сбалансированным питанием некоторые категории населения [1].

Особый интерес представляют продукты, сочетающие рыбное и растительное сырьё, что позволяет обогатить рацион полноценным легкоусвояемым белком, пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами.

Рыборастительные крипсы являются новым видом снеков на основе рыбного сырья и могут быть приготовлены с различными видами муки и растительного сырья. Выбор нутовой, ржаной и овсяной муки в качестве основных мучных компонентов обусловлен их высокой пищевой ценностью за счет уникального нутриентного состава, а грамотный подход к разработке рецептур позволяет создавать продукты с высокими органолептическими показателями и высокой функциональностью [2].

При разработке новых видов продукции на основе рыборастительного сырья, особое внимание уделяется анализу реологических свойств, поскольку вязкость теста определяет его поведение на всех этапах технологического процесса – от смешивания компонентов и формования полуфабрикатов до термической обработки и получения готового продукта. Введение в рецептуру различных видов муки, отличающихся нутриентным составом и водопоглотительной способностью, может существенно влиять на реологические характеристики теста для рыборастительных крипсов.

В ряде исследований установлено, что введение различных добавок в муку существенно изменяет реологические свойства теста. К примеру, внесение янтарной кислоты в тесто, положительно воздействует на реологические показатели теста [3]. Внесение в смесь с пшеничной мукой высшего сорта люпиновой муки улучшает ряд реологических параметров характеристик, в сравнении с обычным тестом на пшеничной муке [4]. Добавление подсолнечной муки увеличивает вязкость теста и оказывает укрепляющую структуру, внесение кедровой муки способствует снижению вязкости и получению более пластичного теста [5]. Добавление добавление овсяного солода к пшеничной муке может увеличить время образования, снижать устойчивость и повышать степень разжижения теста [6].

Несмотря на имеющиеся исследования в области создания комбинированных продуктов на рыборастительной основе [7, 8, 9], вопросы, связанные с реологией теста для рыборастительных крипсов с использованием различных видов муки, изучены недостаточно. Отсутствуют научные данные о зависимости вязкости от содержания муки и рыбного фарша при технологических операциях с различной степенью интенсивности, что затрудняет прогнозирование поведения теста в технологических процессах, к примеру связанных с формованием полуфабрикатов.

Цель исследования определение вязкости модельных образцов теста для рыборастительных крипсов на основе нутовой, ржаной и овсяной муки и определение зависимостей влияния содержания муки и рыбного фарша на реологические характеристики исследуемых образцов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- определить эффективную вязкость модельных образцов теста для крипсов методом ротационной вискозиметрии при различных скоростях сдвига;
- рассчитать параметры степенной модели Оствальда-де Виля для исследуемых модельных образцов;

• построить линейные регрессионные модели зависимости вязкости от содержания муки и рыбного фарша, и рассчитать коэффициенты эластичности для количественной оценки влияния рецептурного фактора.

Материалом для исследований разрабатываемых рыборастительных крипсов выступали: нутовая мука по СТО 53548590-030-2 -2014 производства ООО «Пудофф», ржаная мука по ГОСТ 7045-2017 производства ООО «Пудофф», овсяная мука по СТО 53548590- 019-2013 производства ООО «Пудофф», пюре тыквы по ГОСТ 32742—2014 из сорта Витаминная мускатная, пюре моркови по ГОСТ 32742—2014 из сорта Нантская-4, кунжутное семя по ТУ 9721-018 -57097479-08-2019 производства ООО «Промис», льняное семя по ТУ 1089.19-034-57097479-2019 производства ООО «Промис»; фарш из филе толстолобика по вырабатываемое по ГОСТ 814-2019; томатная паста «Помидорка» производства ООО «Пищевик» по ГОСТ 3343-2017, соевая клетчатка производства ООО «Партнер-М по ТУ 9189-011-59173872-2010.

Образцы теста приготавливались при одинаковых условиях и температурных режимах. Рыбный фарш куттерировался, смешивался с мукой и другими компонентами согласно таблице 1. В результате было сформировано по 3 образца с различным содержанием муки и фарша толстолобика. Температура теста была равной 20±1 °С. Для проведения исследования вязкости на вискозиметре, образцы помещались в одинаковые лабораторные стаканы объемом 100мл. Измерения каждого образца проводили в пятикратной повторности (n=5).

Тесто для рыборастительных крипсов приготавливали по следующим рецептурам, представленным в таблице 1.

Таблица 1

Рецептурный состав модельных образцов теста

Сырьевой ингредиент	Состав полуфабрикатов, %								
	Нут-1	Нут-2	Нут-3	Рж-1	Рж-2	Рж-3	Овс-1	Овс-2	Овс-3
Нутовая мука	40	50	60	-	-	-	-	-	-
Ржаная мука	-	-	-	40	50	60	-	-	-
Овсяная мука	-	-	-	-	-	-	40	50	60
Фарш толстолобика	50	40	30	50	40	30	50	40	30
Пюре тыквы	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Пюре моркови	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Томатная паста	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Семена льна	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Семена кунжута	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Соевая клетчатка	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Масса, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Реологические характеристики образцов изучали методом ротационной вискозиметрии на приборе Fungilab ALPHA L (Испания) с использованием измерительной системы «цилиндр в цилиндре» по методу Брукфильда, дополнительную статистическую обработку данных и построение реограмм проводили с помощью программы Microsoft Excel [10].

Измерения выполняли в стационарном режиме с контролем скорости вращения шпинделя вискозиметра. Для каждого образца проводили серию замеров при различных скоростях, что позволило оценить реологическое поведение модельных образцов теста. Основными параметрами замеров были: скорость вращения шпинделя об/мин, RPM, значение динамической вязкости мПа·с и

соответствующий ей процент крутящего момента %, который служил индикатором корректности выбранного измерительного диапазона.

Для количественного описания реологического поведения образцов теста, данные зависимости вязкости и скорости сдвига были аппроксимированы степенной моделью Оствальда-де Виля, которая широко применяется для неньютоновских жидкостей:

$$\eta = K \times \dot{\gamma}^{n-1} \quad (1)$$

где η – эффективная вязкость мПа·с, K – индекс консистенции мПа·с^n, характеризующий густоту, $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, n – индекс течения, определяющий тип жидкости: n < 1 – псевдопластичная жидкость, n = 1 – ньютоновская жидкость, n > 1 – дилатантная жидкость.

Значение n-1 соответствует показателю степени в уравнении зависимости вязкости от скорости сдвига, а его абсолютная величина|1-n| характеризует степень псевдопластичности, чем больше это значение, тем сильнее образец разжижается при сдвиге.

Установлено, что исследуемые образцы теста, по своим реологическим свойствам относится к неньютоновским жидкостям и имеет повышенную вязкость.

С увеличением скорости сдвига шпинделя, динамическая вязкость закономерно снижалась. Графики зависимости динамической вязкости от скорости сдвига исследуемых образцов теста представлены на (рис. 1).

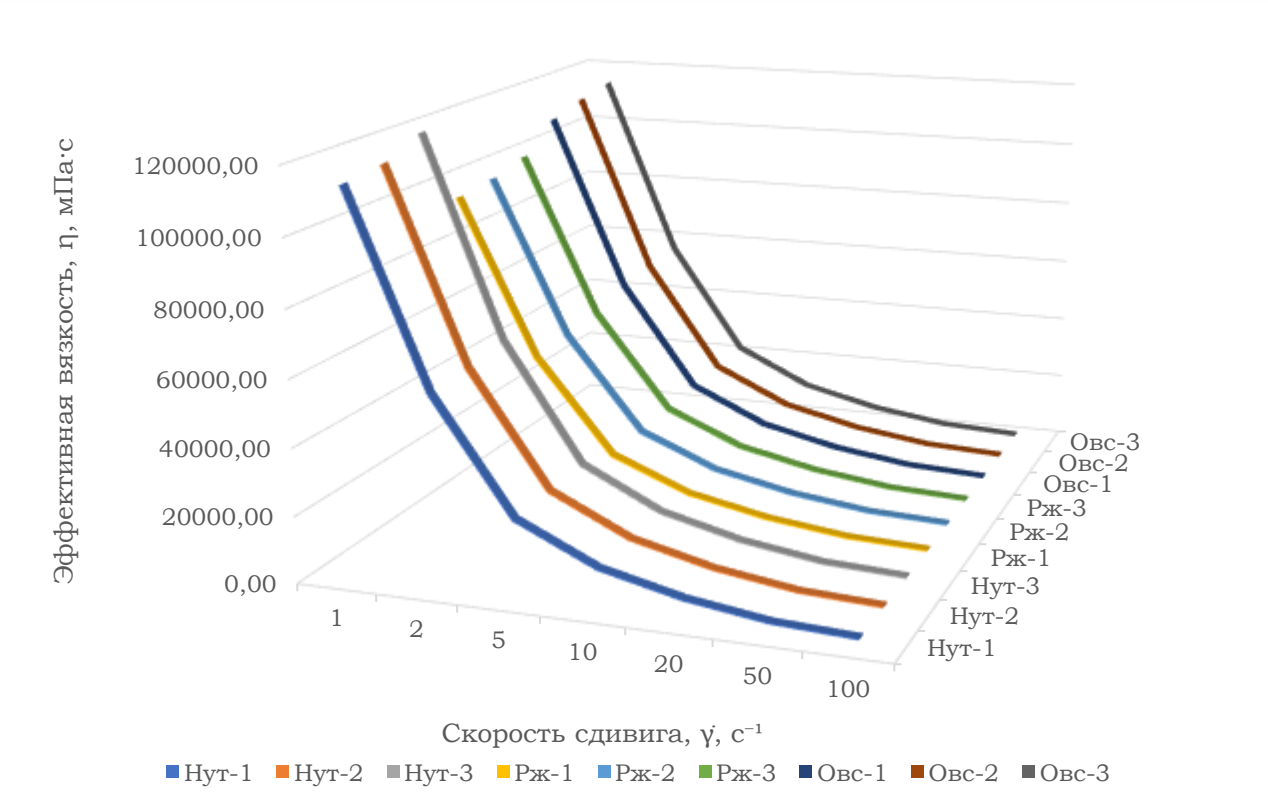


Рис. 1. Зависимости эффективной вязкости модельных образцов от градиента скорости

Данные изображённые на (рис. 1), наглядно демонстрируют, что все исследуемые образцы теста обладают свойствами псевдопластичных жидкостей [1].

При увеличении скорости сдвига с 1 до 5 с$^{-1}$ наблюдается значительное снижение динамической вязкости.

При минимальной скорости сдвига 1 $с^{-1}$, соответствующей начальному напряжению сдвига и характеризующей структурную вязкость, наблюдаются наиболее значимые различия между исследуемыми образцами. Наибольшие значения вязкости зафиксированы для образцов на содержащих нутовую и овсяную муку. Это может быть связано с высоким содержанием растворимых пищевых волокон в овсяной муке и белков в нуте. Образцы, содержащие ржаную муку, показали на 20-25% меньшую начальную вязкость из-за наличия пентозанов в составе.

Влияние массовой доли муки на вязкость носит нелинейный характер, однако в исследуемом диапазоне рецептурных соотношений муки и рыбного фарша она может быть аппроксимирована линейной моделью с высокой степенью достоверности R^2. Для всех исследуемых образцов теста, максимальная вязкость наблюдалась при доле муки 60%. Оптимальная, с точки зрения технологических режимов, рецептура теста для рыборастительных крипсов, может быть получена при содержании муки и рыбного фарша, при максимальном связывании свободной воды без избыточной сухости или переувлажнения теста за счет свободной воды из овощных пюре и томатной пасты.

При увеличении скорости сдвига различия между образцами, содержащими разное количество одной и той же муки, уравниваются. Однако разница между типами муки сохраняется, нутовые и овсяные образцы в большинстве случаев остаются более вязкими, чем ржаные.

Параметры степенной модели, рассчитанные на основе полученных в ходе замеров данных, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Реологические параметры модельных образцов теста по степенной модели

Образец теста	Уравнение модели	n	R^2	|1-n|
Нут-1	$\eta = 1{,}12\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.994}$	0,006 ± 0,001	0,992	0,994
Нут-2	$\eta = 1{,}14\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.986}$	0,015 ± 0,001	0,991	0,986
Нут-3	$\eta = 1{,}19\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.997}$	0,003 ± 0,001	0,989	0,997
Рж-1	$\eta = 0{,}95\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.983}$	0,017 ± 0,001	0,994	0,983
Рж-2	$\eta = 0{,}97\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.979}$	0,021 ± 0,001	0,992	0,979
Рж-3	$\eta = 0{,}99\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.977}$	0,024 ± 0,001	0,995	0,977
Овс-1	$\eta = 1{,}08\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.988}$	0,012 ± 0,001	0,997	0,988
Овс-2	$\eta = 1{,}11\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.997}$	0,003 ± 0,001	0,999	0,997
Овс-3	$\eta = 1{,}13\times10^{5}\cdot\dot{\gamma}^{-0.994}$	0,006 ± 0,001	0,998	0,994

Для практического прогнозирования вязкости теста в зависимости от содержания разных видов муки и фарша толстолобика при различных скоростях сдвига были построены линейные регрессионные модели вида $y = a + b{\cdot}x$, где x — содержание муки %, а y — значение эффективной вязкости, η, мПа·с при градиенте скорости $\dot{\gamma}$, $с^{-1}$. На основе полученных данных, был рассчитан коэффициент эластичности вида $E = b \cdot \bar{x}/\bar{y}$ показывающий на сколько процентов в среднем изменится эффективная вязкость (y) при изменении содержания муки (x) на 1%. Параметры моделей представлены в таблице 3.

Анализ полученных зависимостей показывает, что наибольшее влияние на вязкость теста оказывает содержание муки и фарша толстолобика при малых скоростях сдвига, когда коэффициент b максимален при 1 $с^{-1}$.

С ростом скорости сдвига отношение вязкости к содержанию муки и фарша толстолобика закономерно снижается для всех исследуемых образцов, что согласуется с псевдопластичным характером исследуемых образцов теста [1].

Таблица 3

Параметры регрессии и коэффициента эластичности теста

$\dot{\gamma}$, $с^{-1}$	Тесто на нутовой муке				Тесто на ржаной муке				Тесто на овсяной муке			
	a	b	R^2	E	a	b	R^2	E	a	b	R^2	E
1	100122	321,2	0,911	0,53	98541	262,3	0,989	0,50	87786	206,1	0,962	0,35
2	50175	153	0,972	0,25	49532	120,1	0,999	0,23	43486	115,5	0,975	0,20
5	20393	58,02	0,999	0,10	20211	42,9	0,972	0,08	17407	53,4	0,985	0,09
10	10319	27,8	0,959	0,05	10258	19,47	0,902	0,04	8706	29,51	0,99	0,05
20	5222	13,3	0,864	0,02	5206	8,737	0,882	0,02	4354	16,2	0,994	0,03
50	2122	4,995	0,842	0,01	2124	2,958	0,866	0,01	1741	7,265	0,997	0,01
100	1073	2,374	0,818	<0,01	1078	1,273	0,843	<0,01	870	3,939	0,998	0,01

Наиболее стабильные и высокие значения коэффициента детерминации во всём диапазоне скоростей наблюдаются для образцов с овсяной мукой $R^2 > 0,96$, что позволяет рекомендовать линейную модель для практических расчётов при использовании данного вида сырья. Для образцов с нутовой и ржаной мукой линейная модель адекватна преимущественно в диапазоне скоростей до 20 $с^{-1}$ $R^2 > 0,88$.

Полученные значения эластичности E в диапазоне от <0,01 до 0,53, что свидетельствует о невысокой эластичности исследуемых рецептур теста, при увеличении доли муки при одновременном снижении доли рыбного фарша на 1%, относительное изменение вязкости составляет до 0,53% в областях малых скоростей сдвига 1-2 $с^{-1}$.

Наибольшая эластичность наблюдается при минимальной скорости сдвига 1 $с^{-1}$ для всех типов образцов причём максимальное значение характерно для образцов с нутовой мукой E = 0,53. С ростом скорости сдвига эластичность закономерно снижается, достигая практически нулевых значений при 50-100 $с^{-1}$. Это означает, что в процессах интенсивного механического воздействия, к примеру при куттеировании или гомогенизации вязкость теста практически не зависит от содержания муки и фарша толстолобика, тогда как при формовании полуфабрикатов возможно её регулирование изменением соотношения основных компонентов: муки и рыбного фарша.

Сравнительный анализ по видам муки показывает, что при низких скоростях сдвига наибольшей эластичностью обладают образцы теста с нутовой мукой, при высоких с овсяной мукой. Ржаная мука во всём диапазоне скоростей демонстрирует промежуточные или близкие к нутовой значения. Оптимальным является соотношение муки и фарша 40:50 (содержание основных компонентов 90%), так как при данном соотношении обеспечивается минимальная вязкость, что упрощает ручную работу при технологических операциях над тестом.

В ходе исследования установлено, что тесто для рыборастительных крипсов относится к псевдопластичным структурированным системам, для которых характерно значительное снижение вязкости при увеличении скорости сдвига. Наибольшее влияние рецептурного состава на вязкость проявляется в области низких скоростей сдвига, соответствующих процессам формования, тогда как при интенсивном механическом воздействии влияние рецептурного состава нивелируется.

Полученные регрессионные модели и коэффициенты эластичности позволяют оценивать влияние содержания муки и фарша на реологические свойства теста (вязкость) и прогнозировать его поведение в технологических процессах с разной интенсивностью взаимодействия.

Установлено, что оптимальным является соотношение муки и фарша 40:50 (при общем содержании основных компонентов 90%), при котором обеспечивается минимальная вязкость и достаточная структурированность теста. Увеличение доли муки при снижении доли рыбного фарша приводит к росту вязкости и усложнению технологического процесса формования, тогда как увеличение доли фарша улучшает структуру теста, делая его менее вязким.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых рецептур, адаптации существующих рецептур и установления технологических режимов для производства рыборастительных крипсов на существующих предприятиях для уже веденого в эксплуатацию оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Аникина, И. И. Бадмаева И.И. Изучение вязкости модельных образцов блинного теста из нетрадиционных видов сырья // Вестник ВСГУТУ. 2024. №4 (95). DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2024_4_5.

2. Золотокопова С.В., Клепиков А.И., Неваленная А.А., Бочарникова Е.А. Разработка рыборастительных крипсов для питания людей с высокой когнитивной нагрузкой и низкой физической активностью // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. №. 3. С. 116-124. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-3-116-124.

3. Старовойтова О. В., Садриева А. А., Мингалеева З. Ш., Решетник О. А. Исследование реологических характеристик теста с использованием добавки антиоксидантного действия // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №18. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-reologicheskih-harakteristik-testa-s-ispolzovaniem-dobavki-antioksidantnogo-deystviya (дата обращения: 09.02.2026).

4. Анисимова Л. В., Серебреникова Е. С., Бондаренко В. Е., Басов В. Ю. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и люпиновой муки // Ползуновский вестник. 2018. №4. DOI: https://doi.org/10.257127ASTU.2072-8921.2018.04.008

5. Гайсина В. А., Козубаева Л. А., Кузьмина С. С. Особенности реологических свойств теста с подсолнечной и кедровой мукой // Вестник ВГУИТ. 2016. №1 (67). DOI: http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-96-100

6. Ямашев Т. А., Мусина А. М., Мусина Г. М., Салахова А. И., Решетник О. А. Влияние овсяного солода на реологические характеристики пшеничного теста // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №23. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ovsyanogo-soloda-na-reologicheskie-harakteristiki-pshenichnogo-testa (дата обращения: 20.04.2026).

7. Лебедева Е. Ю., Золотокопова С. В., Москаленко А. С. Разработка комбинированных рыборастительных полуфабрикатов для детей школьного возраста // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. №3. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2020-3 -144-151

8. Касьянов Г. И., Золотокопова С. В., Магомедов А. М. Особенности технологии фаршированного рыборастительного продукта, обогащенного CO2-экстрактами // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. №2. DOI: https://doi.org/ 10.24143/2073-5529-2019-2-86-93.

9. Цибизова М. Е., Золотокопов А. В. Оптимизация микроэлементного состава поликомпонентных рыборастительных продуктов питания // Вестник АГТУ. Серия:

Рыбное хозяйство. 2017. №4. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2017-4-183-189

10. Рытченкова В.Ю., Рытченков С.В., Степанова Э.Ф. и др. Разработка состава и характеристика геля с L-аргинином ранозаживляющего действия. Российский биотерапевтический журнал 2025;24(2):66–72. DOI: https://doi.org/10.17650/1726-9784-2025-24-2-66-72

REFERENCES

1. V. A. Anikina, I. I. Badmaeva, I.I. Study of the viscosity of model pancake batter samples from non-traditional raw materials // Bulletin of VSGUT. 2024. No. 4 (95). DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2024_4_5.

2. Zolotokopova S.V., Klepikov A.I., Nevalennaya A.A., Bocharnikova E.A. Development of fish-growing creeps for feeding people with high cognitive load and low physical activity // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. 2025. No. 3. pp. 116-124. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-3-116-124.

3. Starovoitova O. V., Sadrieva A. A., Mingaleeva Z. Sh., Reshetnik O. A. Investigation of the rheological characteristics of the dough using an antioxidant additive // Bulletin of Kazan Technological University. 2013. No. 18. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-reologicheskih-harakteristik-testa-s-ispolzovaniem-dobavki-antioksidantnogo-deystviya (date of request: 02/09/2026).

4. Anisimova L. V., Serebrenikova E. S., Bondarenko V. E., Basov V. Yu. Rheological properties of dough from a mixture of wheat and lupine flour // Polzunovsky bulletin. 2018. №4. DOI: https://doi.org/10.257127ASTU.2072-8921.2018.04.008

5. Gaisina V. A., Kozubaeva L. A., Kuzmina S. S. Rheological properties of dough with sunflower and cedar flour // Bulletin of VGUIT. 2016. No. 1 (67). DOI: http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-96-100

6. Yamashev T. A., Musina A.M., Musina G. M., Salakhova A. I., Reshetnik O. A. Influence of oat malt on rheological characteristics of wheat // Bulletin of Kazan Technological University. 2015. No.23. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ovsyanogo-soloda-na-reologicheskie-harakteristiki-pshenichnogo-testa (date of request: 04/20/2026).

7. Lebedeva E. Yu., Zolotokopova S. V., Moskalenko A. S. Development of combined fish-growing semi-finished products for school-age children // Bulletin of the AGTU. Series: Fisheries. 2020. №3. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2020-3-144-151

8. Kasyanov G. I., Zolotokopova S. V., Magomedov A.M. Features of technology of stuffed fish-growing product enriched with CO2 extracts // Bulletin of AGTU. Series: Fisheries. 2019. №2. DOI: https://doi.org/ 10.24143/2073-5529-2019-2-86-93.

9. Tsibizova M. E., Zolotokopov A.V. Optimization of the microelement composition of polycomponent fish-growing food products // Bulletin of the AGTU. Series: Fisheries. 2017. No. 4. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2017-4-183-189

10. Rytchenkova V.Yu., Rytchenkov S.V., Stepanova E.F. and others. Development of the composition and characterization of a wound-healing gel with L-arginine. Russian Biotherapeutic Journal 2025;24(2):66-72. DOI: https://doi.org/10.17650/1726-9784-2025-24-2-66-72

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664.7:637 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-187-196

Прогнозирование показателей качества соуса на основе растительного напитка

Predicting the quality of a sauce based on a vegetable drink

Доцент С.М. Корпачева, доцент О.В. Рогова, О.В. Дерюшева, магистрант А.С. Утенева,
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»
rogova@corp.nstu.ru

Associate Professor S.M. Korpacheva, Associate Professor O.V. Rogova, O.V. Deryusheva, Master's student A.S. Uteneva,
Novosibirsk State Technical University
rogova@corp.nstu.ru

Аннотация. Повышение популярности вегетарианских, веганских и лактофри-диет, а также рост числа людей с непереносимостью лактозы, снижение потребления животных жиров, а также забота об экологии стимулирует производителей к расширению ассортимента продукции на растительной основе. Цель исследования - разработка модели квалиметрического прогнозирования и оценки качества пищевой продукции на примере соуса на растительном напитке. Объектом исследования является соус на основе кокосового напитка. Проведено обоснование выбора продукции для построения «Дома качества», показавшее, что соус на основе кокосового напитка соответствует актуальным трендам здорового питания, обладает низкой калорийностью по сравнению с соусом на коровьем молоке и не содержит лактозы, что делает его востребованным среди широкой аудитории потребителей, включая людей с непереносимостью лактозы и приверженцев здорового образа жизни. Было проведено ранжирование требований потребителя по степени важности с использованием метода экспертных оценок, применялись методы «голосования» и матричного анализа. Прогнозирование показателей качества соуса на растительном напитке осуществляли на основе технологии развертывания функций качества (Quality Function Deployment, QFD). Были определены целевые значения технических характеристик и направления для улучшения продукта на основе расчетов абсолютной и относительной важности каждой технической характеристики. Результаты исследования можно использовать для оценки качества соусов с использованием растительных аналогов молока, которые в свою очередь расширят ассортимент пищевой продукции на рынке Российской Федерации, обеспечив её качество, конкурентоспособность и безопасность для потребителей.

Abstract. The increasing popularity of vegetarian, vegan, and lacto-free diets, along with the growing number of people with lactose intolerance, the decline in animal fat consumption, and environmental concerns are spurring manufacturers to expand their range of plant-based products. The aim of this study was to develop a model for qualimetric forecasting and quality assessment of food products using a plant-based beverage sauce as an example. The study focused on a coconut beverage sauce. A justification for the product selection for the "House of Quality" project was conducted, demonstrating that the coconut drink-based sauce aligns with current healthy eating trends, is low in calories compared to cow's milk sauce, and is lactose-free, making it popular among a wide range of consumers, including those with lactose intolerance and those committed to a healthy lifestyle. Consumer requirements were ranked by importance using expert assessments, voting, and matrix analysis. The quality indicators for a plant-based sauce were predicted using Quality Function Deployment (QFD). Target values for technical characteristics and areas for product improvement were determined based on calculations of the absolute and relative importance of each technical characteristic. The study's results can be used to assess the quality of sauces using plant-based milk alternatives, which in turn will expand the range of food products on the Russian market, ensuring their quality, competitiveness, and consumer safety.

Ключевые слова: соус, растительный напиток, квалиметрическая модель, потребительские свойства, показатели качества.

© С.М. Корпачева, О.В. Рогова, О.В. Дерюшева, А.С. Утенева, 2026

Keywords: sauce, herbal drink, qualimetric model, consumer properties, quality indicators.

В условиях современного развития пищевой индустрии, характеризующегося высоким уровнем конкуренции и ужесточением требований потребителей, проблема обеспечения стабильного и прогнозируемого качества продукции выходит на первый план.

Особую значимость данная проблема приобретает в сегменте продуктов «здорового питания» и альтернативных компонентов пищевых продуктов, к которым относятся соусы на растительных напитках. Востребованность последних обусловлена заботой о здоровье, ограничением животных жиров и современными пищевыми трендами. Мировой рынок таких напитков демонстрирует стабильный рост с ежегодным увеличением продаж на 2–3 % и активным расширением производства популярных видов: овсяных, миндальных, соевых, кокосовых и так далее [1-6].

Потребление растительных напитков (как аналогов молока) в России в 2023 году выросло на 23%, причем более 55% рынка приходится на кокосовые и миндальные напитки [7].

Согласно исследованиям, более 65% потребителей в последние годы сталкиваются с проблемой непереносимости лактозы или стремятся сократить потребление продуктов животного происхождения. Это создает огромный потенциал для продукции, которая предлагает натуральные альтернативы традиционным молочным продуктам, в частности молочным соусам (например, соусу бешамель) [8].

Безлактозный низкокалорийный кокосовый соус из натуральных ингредиентов без искусственных добавок активно завоёвывает рынок здорового питания, сохраняя отличный вкус и текстуру.

Целью данной работы является квалиметрическое прогнозирование качества соуса на растительном напитке на основе технологии развертывания функций качества (QFD).

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- Выявить и проранжировать потребительские требования к соусам на кокосовом напитке методами экспертных оценок.
- Сформировать матрицу взаимосвязей между потребительскими и техническими характеристиками соусов на кокосовом напитке.
- Рассчитать абсолютную и относительную важность технических параметров, определить их целевые значения.

Одним из ключевых этапов построения «Дома качества» (Quality Function Deployment, QFD) является выявление и структурирование требований потребителя, а также определение степени их важности. Именно на этом этапе формируется «голос потребителя» (Voice of the Customer, VOC), который в дальнейшем преобразуется в технические характеристики продукта [9].

Требования потребителя представляют собой совокупность свойств и характеристик продукции, которые, с точки зрения покупателя, определяют её ценность и привлекательность. Для соуса на основе кокосового напитка такими требованиями являются органолептические показатели (вкус, запах, консистенция), состав (отсутствие консервантов, безопасность), пищевая ценность (низкая калорийность, содержание белка), экономические показатели (цена) и срок годности.

При проведении ранжирования требований потребителя применялись методы «голосования» и матричного анализа.

При проведении метода «голосования» использовалась 5-балльная шкала Ликерта, где:

• 5 баллов – очень важно (критическое требование);
• 4 балла – важно (значительное требование);
• 3 балла – средне важно (желательное требование);
• 2 балла – маловажно (незначительное требование);
• 1 балл – совсем не важно (не влияет на выбор потребителя).

После получения оценок вычисляется средний арифметический балл для каждого требования, который затем нормируется для использования в матрице «Дома качества». Результаты проведенного ранжирования представлены на рисунке 1.

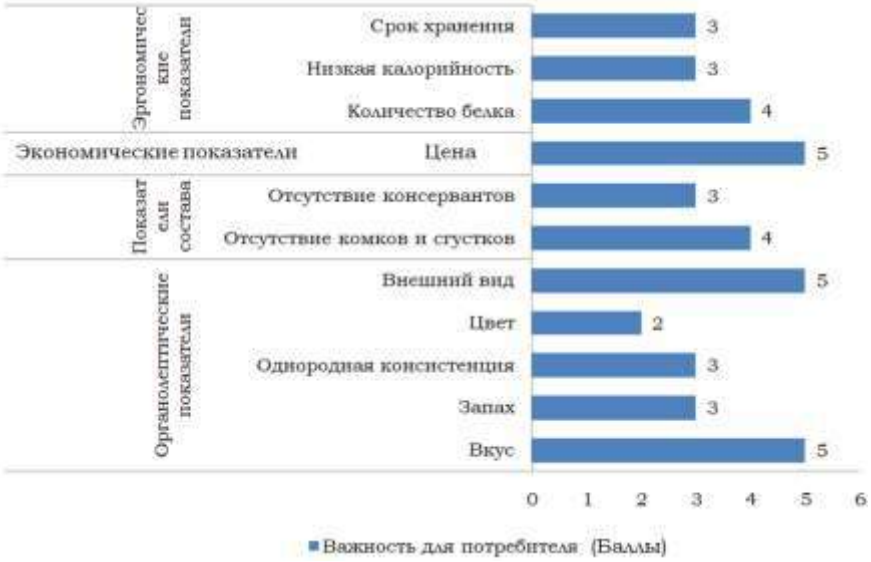


Рис.1 . Ранжирование показателей потребительских предпочтений

По результатам ранжирования требований потребителей установлено, что наибольшее значение для целевой аудитории имеют вкус, внешний вид продукта и его цена.

Далее на основе нормативно-технических документов были определены органолептические показатели качества (Таблица 1) и физико-химические показатели качества соуса на основе кокосового напитка (посторонние примеси, в том числе примеси растительного происхождения, влагосвязывающая способность, стойкость эмульсии, вязкость, кислотность, массовые доли: сухих веществ, влаги, хлоридов, белка, жира, минеральных примесей).

Таблица 1

Органолептические показатели соуса на растительном напитке

Наименование показателя	**Характеристика показателя**
Внешний вид	Однородный, блестящий, без комков, характерного цвета, без посторонних примесей, плесени и признаков порчи.
Цвет	Однородный, молочно-белый или кремовый, соответствующий рецептуре
Консистенция	Нежная густая, равномерная, легко удерживается на ложке.
Запах	Очень приятный, ярковыраженный аромат кокоса, свойственный рецептуре
Вкус	Нежный, сбалансированный вкус кокоса, свойственный рецептуре
Посторонние включения	не допускаются

На основе установленных физико-химических показателей формируются количественно измеряемые показатели качества, которые позволяют объективно оценить соответствие продукции потребительским требованиям и обеспечить её контролируемость на всех этапах производства (Таблица 2).Данные показатели будут использованы в качестве технических характеристик при построении матрицы «Дома качества», где для каждого из них будет установлена степень влияния на удовлетворение потребительских требований, а также определены целевые значения для обеспечения конкурентоспособности разрабатываемого соуса [8]. Построение матрицы взаимосвязи и оценка сложности реализации требований является центральным в методологии QFD. Именно здесь устанавливаются причинно-следственные связи между тем, что хочет потребитель (голос потребителя), и тем, что может обеспечить производитель (технические характеристики продукции). Для построения матрицы взаимосвязи применяются силы связей между показателями, при этом используются условные обозначения, представленные на рис. 2. Матрица взаимосвязей представлена в таблице 4.

На основе построенной матрицы взаимосвязей установлено, что наиболее сильное влияние на удовлетворение потребительских требований оказывают такие технические характеристики, как массовая доля сухих веществ, массовая доля хлоридов, количество растительного напитка и количество муки. Именно эти показатели имеют наибольшее количество сильных положительных связей с ключевыми потребительскими требованиями.

Таблица 2

Количественно измеряемые показатели

Категории и подкатегории			**Показатели**
Количественно измеряемые показатели	Показатели состава	Содержание основных макронутриентов	Массовая доля сухих веществ
			Массовая доля хлоридов
			Массовая минеральных примесей
			Массовая доля жира
			Массовая доля влаги
		Содержание добавок	Количество рецептурных компонентов
			Количество консервантов
			Количество ароматизаторов
			Количество красителей
			Количество растительного напитка
			Количество муки
	Энергетические показатели		Энергетическая ценность
	Физико-химические показатели		Кислотность
			Стойкость эмульсии, процент неразрушенной эмульсии
			Вязкость
			Влагосвязывающая способность
	Показатели хранимоспособности		Срок годности
	Экономические показатели		Цена продукта

В матрице также выявлены отрицательные связи, отражающие технологические компромиссы. В частности, массовая доля жира отрицательно коррелирует с требованием низкой калорийности, а увеличение срока хранения вступает в противоречие с требованием отсутствия консервантов [10].

Обозначение силы связи в матрице отношений		
Графическое изображение	Словесное описание силы связи	Вес силы связи, C_i
●	сильная связь	9
○	средняя связь	3
Δ	слабая связь	1
Обозначение связи в двух корреляционных матрицах: количественно измеряемых показателей и показателей потребительских предпочтений		
Графическое изображение	Словесное описание силы связи	
●	Сильная положительная корреляция	
■	Сильная отрицательная корреляция	
○	Слабая положительная корреляция	
□	Слабая отрицательная корреляция	

Рис. 2. Обозначение силы связи

Далее определяли значения технических характеристик на основе расчетов абсолютной и относительной важности каждой из технической характеристик продукции. Абсолютный вес показателей определяли по формуле (1).

Таблица 4

Матрица взаимосвязей

Показатели качества / Потребительские предпочтения	Важность для потребителя	Массовая доля сухих веществ	Массовая доля хлоридов	Массовая доля белка	Массовая доля жира	Массовая доля влаги	Количество консервантов	Количество ароматизаторов	Количество красителей	Количество растительного напитка	Количество муки	Энергетическая ценность	Кислотность	Стойкость эмульсии	Вязкость	Влагосвязывающая способность	Срок годности п	Цена продукта
Вкус	5	○	●	Δ	●	○		○		●	●		●	○	○			
Запах	3			○	○			●		○								
Однородная консистенция	3	●	Δ	○	●	●				●	●		○	○	●			
Цвет	2	Δ		○	○	Δ			●	○	Δ			Δ				
Внешний вид	5	Δ			Δ	Δ			●	Δ	Δ			○	○	Δ		
Отсутствие комков и сгустков	4	○		Δ	Δ	○				Δ	●		Δ	○	●	○	Δ	
Отсутствие консервантов	3						●						○				●	
Цена	5			○	○					●	●							●
Количество белка	4	○		●						●	●	○	○	○				○
Низкая калорийность	3	○		●	●	Δ				●	○	●	Δ		Δ			○
Срок хранения	3	○			○	○	●						○	Δ	Δ	Δ	●	○

Произведенные расчеты представлены в таблице 5.

$$АВ_i = \sum_{j=1}^{j}(В_m \cdot С_{ki}) \quad (1)$$

где $АВ_i$ – абсолютный вес i-го количественного измеряемого показателя качества; $В_m$ – важность показателя потребительских предпочтений; $С_{ki}$ – вес силы связи между k-м показателем потребительских предпочтений и i-м количественно измеряемым показателем качества.

Относительный вес количественно измеряемых показателей качества определяется по формуле (2).

$$ОВ_i = \frac{(100 \cdot АВ_i)}{\sum_{j=1}^{j} АВ_i} \quad (2)$$

где $ОВ_i$ – относительный вес i-го количественного измеряемого показателя качества; $\sum_{j=1}^{j} АВ_i$– сумма всех $АВ_i$. Произведены расчёты абсолютной и относительной важности технических характеристик, на основе которых определены приоритетные направления для улучшения продукта.

Таблица 5

Расчеты абсолютного и относительного веса

	Вкус	Запах	Однородная консистенция	Цвет	Внешний вид	Отсутствие комков и сгустков	Отсутствие консервантов	Цена	Количество белка	Низкая калорийность	Срок хранения	ABi	OBi
Важность	5	3	3	2	5	4	3	5	4	3	3		
Массовая доля сухих веществ	15	0	45	5	5	15	0	0	15	15	15	130	7
Массовая доля хлоридов	45	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	50	3
Массовая доля белка	5	15	15	15	0	5	0	15	45	45	0	160	8
Массовая доля жира	45	15	45	15	5	5	0	15	0	45	15	205	10
Массовая доля влаги	15	0	45	5	5	15	0	0	0	5	15	105	5
Количество консервантов	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	45	90	5
Количество ароматизаторов	15	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	3
Количество красителей	0	0	0	45	45	0	0	0	0	0	0	90	5
Количество раст. напитка	45	15	45	15	5	5	0	45	45	45	0	265	13
Количество муки	45	0	45	5	5	45	0	45	45	15	0	250	13
Энергетическая ценность	0	0	0	0	0	0	0	0	15	45	0	60	3
Кислотность	45	0	15	0	0	5	15	0	15	5	15	115	6
Стойкость эмульсии	15	0	15	5	15	15	0	0	15	0	5	85	4
Вязкость	15	0	45	0	15	45	0	0	0	5	5	130	7
Влагосвязывающая способность	0	0	0	0	5	15	0	0	0	0	5	25	1
Срок годности	0	0	0	0	0	5	45	0	0	0	45	95	5
Цена продукта	0	0	0	0	0	0	0	45	15	15	15	90	5
Итого												2005	

Завершающим этапом квалиметрического прогнозирования был рассчет интегрального показателя качества (ИПК) соуса на основе кокосового напитка. Для расчета ИПК применили взвешенный суммирующий метод, где каждый параметр имеет свой коэффициент важности. На основе ранжирования потребительских требований были распределены коэффициенты весомости, которые представлены на рисунке 3. На основании расчета соус на основе кокосового напитка имеет высокий ИПК, равный - 0,9008, что соответствует оценке «отлично». На основании данных таблиц 1-7 получаем "Дом качества" (рис. 4).

Применение инструмента «Дом качества» для соуса с использованием растительного напитка позволит систематизировать и оптимизировать контроль на всех этапах производства, что напрямую повлияет на укрепление доверия покупателей и гарантирует выпуск продукта, полностью соответствующего актуальным нормам безопасности и пищевой ценности. Следовательно, разработанный соус на кокосовом напитке с низкой калорийностью и отсутствием лактозы не только вписывается в глобальные тренды правильного питания, но и обладает высокими шансами на стабильный спрос и конкурентоспособность на рынке.

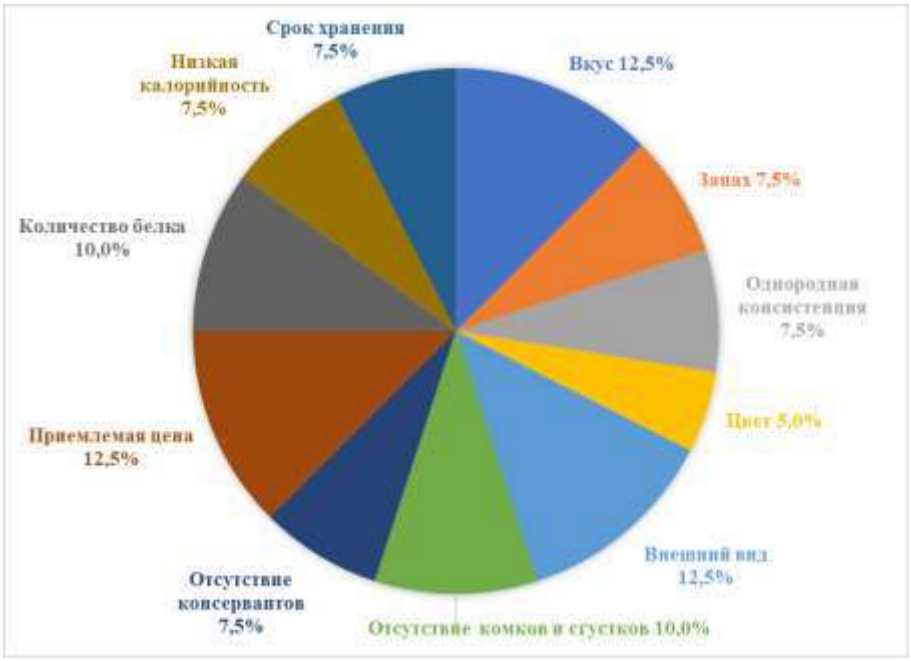


Рис.3. Распределение коэффициента весомости

Построена матрица взаимосвязей между потребительскими и техническими требованиями, выявлены наиболее влиятельные технические характеристики (массовая доля сухих веществ, массовая доля хлоридов, количество растительного напитка и количество муки), а также установлены технологические компромиссы (отрицательная корреляция между массовой долей жира и низкой калорийностью, между сроком хранения и отсутствием консервантов).

Применение квалиметрического прогнозирования при разработке соусов на основе растительных заменителей молока представляет собой актуальное направление пищевой индустрии, позволяющее объективно оценивать качество продукции и оптимизировать её ключевые параметры.

Данный инструмент оценки качества продукции предоставляет возможность измерить в числовой форме достигнутый результат, учитывая характеристики и свойства продукта, а также обосновать результаты объективностью анализируемых

параметров, так как они поддаются точной количественной оценке объективными инструментальными методами исследования [11].

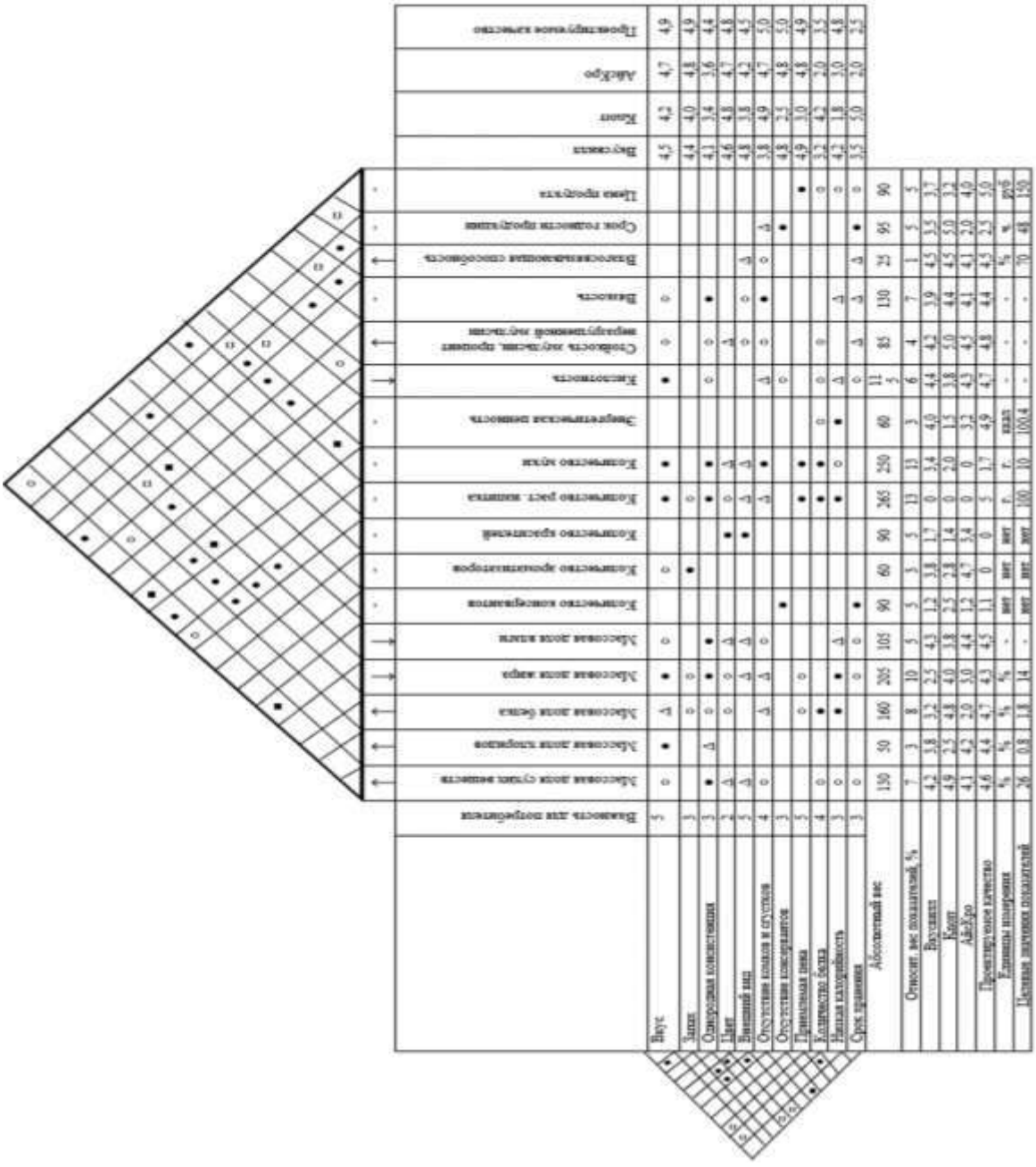


Рис. 4. "Дом качества"

ЛИТЕРАТУРА

1. Корпачева С.М., Рогова О.В., Утенева А.С. Технологические аспекты получения соуса на основе ферментированного овсяного молока // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2025. – № 4(93). – С. 9-16. – DOI 10.33979/2219- 8466-2025-93-4-9-16.

2. Гутникова О.Н. Функциональные растительные напитки как заменители молока: современное состояние производства, особенности потребительского

спроса // Вестник КрасГАУ. 2024. № 10. С. 160–171. DOI 10.36718/1819-4036-2024-10-160-171.

3. Медведев О.С., Медведева Н.А. Растительные заменители молока: особенности, преимущества, использование в питании// Вопросы диетологии. – 2018. - Т. 8, № 1. - С. 52-58. DOI 10.20953/2224-5448-2018-1-52-58

4. Aschemann-Witzel J, Gantriis RF, Fraga P, Perez-Cueto FJ. Plant-based food and protein trend from a business perspective: markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future // Crit Rev FoodSci Nutr. – 2021. – № 61(31). – С. 19–28. – DOI 10.1080/10408398.2020.1793730

5. Onning G, Akesson B, Oste R, Lundquist I. Effects of Consumption of Oat Milk, Soya Milk, or Cow's Milk on Plasma Lipids and Antioxidative Capacity in Healthy Subjects // G Onning et al. Ann Nutr Metab. – 1998. – № 42(4). – С. 211-220. – DOI 10.1159/000012736.

6. Ashkanani R. A Comparative Study of the Use of Cow's Milk and Plant-Based Alternatives Such as Almond Milk and Oat Milk on Diabetic Rats // International Journal of Food Sciences. – 2023. – № 6(1) – С. 50-64. – DOI 10.47604/ijf.2212

7. Растительное молоко: полезно или нет? URL: https://42.rospotrebnadzor.ru/content/885/120684

8. Состояние рынка альтернативных молочных продуктов в России. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-rynka-alternativnyh-molochnyh-produktov-v-rossii

9. Оценка уровня качества продукции. URL: https://sergeeva-i.narod.ru/quality/page3318.html

10. Развертывание функции качества при проектировании пищевых продуктов. URL: https://alternativa-sar.ru/tehnologu/kontrol-kachestva-produktsii/dunchenko-yankovskaya-pravlenie-kachestvom/2760-3-3-razvjortyvanie-funktsii-kachestva-pri-proektirovanii-pishchevykh-produktov

11. Корпачева С. М., Рогова О.В., Антипин С.Д. Квалиметрическое прогнозирование качества мучных блюд с использованием растительных заменителей молока // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2024. – Т. 86, № 3. – С. 59–66.

REFERENCE

1. Korpacheva S.M., Rogova O.V., Uteneva A.S. Technological aspects of obtaining a sauce based on fermented oat milk // Technology and commodity science of innovative food products. - 2025. - No. 4 (93). - Pp. 9-16. - DOI 10.33979 / 2219- 8466-2025-93-4-9-16.

2. Gutnikova O.N. Functional plant-based drinks as milk substitutes: current state of production, features of consumer demand // Bulletin of KrasSAU. 2024. No. 10. Pp. 160-171. DOI 10.36718/1819-4036-2024-10-160-171.

3. Medvedev O.S., Medvedeva N.A. Plant-based milk substitutes: features, benefits, and nutritional uses// Questions of Dietetics. – 2018. - Vol. 8, No. 1. - P. 52-58. DOI 10.20953/2224-5448-2018-1-52-58

4. Aschemann-Witzel J, Gantriis RF, Fraga P, Perez-Cueto FJ. Plant-based food and protein trend from a business perspective: markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future // Crit Rev FoodSci Nutr. – 2021. – № 61(31). – С. 19–28. – DOI 10.1080/10408398.2020.1793730

5. Onning G, Akesson B, Oste R, Lundquist I. Effects of Consumption of Oat Milk, Soya Milk, or Cow's Milk on Plasma Lipids and Antioxidative Capacity in Healthy Subjects // G Onning et al. Ann Nutr Metab. – 1998. – № 42(4). – С. 211-220. – DOI 10.1159/000012736.

6. Ashkanani R. A Comparative Study of the Use of Cow's Milk and Plant-Based Alternatives Such as Almond Milk and Oat Milk on Diabetic Rats // International Journal of Food Sciences. – 2023. – № 6(1) – С. 50-64. – DOI 10.47604/ijf.2212

7. Plant-Based Milk: Healthy or Not? URL: https://42.rospotrebnadzor.ru/content/885/120684

8. The State of the Alternative Dairy Products Market in Russia. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-rynka-alternativnyh-molochnyh-produktov-v-rossii

9. Product Quality Assessment. URL: https://sergeeva-i.narod.ru/quality/page3318.html

10. Quality Function Deployment in Food Product Design. URL: https://alternativa-sar.ru/tehnologu/kontrol-kachestva-produktsii/dunchenko-yankovskaya-pravlenie-kachestvom/2760-3-3-razvjortyvanie-funktsii-kachestva-pri-proektirovanii-pishchevykh-produktov

11. Korpacheva S. M., Rogova O. V., Antipin S. D. Qualimetric forecasting of the quality of flour dishes using plant-based milk substitutes // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2024. - Vol. 86, No. 3. - P. 59-66.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 637.5:577.15 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-197-204

Современные аспекты использования ферментов в технологии мясных продуктов

Modern aspects of using enzymes in meat product technology

Доцент И.А. Трубина, профессор О.В. Сычева, доцент С.Н. Шлыков, доцент Е.А. Скорбина, доцент Р.С. Омаров
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ
olga-sycheva@mail.ru

Associate Professor I. A. Trubina, Professor O. V. Sycheva, Associate Professor S. N. Shlykov, Associate Professor E. A. Skorbina, Associate Professor R. S. Omarov
Stavropol State Agrarian University
olga-sycheva@mail.ru

Аннотация: ферменты в производстве мясных продуктов играют важную роль в улучшении качества, вкуса и текстуры конечного продукта. Известно, что ферменты - это биологические катализаторы, которые ускоряют химические реакции, помогая разложить сложные белки, жиры и другие компоненты мяса. К основным преимуществам использования ферментов в технологии мяса и мясных продуктов можно отнести: улучшение текстуры мяса, делая его более нежным и легко разжёвываемым; повышение сочности и вкусовых качеств продукта; сокращение времени маринования и обработки мяса; улучшение цвета и внешнего вида. Рассмотрены современные аспекты применения ферментных препаратов в мясной промышленности. Представлена классификация основных ферментов, используемых для тендеризации мяса (папаин, бромелайн, фицин), а также ферментов для структурирования (трансглютаминаза) и улучшения вкусо-ароматических характеристик (липазы, протеазы). На основе анализа нормативной документации и данных научной литературы обоснованы оптимальные дозировки и режимы ферментативной обработки мясного сырья. Разработана рецептура ферментированного мясного продукта и представлены результаты оценки его органолептических, физико-химических и структурно-механических показателей. Показано, что применение папаина в дозировке 1-2 г на 1 кг мяса обеспечивает оптимальную степень размягчения без чрезмерного гидролиза белков. Установлено, что использование ферментов позволяет сократить время технологической обработки на 30-40% и повысить потребительские свойства готового продукта. Подтверждена целесообразность использования ферментов в производстве мясных продуктов и полуфабрикатов, что позволяет получить продукт с улучшенными потребительскими свойствами: нежной сочной консистенцией, насыщенным вкусом и привлекательным внешним видом.

Abstract. Enzymes in the production of meat products play an important role in improving the quality, taste, and texture of the final product. Enzymes are known to be biological catalysts that accelerate chemical reactions, helping to break down complex proteins, fats, and other components of meat. The main benefits of using enzymes in meat and meat product technology include: improving the texture of meat, making it more tender and easy to chew; enhancing the juiciness and flavor of the product; reducing the time required for marinating and processing meat; and improving the color and appearance of the product. This article explores the current applications of enzyme preparations in the meat industry. The article presents a classification of the main enzymes used for meat tenderization (papain, bromelain, and ficin), as well as enzymes for structuring (transglutaminase) and improving the taste and aroma characteristics (lipases and proteases). Based on the analysis of regulatory documentation and scientific literature data, the optimal dosages and modes of enzymatic processing of meat raw materials have been substantiated. The formulation of a fermented meat product has been developed, and the results of assessing its organoleptic, physical-chemical, and structural-mechanical properties have been presented. It has been shown that the use of papain at a dosage of 1-2 g per 1 kg of meat ensures an optimal degree of softening without excessive protein hydrolysis. It has been established that the use of enzymes reduces the processing time by 30-40% and improves the consumer properties of the finished product. The use of enzymes in the production of

© И.А. Трубина, О.В. Сычева, С.Н. Шлыков, Е.А. Скорбина, Р.С. Омаров, 2026

meat products and semi-finished products has been confirmed, which allows for the production of products with improved consumer properties: a delicate, juicy texture, rich flavor, and attractive appearance.

Ключевые слова: ферменты, папаин, бромелайн, трансглютаминаза, тендеризация мяса, мясные продукты, протеолиз, ферментация.

Keywords: enzymes, papain, bromelain, transglutaminase, meat tenderization, meat products, proteolysis, fermentation.

Мясная индустрия является производителем дорогостоящих видов продуктов и более чем другие нуждается в создании способов, позволяющих максимально долго сохранять продукцию качественной и безопасной. Производство мясных изделий и мясопродуктов характеризуется дефицитом сырьевого обеспечения, а также ухудшением показателей качества мясного сырья. При этом ситуация ставит новые задачи по повышению качества и расширению ассортимента готовой продукции [1].

В современной мясоперерабатывающей промышленности одной из актуальных задач является повышение качества готовой продукции при одновременной оптимизации технологических процессов. Ферменты как биологические катализаторы белковой природы играют ключевую роль в решении этой задачи, обеспечивая направленную модификацию структурных компонентов мясного сырья [2, 3].

Ферменты представляют собой биологические катализаторы, которые ускоряют химические реакции, способствуя расщеплению сложных белков, жиров и других компонентов мяса. Основными преимуществами использования ферментов в технологии мяса и мясных продуктов являются: улучшение текстуры мяса с повышением его нежности и разжевываемости; повышение сочности и вкусовых качеств; сокращение времени маринования и технологической обработки; улучшение цвета и внешнего вида готовой продукции [3]. Поэтому ферментная обработка считается перспективным способом снижения жесткости мясного сырья. При этом ферментативная модификация мясного сырья известна с древних времен, однако промышленное применение ферментных препаратов началось в XX веке с развитием биотехнологии. В настоящее время ассортимент ферментных препаратов, разрешенных для применения в пищевой промышленности, постоянно расширяется, что открывает новые возможности для создания продуктов с заданными функционально-технологическими свойствами [4]. В частности, доказано, что использование ферментных препаратов, содержащих протеиназу, при посоле способствует повышению технологических свойств исходного сырья. Это связано с тем, что активность протеазы в наибольшей степени проявляется при значениях pH, близких к кислотности мяса, в сочетании с высокой активностью эндогенных ферментных систем мяса (катепсинов и кальпаинов). Показано, что применение биотехнологических методов способствует интенсификации технологических процессов и улучшению таких показателей мясных продуктов, как нежность, сочность, вкус и аромат, что открывает возможности для расширения ассортимента и увеличения выпуска солёных изделий [5].

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» в мясной промышленности разрешены ферментные препараты животного, растительного и микробного происхождения. Для каждого фермента установлены максимальные уровни применения, а также требования к остаточной активности в готовом продукте.

К числу ферментов растительного происхождения относятся: папаин - протеолитический фермент, получаемый из млечного сока незрелых плодов папайи (Carica papaya), бромелайн - фермент, извлекаемый из стеблей и плодов ананаса (Ananas comosus) и фицин - протеаза, выделяемая из листьев и плодов инжира (Ficus carica). Папаин обладает широкой субстратной специфичностью, активно гидролизует коллаген, эластин и миофибриллярные белки, оптимум действия при pH 5,0-7,0 и температуре 60-80°C [6, 7]. Бромелайн проявляет протеолитическую активность в широком диапазоне pH (3,0-8,0), эффективен для тендеризации мяса [6, 8]. Фицин активен при pH 5,0-8,0, используется для размягчения мяса и в пивоварении [6, 9].

Из ферментов животного происхождения наиболее применяемыми являются: химозин (реннин) и пепсин - протеазы желудочного сока свиней и крупного рогатого скота, они используются в составе ферментных препаратов для свертывания молока в сыроделии, а также для гидролиза белков в различных технологических целях [10]. Также популярен трипсин - фермент поджелудочной железы, проявляющий активность при pH 7,0-9,0 [11].

Среди ферментов микробного происхождения выделяется трансглютаминаза - фермент, катализирующий образование поперечных связей между белковыми молекулами, который широко используется для склеивания мясных кусков и улучшения структуры ветчины [12, 13].

В мясном сырье основными субстратами для протеаз являются соединительно-тканные (коллаген, эластин) и миофибриллярные белки (актин, миозин, тропомиозин), которые формируют каркас мышечной ткани, определяют структуру и сократительную способность мышечных волокон и ответственны за жесткость мяса. Протеолитические ферменты (протеазы) катализируют гидролиз пептидных связей в белковых молекулах. Применение экзогенных протеаз позволяет ускорить естественные процессы созревания мяса и обеспечить более равномерную тендеризацию. Однако чрезмерная ферментативная обработка может привести к нежелательным последствиям: размягчению структуры, потере сочности, появлению горького привкуса из-за накопления низкомолекулярных пептидов [14].

Цель настоящей работы - разработка рецептуры и технологии ферментированного мясного продукта с использованием протеолитического фермента папаин, а также оценка его органолептических, физико-химических и структурно-механических показателей.

Объектами исследования в данной работе были следующие виды сырья и ингредиентов:

Говядина (вырезка) - сырье для производства ферментированного продукта

Ферментный препарат «Папаин» (активность 1:3500) - соответствует ТР ТС 029/2012

Поваренная соль (ГОСТ Р 51574-2018)

Специи и пряности (черный перец, чеснок, лук, душистый перец) - по ГОСТ 29050-91

Вода питьевая (ГОСТ Р 51232-98)

Все виды исследований проводились с использованием стандартных и общепринятых методов.

Определение массовой доли влаги - по ГОСТ 33319-2015

Определение массовой доли белка - по ГОСТ 25011-2017 (метод Кьельдаля)

Определение массовой доли жира - по ГОСТ 23042-2015

Определение массовой доли поваренной соли - по ГОСТ Р 51480-99

Определение pH - потенциометрическим методом (ГОСТ 32031-2012)

Определение активности воды (aw) - гигрометрическим методом

Органолептическая оценка - по ГОСТ 9959-2015 (5-балльная шкала)

Определение структурно-механических показателей - на универсальной испытательной машине Instron 3342.

На основании анализа литературных данных и проведенных экспериментальных исследований была разработана рецептура мясного продукта с использованием фермента папаина. Оптимальное соотношение компонентов представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Рецептура мясного ферментированного продукта

Наименование компонента	Количество
Свежее мясо (говядина)	1000 г
Фермент папаин	1-2 г
Соль поваренная	10 г
Специи (черный перец, чеснок, лук, душистый перец)	по вкусу
Вода для маринада	200 мл

Дозировка папаина (1-2 г на 1 кг мяса) установлена экспериментально и обеспечивает оптимальную степень протеолиза. Увеличение концентрации фермента (>2,5 г/кг) приводит к появлению горького привкуса, снижение (<1 г/кг) - к недостаточной тендеризации.

Технологический процесс производства мясного ферментированного продукта включает следующие стадии (рис. 1):

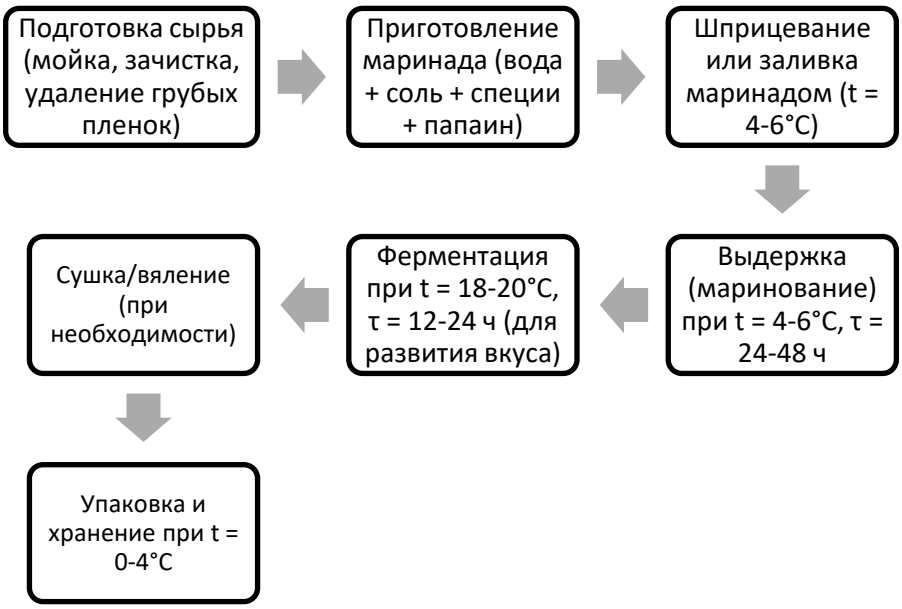


Рис. 1. Технологическая схема производства мясного ферментированного продукта

Результаты органолептической оценки разработанного продукта представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Органолептические показатели мясного ферментированного продукта

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая, без слизи и плесени. Допускается легкое побеление (высол) или наличие молотых специй
Цвет	От светло-красного до тёмно-бордового (на разрезе – однородный, без серых пятен)
Запах	Свойственный ферментированной говядине, с пряным ароматом специй, без затхлости и посторонних тонов
Вкус	Умеренно солёный, слегка кисловатый (продукт ферментации), с выраженным мясным вкусом и оттенком специй
Консистенция	Упругая, плотная, слегка влажная. При разжёвывании – нежная (благодаря папаину), без излишней сухости

Физико-химические показатели разработанного продукта представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Физико-химические показатели мясного ферментированного продукта

Показатель	Норма / значение
Массовая доля влаги, % не более	50-65
Массовая доля белка, % не менее	25
Массовая доля жира, % не более	15-20
Массовая доля поваренной соли, %	3,0-6,0
Активность воды (aw)	0,85-0,90
pH	5,2-5,8
Остаточная активность папаина	не нормируется*

Показатель pH 5,2-5,8 отражает подкисление продукта в результате ферментации, что способствует подавлению роста патогенной микрофлоры и улучшению органолептических свойств.

В таблице 4 представлены структурно-механические характеристики разработанного продукта.

Таблица 4.

Структурно-механические показатели мясного ферментированного продукта

Показатель	Значение	Примечание
Модуль упругости, МПа	15-25	Показывает степень упругости мяса (зависит от режима обработки и вида фермента)
Степень разрывной нагрузки, Н	3-7	Указывает на прочность структурных связей (зависит от времени выдержки и концентрации фермента)
Удельная плотность, г/см³	1,0-1,15	Влияет на консистенцию и текстуру
Время разрушения при сжатии, с	20-50	Характеризует жесткость мяса (зависит от ферментативной обработки)
Влажность после обработки, %	50-65	Умеренное содержание влаги для сочности
Средний размер клеточных структур, мкм	50-100	Связано со степенью размягчения

Проведенные исследования по изучению влияния ферментативной обработки на качество продукта подтвердили эффективность использования папаина для

тендеризации говядины. При соблюдении оптимальных параметров (дозировка 1-2 г/кг, температура 4-6°С, время выдержки 24-48 часов) достигается значительное улучшение нежности и сочности готового продукта без нежелательных органолептических изменений. Установлено, что ферментативная обработка способствует:

- улучшению текстуры - модуль упругости снижается на 25-30% по сравнению с контрольными образцами;
- повышению сочности - влагоудерживающая способность увеличивается на 15-20%;
- развитию вкуса - за счет высвобождения свободных аминокислот и пептидов.

Сравнительный анализ с традиционными методами тендеризации (механическое разрыхление, длительное созревание) показывает, что ферментативная обработка позволяет сократить время технологического цикла на 30-40% при сопоставимых органолептических характеристиках.

Особого внимания заслуживает контроль дозировки фермента и времени выдержки. При концентрации папаина выше 2,5 г/кг наблюдается избыточный гидролиз белков, приводящий к: размягчению структуры до кашеобразной консистенции, появлению горького привкуса (накопление низкомолекулярных пептидов), а также потере способности к нарезке. При недостаточной дозировке (<1 г/кг) эффект тендеризации не достигается, продукт остается жестким.

Анализ патентной и научной литературы показывает, что предлагаемая рецептура и технология имеют ряд преимуществ по сравнению с известными решениями [16]. В отличие от способов, предусматривающих использование многокомпонентных ферментных смесей или длительных (48-72 часа) режимов обработки [12], разработанная технология характеризуется: оптимальной дозировкой папаина (1-2 г/кг), сокращенным временем технологической обработки (24-48 ч), возможностью комбинирования с различными видами специй.

На основании анализа литературных данных и экспериментальных исследований обоснована эффективность использования ферментного препарата папаин для производства мясных ферментированных продуктов. Установлена оптимальная дозировка папаина - 1-2 г на 1 кг мясного сырья.

Разработана рецептура мясного ферментированного продукта и технологическая схема его производства, включающая стадии подготовки сырья, маринования, ферментации и сушки. Установлены физико-химические показатели продукта: массовая доля белка - не менее 25%, массовая доля жира - 15-20%, pH – (5,2-5,8), что соответствует требованиям безопасности.

Показано, что структурно-механические показатели подтверждают эффективность ферментативной обработки: модуль упругости составляет 15-25 МПа, степень разрывной нагрузки - 3-7 Н. Органолептические характеристики готового продукта: нежная упругая консистенция, выраженный мясной вкус с пряным ароматом, равномерный цвет на разрезе – полностью подтверждают целесообразность проведения ферментативной обработки.

Таким образом, подтверждена целесообразность использования ферментов в производстве мясных продуктов и полуфабрикатов с целью получения продуктов с улучшенными потребительскими свойствами: нежной сочной консистенцией, насыщенным вкусом и привлекательным внешним видом, а также при этом сократить время технологической обработки на 30-40%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев Д. И., Кияшко Н. В. Использование ферментов в переработке мяса // Инновации молодых - развитию сельского хозяйства : Материалы 57 Всероссийской научной студенческой конференции. В 3-х частях. – Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 300-303.

2. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Федотова Г. В. Инновационные технологии производства мясных продуктов функциональной направленности // Мясная индустрия. – 2023. – № 2. – С. 24-29.

3. Лисицын А. Б., Чернуха И. М. Биотехнология мяса и мясных продуктов. – М.: ДеЛи принт, 2022. – 432 с.

4. Корыстов Д. В., Зинина О. В., Неверова О. П. Использование ферментной обработки для снижения жесткости мясного сырья // Молодежь и наука. – 2021. – № 3. – EDN DBCZZT.

5. Кудряшов Л. С., Кудряшова О. А., Галиева З. А. Технологии копчёно-варёных продуктов из свинины с разным характером автолиза / Л. С. Кудряшов, // Мясная индустрия. – 2024. – № 5. – С. 14-18. – DOI 10.37861/2618-8252-2024-05-14-18.

6. Bhattacharya S., et al. Plant proteases in food processing // Food Chemistry. – 2022. – Vol. 368. – P. 130-142.

7. Доронин А. Ф., Шендеров Б. А. Функциональное питание: современные представления о роли ферментов // Вопросы питания. – 2023. – № 4. – С. 12-18.

8. Sunita Gaikwad S., Mi Jeong Kim M. Bromelain extraction and application in meat processing // Marine Drugs. – 2024. – Vol. 22(2). – P. 60.

9. Kaur H., Singh M., Kaur N. Ficin: properties and applications in food industry // RSC Sustainability. – 2024. – Vol. 2. – P. 2312-2323.

10. Smith E. L., Abbott A. P., Ryder K. S. Transglutaminase in food processing // Chemical Reviews. – 2023. – Vol. 123(8). – P. 4580-4620.

11. Еманов С. Н. Эволюция трансглутаминазы и ее новая альтернатива // Мясная индустрия. – 2023. – № 1. – С. 26-31.

12. Третьякова Е. Н., Кирина И. Б., Нечепорук А .Г. Создание нового вида конкурентоспособного мясного продукта функциональной направленности // Научное обеспечение технологического развития. – 2020. – С. 175-178.

13. Кузнецов И. В. Разработка экструзионного комбинированного мясного продукта функциональной направленности // Пищевая индустрия: инновационные процессы. – М., 2024. – С. 759-762.

14. Сырейщикова С. М., Гарипов М. М. Технологические аспекты разработки мясного продукта функциональной направленности // Актуальные вопросы совершенствования технологии. – Йошкар-Ола, 2024. – С. 261-263.

REFERENCES

1. Ananyev D. I., Kiyashko N. V. The Use of Enzymes in Meat Processing // Innovations of Young People for the Development of Agriculture: Proceedings of the 57th All-Russian Scientific Student Conference. In 3 parts. – Ussuriysk: Primorsky State Agricultural Academy, 2021. – Pp. 300–303.

2. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Fedotova G. V. Innovative Technologies for the Production of Functional Meat Products // Meat Industry. – 2023. – No. 2. – Pp. 24–29.

3. Lisitsyn A. B., Chernukha I. M. Biotechnology of Meat and Meat Products. – Moscow: DeLi Print, 2022. – 432 p.

4. Korystov D. V., Zinina O. V., Neverova O. P. Using enzymatic treatment to reduce the rigidity of meat raw materials // Youth and Science. – 2021. – No. 3. – EDN

DBCZZT.

5. Kudryashov L. S., Kudryashova O. A., Galieva Z. A. Technologies of smoked and boiled pork products with different autolysis characteristics / L. S. Kudryashov, // Meat Industry. – 2024. – No. 5. – Pp. 14–18. – DOI 10.37861/2618-8252-2024-05-14-18.

6. Bhattacharya S., et al. Plant proteases in food processing // Food Chemistry. – 2022. – Vol. 368. – P. 130–142.

7. Doronin A. F., Shenderov B. A. Functional nutrition: modern concepts of the role of enzymes // Nutrition Issues. – 2023. – No. 4. – pp. 12-18.

8. Sunita Gaikwad S., Mi Jeong Kim M. Bromelain extraction and application in meat processing // Marine Drugs. – 2024. – Vol. 22(2). – P. 60.

9. Kaur H., Singh M., Kaur N. Ficin: properties and applications in the food industry // RSC Sustainability. – 2024. – Vol. 2. – P. 2312-2323.

10. Smith E. L., Abbott A. P., Ryder K. S. Transglutaminase in food processing // Chemical Reviews. – 2023. – Vol. 123(8). – P. 4580-4620.

11. Yemanov S. N. Evolution of transglutaminase and its new alternative // The meat industry. – 2023. – No. 1. – pp. 26-31.

12. Tretyakova E. N., Kirina I. B., Necheporuk A.G. Creation of a new type of competitive meat product of functional orientation // Scientific support of technological development. 2020. pp. 175-178.

13. Kuznetsov I. V. Development of an extrusion combined meat product of functional orientation // Food Industry: Innovative Processes. – Moscow, 2024. – Pp. 759–762.

14. Syreyshchikova S. M., Garipov M. M. Technological Aspects of Developing a Functional Meat Product // Current Issues in Improving Technology. – Yoshkar-Ola, 2024. – Pp. 261–263.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 637. 146.3 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-205-211

Технология функционального национального кисломолочного продукта «Суорат»

The technology of the functional national fermented milk product «Suorat»

Профессор Л.И. Елисеева, доцент П.А. Гоголева, доцент К.М. Степанов,
Арктический государственный агротехнологический университет
eliseeva401@mail.ru

Professor L.I. Eliseeva, Associate Professor P.A. Gogoleva, Associate Professor K.M. Stepanov,
Arctic State Agrotechnological University
eliseeva401@mail.ru

Аннотация. В настоящее время требуется увеличение доли потребления экологически чистых, натуральных продуктов, в том числе продуктов функционального назначения, которые характеризуются определенным составом, энергетической ценностью, благоприятно влияют на обмен веществ в организме человека [1,2,4]. Важное место в питании местного населения в условиях Севера занимают якутские национальные молочные продукты. Суорат – якутский национальный кисломолочный продукт, выработанный с использованием смеси молочнокислых микроорганизмов: ацидофильная и болгарская палочки, термофильный стрептококкок (Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus thermophiles), количество которых должна составлять не менее, чем 10^7 в 1 г продукта. Нами выбран суорат с массовой долей 2,5%, белка-3,0%, лактозы -4,7%. В качестве добавки использовали сироп шиповника, так как многие сельскохозяйственные кооперативы имеют цеха по переработке дикорастущих ягод. В Якутии шиповник иглистый (Rosa acicularis Lindl) растет повсеместно в сухих лесах. Используют зрелые плоды. Плоды шиповника содержат кислоту аскорбиновую 0,2-5%, каротиноиды до 10 мг, витамины, флавоноиды, дубильные вещества органические кислоты, пектиновые вещества (до 14%, жирное масло, сахара (до 24%), около 0,9% свободных аминокислот (в основном аспарагиновую). Используют плоды шиповника для приготовления настоев, сиропов, микстуры, витаминных сборах, применяемых при различных заболеваниях, сопровождающихся повышенной потребностью в аскорбиновой кислоте, а также для получения богатых каротиноидами препаратов [3,5]. Использование сиропа из плодов шиповника обогатить суорат ценными компонентами, улучшит вкус и запах продукта, повысит пищевую ценность, а также расширит ассортимент функциональных молочных продуктов.

Annotation. Currently, it is necessary to increase the share of consumption of environmentally friendly, natural products, including functional products, which are characterized by a certain composition, energy value, and have a beneficial effect on metabolism in the human body [1,2,4]. Yakut national dairy products occupy an important place in the nutrition of the local population in the conditions of the North. Suorat is a Yakut national fermented milk product produced using a mixture of lactic acid microorganisms: acidophilus and Bulgarian bacillus, thermophilic streptococcus (Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus thermophiles), the amount of which should be at least 107 per 1 g of the product. We selected suorat with a mass fraction of 2.5%, protein-3.0%, and lactose -4.7%. Rosehip syrup was chosen as an additive, as many agricultural cooperatives have workshops for processing wild berries. In Yakutia, the acicular rosehip (Rosa acicularis Lindl) grows everywhere in dry forests. Mature fruits are used. Rosehip fruits contain ascorbic acid 0.2-5%, carotenoids up to 10 mg, vitamins, flavonoids, tannins, organic acids, pectin substances (up to 14%, fatty oil, sugars (up to 24%), about 0.9% free amino acids (mainly aspartic acid). Rosehip fruits are used to prepare infusions, syrups, potions, vitamin preparations used for various diseases accompanied by an increased need for ascorbic acid, as well as to obtain carotenoid-rich preparations [3,5]. The use of rosehip fruit syrup will enrich the suorat with valuable components, improve the taste and smell of the product, increase the nutritional value, and expand the range of functional dairy products.

© Л.И. Елисеева, П.А. Гоголева, К.М. Степанов, 2026

Ключевые слова: национальный кисломолочный продукт «Суорат», шиповник иглистый, сироп, функциональные продукты.

Keywords: national fermented milk product "Suorat", rosehip, syrup, functional products.

Суорат вырабатывают из коровьего молока путем сквашивания закваскаами прямого внесения, содержащими ацидофильную, болгарскую палочку и термофильные стрептококки (ацидофильная палочка и термофильные стрептококки неслизистой расы). По содержанию жира вырабатывают суорат с массовой долей жира: 3,2%, 2,5%; 1,0% и обезжиренный.

В старину якуты суорат вырабатывали с дикорастущими ягодами, пищевыми травами. Дикорастущие ягоды добавляли в свежем виде, травы (полынь обыкновенная, корневище сусака) - в отварном виде. Использование дикорастущих ягод и пищевых трав в составе кисломолочных продуктов в последние годы возрождается и востребовано на продовольственном рынке.

Цель исследование – разработка технологии функционального национального кисломолочного продукта «Суорат».

Объектами исследования явились молоко коровье цельное и обезжиренное, закваска, плоды шиповника, сироп из плодов шиповника, суорат функциональный.

Содержание пектиновых веществ определяли по ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ». Содержание антоцианов определяли по ГОСТ 32709-2014 «Продукция соковая. Методы определения антоцианов». Содержание сахара определяли по ГОСТ 8756-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров». Содержание полифенольных веществ фотоколориметрическим методом.

Содержание минеральных веществ, витаминов, аминокислот ягод определены в лабораториях ГКУ «Республиканский центр пищевых технологий» (г. Якутск).

Для производства суората использовали молоко сырое коровье по ГОСТ Р 52054-2023, обезжиренное молоко по ГОСТ 31658-2012 «Молоко обезжиренное - сырье. Технические условия». Показатели качества готового продукта определяли по требованиям ТУ 10.51.52-002-93781071-2025 «Национальный кисломолочный продукт суорат».

В таблице 2 приведены содержание углеводов, органических кислот в плодах шиповника.

Таблица 1

Содержание углеводов, органических кислот, пектиновых веществ в плодах шиповника

Наименование	Количество
Сахара, г	22,4
Органические кислоты, г	2,3
Сахаро-кислотный индекс	9,74
Флавоноиды (цианидин), мг	380
Аскорбиновая кислота, мг	650
Антоцианы, мг	92
Пектин, г	2,10
Протопектин, г	1,40
Сумма пектиновых веществ, г	3,50
Процент протопектина, %	40,0

Как видно, содержание углеводов в плодах шиповника оптимальное.

Сахарокислотный индекс – это основной показатель вкусовых качеств (табл. 1). Плоды шиповника оказались умеренно сладкими.

Флавоноиды – это природные фитохимические соединения, которые содержатся в ягодах. Они участвуют во многих процессах, протекающих в организме.

Основное свойство флавоноидов – это антиоксидантное действие, снижают свертываемость крови, уменьшают ломкость и проницаемость капилляров [3,5].

Плоды шиповника содержат цианидин.

Цианидин – это растительный пигмент за ярко-красный цвет плодов шиповника (Rosa acicularis Lindl). Он является антиоксидантом.

В организме человека соединения цианидина укрепляют стенки кровеносных сосудов, снижают их проницаемость и поддерживают здоровье сердечно-сосудистой системы [5].

Антоцианы – это водорастворимые пигменты растений, относятся к фенольным соединениям. Из данных таблицы 2 видно, что плоды шиповника содержат большое количество аскорбиновой кислоты и оптимальное содержание антоцианов.

Аскорбиновая кислота стимулирует иммунитет, ускоряет заживление тканей, укрепляет стенки сосудов, помогает организму справиться с воспалительными процессами, способствует поддержанию упругости кожи, здоровья суставов и связок.

Из данных таблицы 1 видно, что плоды шиповника содержат оптимальное количество пектиновых веществ. Пектин принимает участие в образовании аромата, сохраняет природный цвет и аромат ягод.

В таблице 2 приведен химический состав плодов шиповника.

Таблица 2

Химический состав плодов шиповника

Показатели	Плоды шиповника иглистый
Вода,%	60
Белок,%	1,6
Жир,%	0,7
Углеводы ,%	22,4
Пищевые волокна,%	10,8
Органические кислоты,%	2,3
Зола,%	2,2
Минеральные вещества	
Натрий, мг%	5
Калий, мг%	23
Кальций, мг%	28
Магний, мг%	8
Фосфор, мг%	8
Железо, мкг%	1,3
Витамины	
Каротин, мг%	2600
Ретиноловый эквивалент	434
Токофероловый эквивалент	1,7
Ниациновый эквивалент	0,7
Витамин B_1 (тиамин), мг%	0,05
Витамин B_2 (рибофлавин), мг%	0,13
Витамин С (аскорбиновая кислота), мг%	650
Витамин РР (никотиновая кислота), мг%	0,6
Энергетическая ценность, ккал/кДж	102/430

Данные таблицы 2 подтверждают биологическую ценность плодов шиповника. Плоды шиповника содержат белковые вещества, клетчатку, жир, пищевые волокна, органические кислоты, витамины (каротин, тиамин, рибофлавин, никотиновую кислоту), минеральные вещества (кальций, калий, натрий, фосфор, магний, железо). Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что плоды шиповника богаты биологически активными веществами и востребованы как ценное сырье при разработке пищевых продуктов и ингредиентов для здорового питания. Результаты исследования качества цельного молока приведены в таблицах 3, обезжиренного молока – таблице 4.

Таблица 3

Результаты анализа молока-сырья

Наименование показателя	Норма	Данные анализа
Массовая доля жира, %	3,4	4,0
Массовая доля белка, %, не менее	2,8	3,2
Массовая доля сухих обезжиренных веществ молока (СОМО), %, не менее	8,2	8,6
Кислотность, °Т, не более	21	18
Плотность, кг /м^3, не менее	1027	1028
Чистота, группа, не ниже	II	I
Термоустойчивость, группа, не ниже	IV	II
Температура пастеризованного коровьего молока - сырья при выпуске с предприятия, °С	4±2	4
КМАФАнМ, КОЕ/см^3, не более	1,0·10^5	3,0·10^5
Содержание соматических клеток в 1 см^3, не более	2,5·10^5	2,5·10^5

Молоко сырое по данным исследования соответствует первому сорту по требованиям ГОСТ Р 52054-2023.

Таблица 4

Результаты анализа обезжиренного молока

Наименование показателя	Норма	Данные анализа
Массовая доля жира, %, не более	0,5	0,05
Массовая доля белка, %, не менее	2,8	3,0
Массовая доля сухих обезжиренных веществ молока (СОМО), %, не менее	8,2	8,6
Кислотность, °Т	16-21	18
Плотность, кг/м^3, не менее	1030	1033

С учетом полученных данных (массовой доли жира, сухих веществ в продукте и сырье) разработаны три рецептуры суората с сиропом плодов шиповника (табл.5).

Таблица 5

Рецептура суората

Сырье	Рецептура		
	1	2	3
Молоко цельное с массовой долей жира 4%,	620,5	622	621,9
Молоко обезжиренное с массовой долей жира 0,05%	329,5	278	228,1
Нормализованная молочная смесь до заквашивания	950	900	850
Сироп плодов шиповника с массовой долей сахарозы 62%, с массовой долей сухих веществ 58%	50	100	150
Итого	1000	1000	1000

Для установления оптимального процентного соотношения функционального компонента проведена органолептическая оценка по балльной шкале. По результатам оценки выбрана рецептура 2 (рис.1).

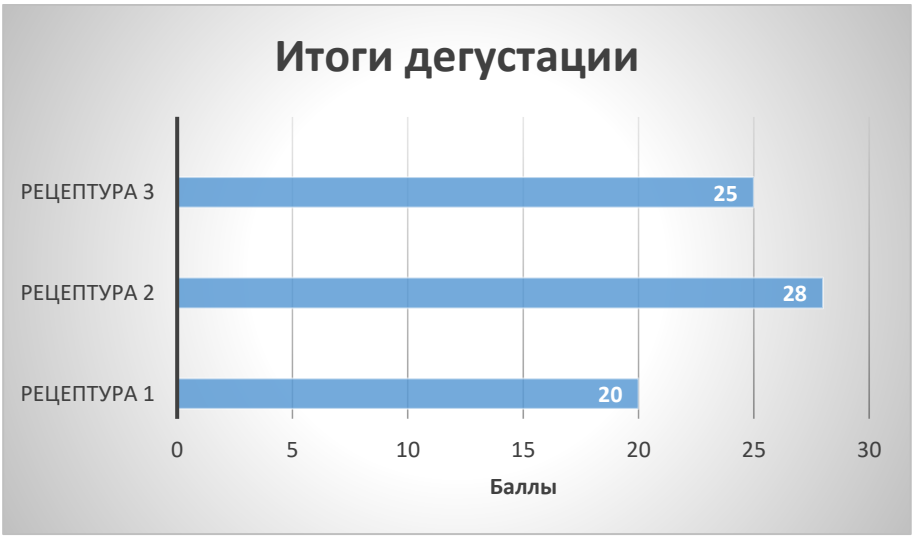


Рис. 1. Органолептическая оценка суората

Разработана технологическая схема производства суората со сиропом из плодов шиповника (рис. 2).

Органолептические и физико-химические показатели суората с сиропом плодов шиповника приведены в таблицах 6,7,8.

Таблица 6

Результаты исследования органолептических показателей суората с сиропом плодов шиповника

Показатель	Характеристика
Консистенция и внешний вид	Однородная, жидкая консистенция с ненарушенным сгустком
Вкус и запах	Характерен привкус шиповника и сладкий вкус, аромат шиповника
Цвет	Обусловлен цветом внесенного сиропа, равномерный по всей массе продукта

Таблица 7

Результаты анализа физико-химических показателей суората

Показатель	Результаты исследования
Массовая доля жира, %	2,5
Массовая доля белка, %	3,0
Кислотность, °Т	90
Фосфатаза	отсутствует
Температура при выпуске с предприятия, °С	4±2

Таблица 8

Результаты исследования микробиологических показателей

Показатель	Значение результатов
КМАФАнМ, КОЕ/см^3(г)	$1 \cdot 10^7$
БГКП (колиформы)	0,1
Патогенные, в том числе сальмонеллы	25
Стафилококки S. aureus	1
Дрожжи (Д), плесени (П),КОЕ/см^3(г)	Д50, П 50

Безопасность продукта оценивали согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов». Суорат не превышает нормы, указанные в данных ТР ТС.

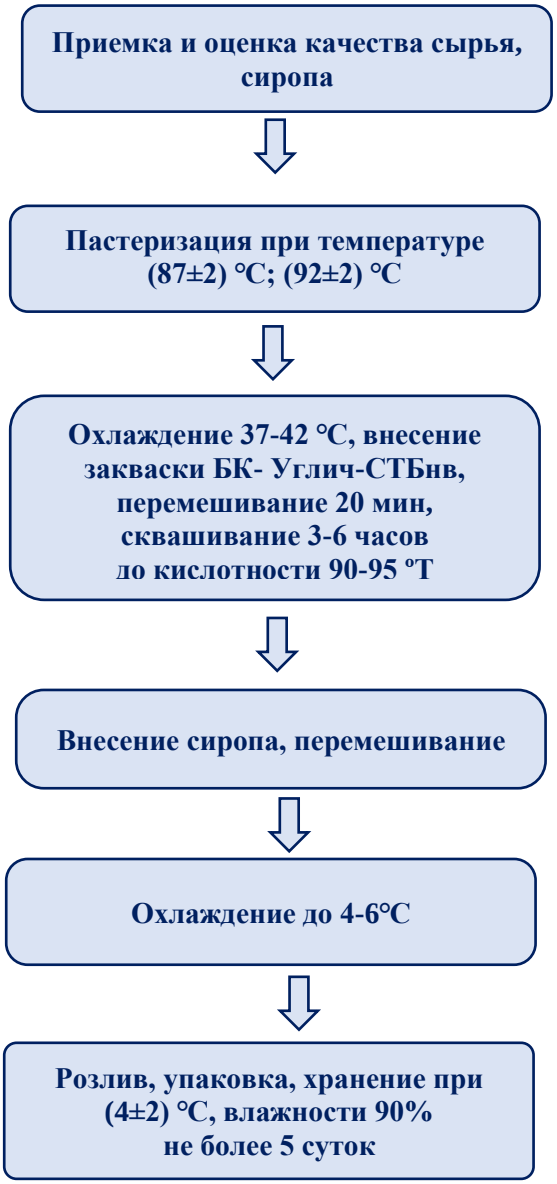


Рис. 2. Технологическая схема производства суората со сиропом

Результаты исследования качества шиповника иглистого (Rosa acicularis Lindl) подтверждают его пищевую и биологическую ценность. Применение шиповника, как ценного наполнителя, обогатил якутский национальный кисломолочный

продукт витаминами, минеральными веществами, углеводами, обогатил вкусовые качества продукта ароматом шиповника и своеобразным вкусом.

Разработана оптимальная рецептура и технология производства, что увеличила ассортимент функциональных продуктов, соответствующих требованиям здорового питания.

Полученный продукт имел однородную консистенцию с ненарушенным сгустком. Характерен привкус шиповника и сладкий вкус. Цвет обусловлен внесенным наполнителем и равномерный по всей массе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галочкина Н.А. Йогурт со спирулины: маркетинговый анализ и технологическая реализация для рынка функциональных продуктов / Н.А. Галочкина [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. -2026. - №1. – С.14-20.

2. Дунченко Н.И. Разработка технологии молочного напитка с растительными наполнителями / Н.И. Дунченко [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 207–214.

3. Семенова В.В., Данилова Н.С., Борисова С.З. [и др.] Лекарственные растения Якутии: сбор, выращивание, рецепты /В.В. Семенова, Н.С. Данилов, С. З. Борисова [и др.] – Якутск: Айар, 2022. – 368 с.

4. Сычева О.В. Творожно-тыквенный десертный продукт для геродиетического питания /О.В. Сычева [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. -2025. - №3. – С.34-40.

5. Химический состав основных пищевых продуктов, используемых в Республике Саха (Якутия): Справочник / А. Ф. Абрамов, К. М. Степанов, У. М. Лебедева [и др.]. – Якутск: СВФУ, 2024. – 190 с. – ISBN 978-5-7513-3798-8. – EDN TCLVOD.

REFERENCES

1. Galochkina N.A. Yogurt from spirulina: marketing analysis and technological implementation for the functional products market / N.A. Galochkina [et al.] // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. -2026. - No. 1. – pp.14-20.

2. Dunchenko N.I. Development of technology for a milk drink with vegetable fillers / N.I. Dunchenko [et al.] // Bulletin of KrasGAU. 2024. № 2. pp. 207-214.

3. Semenova V.V., Danilova N.S., Borisova S.Z. [et al.] Medicinal plants of Yakutia: collection, cultivation, recipes /V.V. Semenova, N.S. Danilov, S. Z. Borisova [et al. Yakutsk: Ayar, 2022. 368 p.

4. Sycheva O.V. Cottage cheese and pumpkin dessert product for herodietic nutrition /O.V. Sycheva [et al.] // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. -2025. - No. 3. – pp.34-40.

5. Chemical composition of the main food products used in the Republic of Sakha (Yakutia): Handbook / A. F. Abramov, K. M. Stepanov, U. M. Lebedeva [et al.]. – Yakutsk: NEFU, 2024. – 190 p. – ISBN 978-5-7513-3798-8. – EDN TCLVOD.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 637.146 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-212-217

Функциональный напиток из пахты

A functional buttermilk drink

Магистрант В.П. Петрова, профессор Л.И. Елисеева, доцент К.М. Степанов
ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»
stenko07@mail.ru

Master's student V.P. Petrova, Professor L.I. Eliseeva, Associate Professor K.M. Stepanov
Arctic State Agrotechnological University
stenko07@mail.ru

Аннотация. Напиток из пахты вырабатывается с добавлением измельченных листьев полыни обыкновенной (чернобыльника) путем сквашивания и предназначается для непосредственного употребления в пищу. Дикорастущие растения с древних времен являются неисчерпаемым источником пищевых продуктов. Потребность в них в последние годы увеличивается. Включение пищевых растений в напитки обогащает их витаминами, минеральными веществами, белками, углеводами, а также улучшает их вкусовые качества. Листья полыни пользуются большим спросом у населения Якутии. Полынь (Artemisia vulgaris) распространен во всех районах. Растет в лесу, в зарослях кустарников, на лугах, залежах, по обочинам дорог, как сорное у жилья. Полынь улучшает аппетит и пищеварение, обладает тонизирующим, успокаивающим, кроветворным, ранозаживляющим, желчегонным действием [3,4,6]. Изучены биологическая ценность листьев полыни, влияние на органолептические показатели и биохимический состав кисломолочного напитка. Листья полыни содержат белка от 18 до 20 г, клетчатки 21-22г, растворимые углеводы 3-4 г, аскорбиновую кислоту 5-13 мг. Добавка листьев полыни повысит пищевую ценность напитка, расширит ассортимент молочных продуктов. Пахта также относится к ценному вторичному сырью. Содержит 0,5% жира, белка -3,0%, углевода -4,7%, жирорастворимые (ретинол, токоферол) и водорастворимые витамины (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, кобаламин, аскорбиновая кислота, биотин, холин). С учетом полученных данных исследования листьев полыни и пахты, полученную при производстве сладкосливочного масла, разработаны 5 рецептур напитка из пахты и листьев полыни. При определении соотношения пахты и листьев полыни руководствовались на рекомендуемых уровнях потребления пищевых и биологически активных веществ согласно МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации и данных авторов [1,2,5].

Annotation. A drink made from buttermilk is produced with the addition of crushed wormwood leaves (wormwood) by fermentation and is intended for direct consumption in food. Wild plants have been an inexhaustible source of food products since ancient times. The need for them has been increasing in recent years. The inclusion of food plants in fermented milk drinks enriches them with vitamins, minerals, proteins, carbohydrates, and also improves their taste. Wormwood leaves are in great demand among the population of Yakutia. Wormwood (Artemisia vulgaris) is common in all areas. It grows in forests, in thickets of shrubs, in meadows, deposits, along roadsides, as a weed near housing. Wormwood improves appetite and digestion, has a tonic, soothing, hematopoietic, wound-healing, choler etic effect [3,4,6]. The biological value of wormwood leaves, the effect on organoleptic parameters and the biochemical composition of the drink have been studied. Wormwood leaves contain protein from 18 to 20 g, fiber 21-22 g, soluble carbohydrates 3-4 g, ascorbic acid 5-13 mg. The addition of wormwood leaves will increase the nutritional value of the drink and expand the range of dairy products. Buttermilk is also a valuable secondary raw material. It contains 0.5% fat, protein -3.0%, carbohydrates -4.7%, fat-soluble (retinol, tocopherol) and water-soluble vitamins (thiamine, riboflavin, pyridoxine, cobalamin, ascorbic acid, biotin, choline). Taking into account the data obtained from the study of wormwood leaves and buttermilk obtained during the production of sweet butter, 5 formulations of a drink made from buttermilk and wormwood leaves have been developed. When determining the ratio of buttermilk and wormwood leaves, they were guided by the recommended levels of consumption of food and biologically active substances according to MP 2.3.1.1915-04 Methodological Recommendations and the authors' data [1,3].

© В.П. Петрова, Л.И. Елисеева, К.М. Степанов, 2026

Ключевые слова: пахта, листья полыни обыкновенной (чернобыльника), функциональные продукты, технология, состав.

Keywords: buttermilk, wormwood leaves, functional products, technology, composition.

В настоящее время одним из главных проблем является обеспечение населения продуктами питания. Продукты питания должны удовлетворять потребности человека в питательных веществах, энергии и выполнять профилактические и лечебные функции. Государственная политика в области здорового питания выполняет комплекс мероприятий, которые направлены на создание условий, обеспечивающих удовлетворение потребностей населения в рациональном здоровом питании с учетом его традиций, привычек, экономического положения, в соответствии с требованиями медицинской науки.

Пахта - вторичное сырье, получаемое при производстве сливочного масла из пастеризованных сливок. Пахту делят на сладкую и кислую. Сладкую получают при производстве сладкосливочного масла, кислую – при производстве кислосливочного масла.

Нами использована в исследовании сладкая пахта.

Цель исследования - разработка технологии напитка на основе пахты с добавлением листьев полыни обыкновенной (чернобыльника).

Для выработки напитка использована пахта по ГОСТ 34354-2017 «Пахта и напитки на ее основе. Технические условия», листья полыни по ТУ 9373-008-00670203-03 «Листья полыни обыкновенной (чернобыльник)». Показатели качества готового продукта определяли в соответствии с ГОСТ 34354-2017«Пахта и напитки на ее основе. Технические условия», безопасность ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов».

При определении содержания питательных веществ (табл. 1) в листьях полыни пробы отбирали и подготавливали по ГОСТ 24027.0 «Сырье лекарственное растительное». Качество листьев полыни оценивали по ГОСТ 24027.1 и ГОСТ 24027.2.

Листья полыни измельчали до размера частиц, проходящих через сито с отвертствиями диаметром 3 мм. Проводили два параллельных исследования. Для определения влажности брали две навески массой 3 -5 г, высушивали в сушильном шкафу при 100-105 ℃ до постоянной массы. За окончательный результат испытания принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, вычисленных до десятых долей процента. Расхождение не должно превышать 0,5%. Содержание сухого вещества вычисляли расчетным путем.

Метод определения содержания золы основан на получении несгораемого остатка неорганических веществ, которые остаются после сжигания и прокаливания сырья. Различают общую, которая включает минеральные вещества, свойственные растению, и посторонние минеральные примеси (земля, песок, камешки, пыль); золю нерастворимую в 10%-ной соляной кислоте, представляющую собой остаток после обработки общей золы соляной кислотой и состоящую из кремнезема.

Количество сырого жира определяли методом, который основан на экстракции сырого жира из продукта растворителем с последующим удалением растворителя, высушиванием и взвешиванием извлеченного жира. В качестве растворителя использован диэтиловый эфир.

Сырой протеин в листьях полыни определяли титриметрическим методом по Кьельдалю. Химический состав листьев полыни оценивали на хромато-масс-спектрометре АТ-5850/5973 Agilent Technologies (США), физико-химические показатели пахты – на анализаторе молока и молочных продуктов «Лактан 600 Ультра».

В таблицах 1,2,3 приведены результаты исследования качества листьев полыни.

Таблица 1

Содержание питательных веществ в листьях полыни и готовом продукте

Показатель	Листья полыни (сухая масса)	Готовый продукт
Сухое вещество, %	22,0	16,0
Сырой жир, %	4,1	3,0
Сырой протеин, %	17,2	12,6
Сырая клетчатка, %	24,6	18,0
Сырая зола, %	8,6	6,3
БЭВ, %	40,8	29,8
Энергетическая ценность, ккал/кДж	368/1538	269/1126

Таблица 2

Химический состав листьев полыни

Показатель	Содержание в 100 г	
	по данным ТУ	фактическое
Белки, г	18-20	19,5
Клетчатка, г	21-22	20
Растворимые углеводы, г	3-4	3,5
Витамин С (аскорбиновая кислота), мг	5,0-13,0	6,0

Листья полыни богаты белками, клетчаткой, углеводами (табл. 1,2).

Таблица 3

Органолептические и физико-химические показатели листьев полыни

Показатель	Характеристика и норма
Органолептические показатели	
Внешний вид	В очертании треугольно-округлые. перисто-рассеченные удлиненные зубчатые сегменты
Цвет	Сверху темно-зеленые, снизу сероватые или серебристо-серые
Запах	Ароматный, своеобразный, довольно сильный
Вкус	Пряный
Физико-химические показатели	
Влажность, %	13,0
Общая зола, %	13,0
Жир, %	3,0
Белок, %	15,0
Посторонние примеси, %	1,0
Экстрактивные вещества, %	25,0

Молодые листья полыни содержали белковые вещества, клетчатку, жир, витамин С, каротин, кальций, фосфор, калий, дубильные вещества эфирные масла (табл. 1,2). Органолептические показатели (табл.3) соответствуют требованиям ТУ.

В таблице 4 приведены результаты исследования качества пахты.

Таблица 4

Физико-химические показатели пахты

Показатель	Результаты исследования
Массовая доля жира, %	0,5
Массовая доля белка, %	3,1
Массовая доля лактозы, %	4,7

Минеральные вещества,%	0,7
Сухое вещество, %	9,0
Титруемая кислотность, °Т	18
Плотность, кг/м^3	1033
Вязкость, Па·с (10^{-3})	1,65
Поверхностное натяжение, Н/м (10^{-3})	40
Витамины, мг%	
Тиамин (B_1)	0,37
Рибофлавин (B_2)	2,00
Пиридоксин (B_6)	1,50
Кобаламин (B_{12})	4,30
Аскорбиновая кислота (С)	2,60
Ретинол (А)	0,07
Токоферол (Е)	0,50
Биотин (Н)	0,01
Холин	462,0

Результаты исследования пахты подтверждают ее высокую пищевую и биологическую ценность (табл.4).

С учетом полученных данных массовой доли жира, сухих веществ в продукте и сырье разработаны пять рецептур напитка из пахты и листьев полыни (табл. 5). При определении соотношения пахты и листьев полыни исходили из рекомендуемых уровней потребления пищевых и биологически активных веществ согласно МР 2.3.1.1915-04 и данных авторов [1,2,5].

Таблица 5

Рецептура напитка на 1000 кг напитка

Сырье	Рецептура				
	1	2	3	4	5
Пахта сквашенная, кг	950	960	970	980	990
Экстракт листьев полыни, кг	50	40	30	20	10

Для установления оптимального процентного соотношения компонентов проведена органолептическая оценка по балльной шкале. По результатам оценки выбрана вторая рецептура (рис. 1).

Рис. 1. Органолептическая оценка, баллы

Разработана технологическая схема производства функционального напитка на основе пахты с листьями полыни (рис. 2).

Рис. 2. Технологическая схема производства напитка из пахты с листьями полыни

Листья полыни кипятят в воде, отжимают, измельчают. Используют для приготовления напитка в свежем отваренном виде или в виде высушенных измельченных листьев или в сублимированном виде.

Пахту пастеризуют при температуре 85-87 °С. Охлаждают до 37-42°С. Заквашивают закваской БК-Углич-СТБнв, которая состоит из чистых культур термофильных стрептококков и болгарской палочки (Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus). Продолжительность сквашивания 2-3 часа до кислотности 90-95 °Т.

По рецептуре составляют смесь, хорошо перемешивают.

После созревания в течение 6-8 часов напиток охлаждают до 4 °С и разливают.

Полученный продукт имел чистый, кисломолочный вкус с ароматом наполнителя вкус, легкий запах полыни. Консистенция продукта – жидкая, с наличием измельченного растительного включения; цвет –зеленоватый с характерными для растения включениями. Массовая доля жира составила 2-3%, белка - 6-8%, кислотность напитка не превышала 95 °Т. Изучение микробиологических показателей показало наличие КМАФАнМ в количестве $1 \cdot 10^7$ КОЕ/см^3, БГКП (колиформы) и патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы не обнаружены.

Дикорастущие пищевые растения превосходят по вкусовым и питательным качествам культурные растения. Народы Якутии с давних времен использовали множества природных пищевых трав в своем рационе. Добавляли их в молочные продукты и напитки.

Включение пищевых растений в кисломолочные напитки обогащает их белками, витаминами, минеральными веществами, углеводами, насыщает вкус и аромат.

Разработана оптимальная рецептура и технология производства напитка из пахты, обогащенного листьями полыни.

Проведена оценка органолептических, физико-химических показателей, безопасности напитка.

Напиток на основе пахты с добавлением листьев полыни позволить расширить ассортимент функциональной молочной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буянова И.В. [и др.], Ураева В.А., Елистратова Д.А., Шрайнер В.А. Разработка технологии функциональных молочных продуктов со специями /И.В. Буянова, В.А.Ураева, Д.А. Елистратова, В.А.Шрайнер В.А //Вестник КрасГАУ. 2024. №6. С. 157-163.

2. Буянова И.В., Курбанова М.Г. Анализ влияния специй как антиоксидантной добавки к молочным и кисломолочным напиткам // Вестник КрасГАУ. 2025. № 5. С. 325–338. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-325-338.

3. Дикорастущие полезные растения России /отв. Ред. А.Л. Буданшев, Е.Е. Лесновская. – СПБ: Издательство СПХФА, 2001. – 663 с.

4. Семенова В.В., Данилова Н.С., Борисова С.З. [и др.] Лекарственные растения Якутии: сбор, выращивание, рецепты /В.В. Семенова, Н.С. Данилов, С. З. Борисова [и др.] – Якутск: Айар, 2022. – 368 с.

5. Скрябина О.В., Рябкова Д.С. Элементы управления качеством в технологии производства сырного продукта с улучшенными свойствами // Вестник КрасГАУ. 2025. № 3. С. 205– 210. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-205-210.

6. Химический состав основных пищевых продуктов, используемых в Республике Саха (Якутия): Справочник / А. Ф. Абрамов, К. М. Степанов, У. М. Лебедева [и др.]. – Якутск: СВФУ, 2024. – 190 с. – ISBN 978-5-7513-3798-8. – EDN TCLVOD.

REFERENTS

1. Buyanova I.V. [et al.], Uraeva V.A., Elistratova D.A., Shriner V.A. Development of technology for functional dairy products with spices /I.V. Buyanova, V.A. Uraeva, D.A. Elistratova, V.A. Shriner V.A. //Bulletin of KrasGAU. 2024. №6. pp. 157-163.

2. Buyanova I.V., Kurbanova M.G. Analysis of the effect of spices as an antioxidant additive to dairy and fermented milk drinks // Bulletin of KrasGAU. 2025. No. 5. pp. 325-338. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-325-338.

3. Wild useful plants of Russia / ed. by A.L. Budanshev, E.E. Lesnovskaya. – St. Petersburg: SPHFA Publishing House, 2001. – 663 p.

4. Semenova V.V., Danilova N.S., Borisova S.Z. [et al.] Medicinal plants of Yakutia: collection, cultivation, recipes /V.V. Semenova, N.S. Danilov, S. Z. Borisova [et al. Yakutsk: Ayar, 2022. 368 p.

5. Scriabina O.V., Ryabkova D.S. Elements of quality management in the production technology of a cheese product with improved properties // Bulletin of KrasGAU. 2025. № 3. pp. 205-210. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-205-210.

6. Chemical composition of the main food products used in the Republic of Sakha (Yakutia): Handbook / A. F. Abramov, K. M. Stepanov, U. M. Lebedeva [et al.]. – Yakutsk: NEFU, 2024. – 190 p. – ISBN 978-5-7513-3798-8. – EDN TCLVOD.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 664:637:001.895 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-218-229

Разработка методов структурирования молочных продуктов, повышающих их пригодность для пищевой 3d-печати

Development of methods for structuring dairy products to increase their suitability for food 3d printing

Доцент Н.Л. Моргунова, доцент А.В. Анисимов, доцент О.С. Фоменко, доцент А.С. Кизиёва, ассистент Д.О. Фалько,
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»
olga.fomenko.work@mail.ru

Associate Professor N.L. Morgunova, Associate Professor A.V. Anisimov, Associate Professor O.S. Fomenko, Associate Professor A.S. Kizieva, Assistant D.O. Falco,
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov”
olga.fomenko.work@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются методы структурирования молочных продуктов с целью повышения их пригодности для 3D-печати. Актуальность исследования обусловлена активным развитием аддитивных технологий в пищевой промышленности и необходимостью создания функциональных продуктов с заданными реологическими характеристиками. Особое внимание уделяется проблеме недостаточной структурной стабильности традиционных молочных продуктов, таких как йогурт и мягкий творог, что ограничивает их использование в 3D-печати без предварительной модификации. Целью работы является изучение влияния ферментативных и физических методов на реологические свойства молочных систем и их пригодность для экструзионной печати. В качестве объектов исследования использованы стандартные образцы йогурта и мягкого творога. Применялась ферментативная обработка (химозин) и ультразвуковая обработка. Оценка проводилась по показателям динамической вязкости, структурной стабильности и способности сохранять форму в процессе и после окончания печати. Установлено, что ферментативная обработка способствует формированию более прочной белковой структуры и высокой стабильности напечатанных изделий, тогда как ультразвуковая обработка повышает однородность массы и улучшает технологичность процесса без введения дополнительных структурообразователей. Оптимальным условием физической обработки является воздействие ультразвуком в течение 20 минут при заданных параметрах мощности. Полученные результаты демонстрируют потенциал использования изученных методов структурирования для разработки молочных систем, адаптированных к 3D-печати, что открывает возможности для создания новых функциональных пищевых систем.

Abstract. This study explores methods for structuring dairy products to enhance their suitability for 3D printing. The relevance of this research is driven by the rapid advancement of additive manufacturing in the food industry and the growing need to develop functional products with tailored rheological properties. Particular attention is given to the insufficient structural stability of conventional dairy products, such as yogurt and soft curd cheese, which restricts their direct application in 3D printing without prior modification. The aim of this study is to investigate the effects of enzymatic and physical treatments on the rheological properties of dairy systems and their suitability for extrusion-based 3D printing. Commercial standard samples of yogurt and soft curd cheese were used as the research subjects. Enzymatic treatment (using chymosin) and ultrasonic treatment were applied. Evaluation was performed based on dynamic viscosity, structural stability, and shape retention during and after the printing process. It was found that enzymatic treatment promotes the formation of a more robust protein network and enhances the structural stability of printed objects, whereas ultrasonic treatment improves mass homogeneity and processability without the need for additional structuring agents. The optimal condition for physical treatment was

© Н.Л. Моргунова, А.В. Анисимов, О.С. Фоменко, А.С. Кизиёва, Д.О. Фалько, 2026

identified as ultrasonic exposure for 20 minutes at the specified power parameters. The results demonstrate the potential of applying these structuring methods to develop dairy systems optimized for 3D printing, thereby opening new avenues for the creation of functional food products.

Ключевые слова: пищевая 3D-печать, молочные продукты, реологические свойства, экструзионная печать, структурирование, ультразвуковая обработка, ферментативная модификация, химозин, вязкость, предел текучести, пригодность для печати, пищевые биополимеры

Keywords: food 3D printing, dairy products, rheological properties, extrusion printing, structuring, ultrasonic processing, enzymatic modification, chymosin, viscosity, yield point, suitability for printing, food biopolymers

В последние десятилетия аддитивные технологии вышли за пределы традиционного промышленного сектора и активно интегрируются в пищевое производство. 3D-печать пищевых продуктов позволяет реализовывать принципы персонализированного питания, разрабатывать функциональные и диетические продукты с заданным составом, а также формировать геометрические структуры, недоступные для традиционных методов пищевых технологий [10].

3D-печать пищевых продуктов представляет собой процесс послойного формирования изделия на основе цифровой модели. Для пастообразных материалов, в том числе молочных систем, наиболее распространённым методом является экструзионная печать, при которой материал дозируется и выдавливается через сопло под контролируемым давлением [10]. Успешное формирование стабильной структуры требует, чтобы пищевая система обладала определенными реологическими характеристиками, обеспечивающими соответствие свойств требованиям различных стадий процесса печати:

- псевдопластичность — снижение вязкости при сдвиге для стабильной экструзии;
- тиксотропия — быстрое восстановление структуры после экструзии для удержания формы;
- высокий предел текучести — напряжение, предотвращающее оседание напечатанных слоёв под собственным весом.

Особое внимание уделяется молочным продуктам — богатым источникам белка, кальция, витаминов и пробиотиков, которые могут стать основой для инновационных печатных «пищевых чернил» благодаря своей биологической ценности и широкой потребительской приемлемости [13].

Традиционные молочные продукты такие как йогурт, мягкий творог, творожные массы характеризуются недостаточным пределом текучести и замедленной кинетикой структурного восстановления, что ограничивает их применение в экструзионной 3D-печати. Отсутствие выраженного предела текучести и низкая способность удерживать форму после экструзии приводят к гравитационной деформации и разрушению напечатанных форм [12]. В связи с этим требуется предварительная модификация реологических и текстурных свойств молочных систем, обеспечивающая стабильность процесса печати без ущерба для питательной ценности и органолептических характеристик продукта [5].

Молочные системы, особенно на основе казеина и сывороточных белков, обладают способностью структурообразования и гелеобразования, однако их природная структура слабая для 3D-печати. Исследования показывают, что для стабильной печати требуется напряжение сдвига (G′) не менее 100 Па и значение предела текучести в диапазоне 10–100 Па [7]. Например, при печати йогуртом без модификации наблюдается быстрое оседание слоёв из-за низкого G' (<10 Па), тогда как модифицированные системы демонстрируют способность к формированию устойчивых вертикальных структур [11].

В последние годы возрос интерес к использованию ферментативных и комбинированных методов модификации белковых систем в рамках современных пищевых технологий, включая 3D-печать. Данные подходы позволяют целенаправленно изменять структуру белковой структуры молочных продуктов. Ферменты, такие как микробная трансглутаминаза (mTG), способны формировать ковалентные связи между белковыми молекулами, усиливая гелевую сеть [8]. В то же время физические методы - включая ультразвуковую обработку (УЗ), высокое гидростатическое давление (ВГД) или термическую модификацию — могут индуцировать денатурацию и контролировать агрегацию белков, формируя требуемый псевдопластичный и тиксотропный реологический профиль [17,18].

Ферментативные методы широко применяются в молочной промышленности. Трансглутаминаза катализирует образование ε-(γ-глутамил) лизиновых (изопептидных) связей между белковыми молекулами, укрепляя белковую сеть. При соблюдении оптимальных концентрациях органолептические характеристики продукта не изменяются [8]. Химозин, используемый в сыроделии, вызывает гидролиз к-казеина и последующую агрегацию, формируя плотные гели, пригодные для печати [13,19].

Физические методы обработки белковых систем также демонстрируют высокую эффективность. Ультразвуковое воздействие (20–40 кГц) вызывает частичную денатурацию белков и образование мелкодисперсных агрегатов, что улучшает реологические характеристики продукта [1, 15, 17, 19, 21].

Высокое гидростатическое давление (300–600 МПа) индуцирует конформационные перестройки в молекулах белков, обеспечивая формирование гелей с повышенной водосвязывающей способностью [6]. Термическая обработка (нагрев до 80–90 °C) приводит к денатурации сывороточных белков и их комплексообразованию с казеином, что дополнительно упрочняет гелевую структуру [5, 10].

Первые успешные попытки 3D-печати молочных продуктов были предприняты с использованием творожных масс и йогуртов с добавлением загустителей (например, ксантановой камеди или крахмала) [16]. Однако такие подходы часто ухудшают натуральность продукта. Современные исследования направлены на модификацию белковой матрицы без дополнительных загустителей. Так, в работе [8] показано, что йогурт, обработанный трансглутаминазой, приобретает модуль упругости G′ ≈ 150 Па и позволяет формировать многоуровневые структуры высотой до 3 см с сохранением геометрической точности. Аналогичные принципы эффективны и для немолочных систем: в исследованиях авторов [4] сочетали ультразвуковую обработку с регулированием pH для направленной модификации структуры белка гриба *Hericium erinaceus* перед 3D-печатью. В результате было отмечено улучшение растворимости, способности к гелеобразованию и улучшение реологических характеристик, что существенно улучшило печатные свойства материала и обеспечило стабильность послойного формирования изделий.

Одним из эффективных подходов к изменению структуры молочных систем является ферментативная обработка. Установлено, что тип и активность протеолитических ферментов, таких как химозин и пепсин существенно влияет на процессы свертывания молочных белков и структурно-механические свойства формируемых гелей. Ферментативная обработка приводит к изменению структуры мицелл казеина, их агрегации и образованию более плотной белковой сети, что непосредственно влияет на текстурные и реологические характеристики продукта [3].

Исследования по использованию химозина в производстве молочных продуктов показали, что его применение способствует модификации структуры

белкового сгустка и позволяет направленно регулировать реологические свойства системы, включая эффективную вязкость и прочность гелевой структуры [2].

Тем не менее, в доступной литературе отсутствует систематическое сравнение ферментативных и физических методов модификации по единым критериям (реологические характеристики, экструзионная пригодность и органолептические показатели готового продукта), что определяет научную новизну настоящей работы.

Цель исследования заключается в разработке и сравнительной оценке ферментативных и физических методов модификации молочных систем для обеспечения их технологической пригодности к пищевой 3D-печати.

Задачи исследования:

- провести анализ современных ферментативных и физических методов структурирования молочных систем, применяемых в аддитивных технологиях;
- исследовать влияния ферментативных и физических методов на комплекс органолептических и реологических характеристик модельных молочных систем на примере натурального йогурта (3,5% жирности) и мягкого творога (5% жирности).
- экспериментально оценить экструзионную пригодность модифицированных модельных систем для пищевой 3D-печати.

Экспериментальные исследования проводились на базе цифровой лаборатории по конструированию продуктов питания ФГБОУ ВО Вавиловский университет, созданной в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030», а также с использованием оборудования центра коллективного пользования «Агропродукт» Вавиловского университета. Реологические исследования по определению динамической вязкости определяли на ротационном вискозиметре Brookfield DV-III Ultra при температуре 23 °C, скорость сдвига 10 мин$^{-1}$. 3D-печать печать осуществляли на экструзионном 3D-принтере Wiiboox Sweetin (Китай) с диаметром сопла 0,8 мм, скоростью подачи 25 мм/с, высотой слоя 0,6 мм, температурой печати 23 °C. В качестве модельных молочных систем использовались натуральный йогурт (3,5% жирности) и мягкий творог (5% жирности) торговой марки «Простоквашино».

Для изучения ферментных и физических методов воздействия на структурообразование пищевых молочных систем для 3D - печати исследовали влияние коммерческого ферментного препарата «Химозин», производитель Chr. Hansen, Дания. Препарат вносили в продукт в количестве 0,02% (в пересчёте на активность 1:15 000 IMCU/g), подвергали термостатированию в течение 30 мин при 30 °C для формирования геля [2]. В качестве физического метода применяли ультразвуковую обработку с использованием ультразвуковой ванны ПСБ-Галс (22 кГц, мощность генератора 100 Вт, амплитудная модуляция-до 90%). Продолжительность обработки: 10, 20 минут при температуре 23 °C.

Объекты печати выполнены в программе «КОМПАС-3D v21», количество слоёв – 6. Точность формы полученных 3D моделей определяли по отклонению от CAD-модели, визуально по 10-балльной шкале.

Органолептическая оценка проводилась по ГОСТ ISO 6658–2016. «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство» [22].

Согласно современным исследованиям, развитие технологий 3D-печати пищевых продуктов требует создания материалов с точно контролируемыми реологическими свойствами, которые уравновешивают текучесть при экструзии и способность сохранять форму после нанесения слоя. Обзор показывает, что основными ограничениями использования молочных продуктов в 3D-печати являются недостаточная структурная прочность, нестабильность геля и низкая повторяемость печати, что требует целенаправленного структурирования белковых матриц без использования синтетических добавок.

В ходе эксперимента осуществлялась подготовка следующего набора образцов модельных систем для печати:

- контроль 1 (мягкий творог (5% жирности));
- образец 1 - мягкий творог (5% жирности) с добавлением химозина в количестве 0,02% от массы продукта, термостатирование в течение 30 мин, 30 °С;
- образец 2 - мягкий творог (5% жирности), обработанный воздействием УЗ мощностью 22 кГц в течение10 мин;
- образец 3 - мягкий творог (5% жирности), обработанный воздействием УЗ мощностью 22 кГц в течение 20 мин;
- контроль 2 (натуральный йогурт (3,5% жирности));
- образец 4 - натуральный йогурт (3,5% жирности) с добавлением химозина в количестве 0,02% от массы продукта, термостатирование в течение 30 мин, 30 °С;
- образец 5 - натуральный йогурт (3,5% жирности), обработанный воздействием УЗ мощностью 22 кГц в течение10 мин;
- образец 6 - натуральный йогурт (3,5% жирности), обработанный воздействием УЗ мощностью 22 кГц в течение20 мин.

Экспериментальная оценка реологических свойств образцов после ферментативной и физической модификации выявила существенные различия в динамической вязкости, определяющей экструзионную пригодность продукта при 3D-печати (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1

Динамическая вязкость образцов творога и йогурта при скорости сдвига 10 мин$^{-1}$ (23 °С)

Образец	Динамическая вязкость, Па·с	Изменение относительно контроля, %
Мягкий творог (5% жирности)		
Контроль 1 (мягкий творог 5% жирности)	21,80	-
Образец 1 (мягкий творог 5% жирности + химозин)	10,88	-50,10
Образец 2 (мягкий творог 5% жирности + УЗ (10 мин, 22 кГц)	20,28	-7,00
Образец 3 (мягкий творог 5% жирности + УЗ (20 мин, 22 кГц))	17,12	-21,50
Натуральный йогурт (3,5% жирности)		
Контроль 2 (натуральный йогурт 3,5% жирности)	13,64	-
Образец 4 (натуральный йогурт 3,5% жирности + химозин)	8,25	-39,50
Образец 5 (натуральный йогурт 3,5% жирности + УЗ (10 мин, 22 кГц))	13,04	-4,40
Образец 6 (натуральный йогурт 3,5% жирности + УЗ (20 мин, 22 кГц))	11,96	-12,30

Рис. 1- Вискозиметр Brookfield DV-III Ultra

Установлено, что добавление химозина привело к наиболее существенному снижению динамической вязкости модельных систем: на 50,1% для мягкого творога (5% жирности) и 39,5% для натурального йогурта (3,5% жирности) относительно контроля, что, вероятно, связано с ферментативным гидролизом к-казеина, дестабилизацией казеиновых мицелл и изменением структурно-механических свойств системы.

Ультразвуковая обработка также снижала вязкость образцов: 10-минутная экспозиция привела к умеренному снижению для натурального творога на 7,0% и низкому — для натурального йогурта на 4,4%; в то время как 20-минутная обработка обеспечила более выраженное снижение: на 21,5% для творога и на 12,3% для йогурта.

Сравнительный анализ результатов 3D-печати контрольных и обработанных образцов модельных молочных систем (мягкий творог 5% жирности, натуральный йогурт 3,5% жирности по критериям экструзионной стабильности и качества послойного формирования представлен на рис. 2–4.

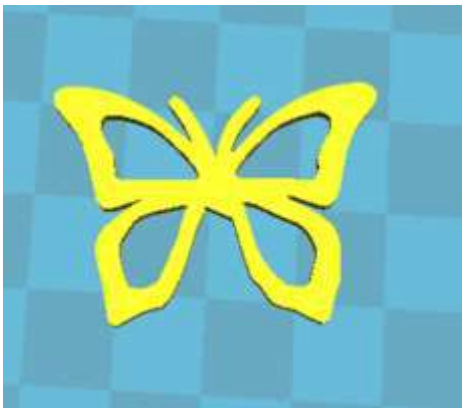


Рис. 2 – Графическая модель для 3D-печати

Рис.3 – Процесс 3D-печати

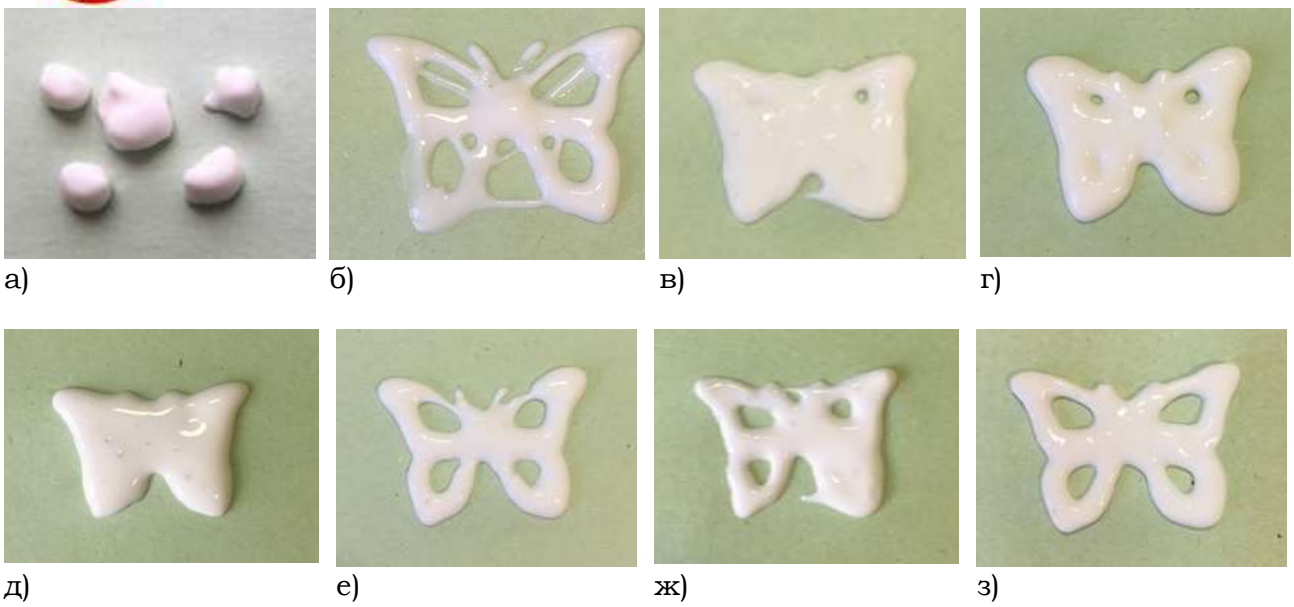


Рис. 4 – Результаты 3D печати. а) контроль 1; б) образец 1; в) образец 2; г) образец 3. д) контроль 2; е) образец 4; ж) образец 5; з) образец 6

Анализ результатов экспериментальной 3D-печати позволил сделать следующие выводы:

1. Контрольные образцы продемонстрировали низкую пригодность к 3D-печати. У мягкого творога зернистая текстура обуславливала нестабильную экструзию и периодическое засорение сопла, что приводило к формированию прерывистого контура и неравномерной толщины слоя; нестабильность белково-водной фазы проявлялась в синерезисе - выделение сыворотки как в шприце (нарушая однородность подачи), так и после печати. У натурального йогурта при стабильной экструзии наблюдалась низкая формоустойчивость послойной структуры. Высота 6-слойной модели снижалась более чем на 60% в течение 60 мин, что свидетельствует о недостаточной прочности гелевой сети для удержания геометрических параметров.

2. У опытных образцов мягкого творога и натурального йогурта, обработанных ультразвуком, характеризовались однородным сгустком без признаков синерезиса, что обеспечило стабильную экструзию без засорения сопла. Однако низкая формоустойчивость послойной структуры приводила к постепенной деформации напечатанных моделей под собственным весом. Увеличение времени ультразвуковой обработки до 20 мин обеспечивало тенденцию к повышению структурной стабильности, предположительно за счёт частичной денатурации сывороточных белков.

3. Опытный образец мягкого творога (образец 1) с добавлением химозина, эффективно его структурировал, формируя плотный, но пластичный гель. Этот образец продемонстрировал самую высокую стабильность при печати — высота 6-слойной модели сохранялась на уровне 90% через 60 мин. При этом на модель йогурта химозин оказался не таким эффективным, слои «оплывали», высота сохранилась на уровне 70%.

На следующем этапе была проведена оценка по органолептическим параметрам оценки пригодности систем для 3D-печати. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты органолептической оценки контрольных и опытных образцов

Образец	Визуальная оценка структуры продукта
Мягкий творог (5% жирности)	
Контроль 1 (мягкий творог 5% жирности)	нестабильная, неоднородная, расслаивающаяся масса с выраженной сывороткой
Образец 1 (мягкий творог 5% жирности + химозин)	однородная масса без сыворотки, упругая консистенция
Образец 2 (мягкий творог 5% жирности + УЗ (10 мин, 22 кГц)	структура неоднородная, частичное удержание сыворотки
Образец 3 (мягкий творог 5% жирности + УЗ (20 мин, 22 кГц))	структура зернистая, минимальное выделение сыворотки
Натуральный йогурт (3,5% жирности)	
Контроль 2 (натуральный йогурт 3,5% жирности)	структура однородная, небольшое выделение сыворотки
Образец 4 (натуральный йогурт 3,5% жирности + химозин)	однородная масса без сыворотки, упругая консистенция
Образец 5 (натуральный йогурт 3,5% жирности + УЗ (10 мин, 22 кГц))	структура однородная, частичное удержание сыворотки
Образец 6 (натуральный йогурт 3,5% жирности + УЗ (20 мин, 22 кГц))	структура однородная, минимальное выделение сыворотки

На основании данных, представленных в таблице 2, установлено, что ферментативная обработка химозином обеспечивает формирование однородной, упругой структуры с высокой влагоудерживающей способностью, что делает систему наиболее пригодной для технологии пищевой 3D-печати. Ультразвуковая обработка оказывает положительное влияние на структуру, однако уступает химозину по степени стабилизации системы и требует оптимизации режимов воздействия.

Анализ литературных данных показал, рост интереса к ферментативным и комбинированным методам модификации белковых систем для применения в пищевой 3D-печати. Развитие данной технологии требует материалов с контролируемыми реологическими свойствами, обеспечивающими текучесть при экструзии и сохранение формы после печати. Основными ограничениями молочных продуктов остаются недостаточная прочность структуры, нестабильность геля и низкая воспроизводимость результатов, что требует направленного структурирования белковых матриц без синтетических добавок. Полученные в работе данные демонстрируют, что оба исследованных метода структурирования - ферментативный и физический, меняют реологические свойства исследуемых моделей в диапазоне, пригодном для пищевой 3D-печати, однако механизмы и практические преимущества методов существенно различаются.

Ферментативная модификация химозином обеспечила значительное снижение динамической вязкости исследуемых моделей, но при этом сформировала плотный и устойчивый гель, с несущей способностью, достаточной для получения устойчивых и стабильных по времени 3D моделей. Однако длительная инкубация (30 мин при 30 °C) и необходимость точного дозирования фермента повышают технологическую сложность и стоимость процесса, а также могут влиять на органолептические свойства за счёт развития ферментативного привкуса при увеличении вводимой добавки.

Ультразвуковая обработка, за счёт кавитационных явлений способствуют частичной денатурации белков, разрушению крупных агрегатов творожного сгустка, за счёт чего повышается однородность сгустка и несущая способность

слоёв. Преимуществами УЗ-метода являются: кратковременность обработки (до 20 мин при комнатной температуре), отсутствие внесения внешних добавок, что соответствует мировому тренду «clean-label», возможность точной настройки параметров под требования конкретного принтера. Следует отметить, что увеличение времени УЗ обработки (более 20 мин.), согласно проведенным исследования, не приводило к существенному повышению качества пищевой 3D-печати.

Таким образом, ультразвуковая обработка продолжительностью 20 мин при 22 кГц и мощности 100 Вт представляет собой технологически простой и достаточно эффективный метод структурирования мягкого творога и натурального йогурта, повышающий их пригодность для пищевой 3D-печати.

Ферментативный метод целесообразно применять в случаях, требующих максимальной устойчивости геометрии (например, при печати высоких конструкций), но с учётом дополнительных временных и экономических затрат.

Дальнейшие исследования следует направить на комбинированное применение данных методов для достижения максимального эффекта и оценку их влияния на биодоступность питательных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aparnna V., Khamrui K., Prasad W., Roy K. 3D printing of dairy ingredients and milk products: advances, challenges, and future perspectives // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2026. – P. 1–24. – DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-026-04093-4

2. Benkerroum N., Dehhaoui M., Tlaiha R. Chymosin addition for yogurt making from camel milk // Agricultural Research. – 2021. – Vol. 11. – DOI: https://doi.org/10.1007/s40003-020-00535-7

3. Cai H., Luo H., Scholten E., Sala G., Bijl E. Effect of chymosin/pepsin ratio on milk coagulation and physical properties of model cheese // Food Hydrocolloids. – 2024. – Vol. 156. – Art. 110257. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110257

4. Gong P., Yue S., Wang J., Xu K., Yang W., Li N., Wang J., Zhao Y., Chen F., Guo Y. Effect of ultrasound synergistic pH shift modification treatment on protein structure and its application in 3D printing // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – Vol. 295. – Art. 139562. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139562

5. Hu L., Ding F., Liu W., Cheng Y., Zhu J., Ma L., Zhang Y., Wang H. Effect of enzymatic-ultrasonic hydrolyzed chitooligosaccharide on rheology of gelatin incorporated yogurt and 3D printing // Food Hydrocolloids. – 2022. – Vol. 132. – Art. 107851. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107851

6. Huang H. W., Hsu C. P., Wang C. Y. Healthy expectations of high hydrostatic pressure treatment in food processing industry // Journal of Food and Drug Analysis. – 2020. – Vol. 28. – № 1. – P. 1–13. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.10.002

7. In J., Kim S., Lee H. Determination of material requirements for 3D gel food printing // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 10. – Art. 2272. – DOI: https://doi.org/10.3390/foods10102272

8. Kieliszek M., Misiewicz A. Microbial transglutaminase and its application in the food industry // Folia Microbiologica. – 2014. – Vol. 59. – № 3. – P. 241–250. – DOI: https://doi.org/10.1007/s12223-013-0287-x

9. Li W. Effect of transglutaminase on the quality of mare milk yogurt // Zhongguo Niangzao. – 2025. – Vol. 44. – DOI: https://doi.org/10.11882/j.issn.0254-5071.2025.10.028

10. Liu Z., Zhang M., Bhandari B., Wang Y. 3D printing: Printing precision and application in food sector // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 69. – P. 83–94. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018

11. Ma Y., Potappel J., Chauhan A., Schutyser M., Boom R., Zhang L. Improving 3D food printing performance using computer vision and feedforward nozzle motion control // Food and Bioproducts Processing. – 2023. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877422003314

12. Outrequin T., Gamonpilas C., Siriwatwechakul W., Sreearunothai P. Extrusion-based 3D printing of food biopolymers: A highlight on the important rheological parameters to reach printability // Journal of Food Engineering. – 2023. – Vol. 342. – Art. 111371. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111371

13. Pereira T., Barroso S., Gil M. Food texture design by 3D printing: a review // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 2. – Art. 320. – DOI: https://doi.org/10.3390/foods10020320

14. Santoso A., Yulianti V., Retnosari R., Asrori M., Sanjaya E., Marfuah S. Effect of preservatives and ultrasonic waves on organoleptic preference levels of yogurt // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2634. – DOI: https://doi.org/10.1063/5.0111477

15. Sarker A., Siddiqui R. Effects of ultrasonic processing on the quality properties of fortified yogurt // Ultrasonics Sonochemistry. – 2023. – Vol. 98. – Art. 106533. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106533

16. Severini C., Derossi A., Azzollini D. Variables affecting the printability of foods: Preliminary tests on cereal-based products // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2016. – Vol. 38. – P. 281–291. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.10.001

17. Sun J., Peng Z., Zhou W., Fuh J., Hong G. S. An overview of 3D printing technologies for food fabrication // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8. – P. 1605–1615. – DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-015-1528-6

18. Yang F., Zhang X., Bhandari M. Effect of composition on printability and structure of yogurt-based inks for 3D food printing // Journal of Food Engineering. – 2018. – Vol. 235. – P. 1–9. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.023

19. Zhou Y., Li X., Zhang M. Effects of ultrasound on physicochemical properties of proteins // Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – Vol. 70. – Art. 105320. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105320

20. Банцекин, Д. В. Зарубежные достижения в области 3D-печати пищевых продуктов / Д. В. Банцекин // Рационы питания населения. Фудомика. Качество и безопасность пищевой и кулинарной продукции. Технологии сбережения здоровья : Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Почетного работника высшей школы Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Георгия Георгиевича Дубцова, Москва, 12 декабря 2024 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2025. – С. 35-47. – EDN RATURU.

21. Борисенко А., Костенко Е., Костенко К., Мальсугенов А., Мисюра В. Ультразвуковая обработка в технологии производства йогурта // Молочная промышленность. – 2023. – № 5. – С. 30–33.

22. ГОСТ ISO 6658–2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. — Введ. 2017-01-01. — М.: Стандартинформ, 2016. — 28 с.

REFERENTS

1. Aparnna V., Khamrui K., Prasad W., Roy K. 3D printing of dairy ingredients and milk products: advances, challenges, and future perspectives // Journal of Food

Measurement and Characterization. – 2026. – Pp. 1–24. – DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-026-04093-4

2. Benkerroum N., Dehhaoui M., Tlaiha R. Chymosin addition for yogurt making from camel milk // Agricultural Research. – 2021. – Vol. 11. – DOI: https://doi.org/10.1007/s40003-020-00535-7

3. Cai H., Luo H., Scholten E., Sala G., Bijl E. Effect of chymosin/pepsin ratio on milk coagulation and physical properties of model cheese // Food Hydrocolloids. – 2024. – Vol. 156. – Art. 110257. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110257

4. Gong P., Yue S., Wang J., Xu K., Yang W., Li N., Wang J., Zhao Y., Chen F., Guo Y. Effect of ultrasound synergistic pH shift modification treatment on protein structure and its application in 3D printing // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – Vol. 295. – Art. 139562. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139562

5. Hu L., Ding F., Liu W., Cheng Y., Zhu J., Ma L., Zhang Y., Wang H. Effect of enzymatic-ultrasonic hydrolyzed chitooligosaccharide on the rheology of gelatin-incorporated yogurt and 3D printing // Food Hydrocolloids. – 2022. – Vol. 132. – Art. 107851. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107851

6. Huang H. W., Hsu C. P., Wang C. Y. Healthy expectations of high hydrostatic pressure treatment in food processing industry // Journal of Food and Drug Analysis. – 2020. – Vol. 28. – № 1. – P. 1–13. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.10.002

7. In J., Kim S., Lee H. Determination of material requirements for 3D gel food printing // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 10. – Art. 2272. – DOI: https://doi.org/10.3390/foods10102272

8. Kieliszek M., Misiewicz A. Microbial transglutaminase and its application in the food industry // Folia Microbiologica. – 2014. – Vol. 59. – № 3. – P. 241–250. – DOI: https://doi.org/10.1007/s12223-013-0287-x

9. Li W. Effect of transglutaminase on the quality of mare milk yogurt // Zhongguo Niangzao. – 2025. – Vol. 44. – DOI: https://doi.org/10.11882/j.issn.0254-5071.2025.10.028

10. Liu Z., Zhang M., Bhandari B., Wang Y. 3D printing: Printing precision and application in food sector // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 69. – P. 83–94. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018

11. Ma Y., Potappel J., Chauhan A., Schutyser M., Boom R., Zhang L. Improving 3D food printing performance using computer vision and feedforward nozzle motion control // Food and Bioproducts Processing. – 2023. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877422003314

12. Outrequin T., Gamonpilas C., Siriwatwechakul W., Sreearunothai P. Extrusion-based 3D printing of food biopolymers: A highlight on the important rheological parameters to achieve printability // Journal of Food Engineering. – 2023. – Vol. 342. – Art. 111371. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111371

13. Pereira T., Barroso S., Gil M. Food texture design by 3D printing: a review // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 2. – Art. 320. – DOI: https://doi.org/10.3390/foods10020320

14. Santoso A., Yulianti V., Retnosari R., Asrori M., Sanjaya E., Marfuah S. Effect of preservatives and ultrasonic waves on organoleptic preference levels of yogurt // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2634. – DOI: https://doi.org/10.1063/5.0111477

15. Sarker A., Siddiqui R. Effects of ultrasonic processing on the quality properties of fortified yogurt // Ultrasonics Sonochemistry. – 2023. – Vol. 98. – Art. 106533. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106533

16. Severini C., Derossi A., Azzollini D. Variables affecting the printability of foods: Preliminary tests on cereal-based products // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2016. – Vol. 38. – P. 281–291. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.10.001

17. Sun J., Peng Z., Zhou W., Fuh J., Hong G. S. An overview of 3D printing technologies for food fabrication // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8. – P. 1605–1615. – DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-015-1528-6

18. Yang F., Zhang X., Bhandari M. Effect of composition on printability and structure of yogurt-based inks for 3D food printing // Journal of Food Engineering. – 2018. – Vol. 235. – P. 1–9. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.023

19. Zhou Y., Li X., Zhang M. Effects of ultrasound on physicochemical properties of proteins // Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – Vol. 70. – Art. 105320. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105320

20. Bantsekin, D. V. Foreign achievements in the field of 3D food printing / D. V. Bantsekin // Diets of the population. Fudomika. Quality and safety of food and culinary products. Health Preservation Technologies: Collection of Scientific Papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Dedicated to the Memory of the Honorary Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Georgy Georgievich Dubtsov, Moscow, December 12, 2024. – Moscow: Limited Liability Company “Rusains”, 2025. – Pp. 35–47. – EDN RATURU.

21. Borisenko A., Kostenko E., Kostenko K., Malsugenov A., Misyura V. Ultrasonic treatment in yogurt production technology // Dairy Industry. – 2023. – No. 5. – Pp. 30–33.

22. GOST ISO 6658–2016. Organoleptic analysis. Methodology. General guidance. — Introduced. 2017-01-01. — Moscow: Standartinform, 2016. — 28 p.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 636.085.55:664.9 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-230-238

Разработка и обоснование технологии производства диетических кормов для непродуктивных животных с использованием вторичных сырьевых ресурсов мясоперерабатывающих предприятий

Development and substantiation of dietary feed production technology for non-productive animals based on secondary raw materials of meat processing enterprises

Аспирант М.А. Харин, профессор А.А. Запорожский,
Кубанский государственный технологический университет
maximkharin98@yandex.ru

Postgraduate student M.A. Kharin, Professor A.A. Zaporozhsky,
Kuban State Technological University
maximkharin98@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты разработки технологии производства диетических кормов для непродуктивных животных (собак) с использованием вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса. Актуальность обусловлена необходимостью снижения отходов мясоперерабатывающих предприятий и импортозамещения в сегменте кормов для домашних питомцев. На основе анализа видов отходов животноводства и существующих методов переработки обоснован выбор тепловой обработки в автоклаве. Разработаны две рецептуры кормовых консервов с использованием ферментированной бараньей обрези, свиной обрези, печени, легких, картофеля, некондиционного зерна, моркови и соли. Экспериментально установлены режимы автоклавирования - температура 140°С, продолжительность 40 минут - обеспечивающие обеззараживание и отделение мышечной массы от костей. Определены параметры сушки: температура 30-35°С, продолжительность 5 часов, позволяющие получить сыпучий продукт с влажностью не более 10%. Относительная биологическая ценность кормов оценена на тест-культуре Tetrahymena pyriformis. Показано, что ОБЦ кормовых консервов составляет 126-133%, сухих кормов - 140-148% по сравнению с казеином (100%). Разработанная технология может быть внедрена на предприятиях различной мощности.

Abstract. The article presents the results of developing a technology for producing dietary feeds for non-productive animals (dogs) using secondary raw materials from the agro-industrial complex. The relevance is determined by the need to reduce waste from meat processing enterprises and import substitution in the segment of pet feeds. Based on the analysis of livestock waste types and existing processing methods, the choice of heat treatment in an autoclave is justified. Two recipes of canned feed have been developed using fermented mutton trimmings, pork trimmings, liver, lungs, potatoes, substandard grain, carrots and salt. The autoclaving parameters - temperature 140°C, duration 40 minutes - ensuring disinfection and separation of muscle mass from bones have been experimentally established. Drying parameters - temperature 30-35°C, duration 5 hours - allowing to obtain a free-flowing product with moisture content not exceeding 10% have been determined. The relative biological value of feeds was evaluated on the test culture Tetrahymena pyriformis. It is shown that the RBV of canned feeds is 126-133%, of dry feeds - 140-148% compared to casein (100%). The developed technology can be implemented at enterprises of various capacities.

Ключевые слова: диетические корма, непродуктивные животные, вторичные сырьевые ресурсы, автоклавирование, Tetrahymena pyriformis, биологическая ценность, отходы мясопереработки.

Keywords: dietary feeds, non-productive animals, secondary raw materials, autoclaving, Tetrahymena pyriformis, biological value, meat processing waste.

© М.А. Харин, А.А. Запорожский, 2026

Проблема рационального использования вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса приобретает особую остроту в условиях наращивания объемов производства мяса и мясопродуктов. По данным официальной статистики, при переработке мясного сырья доля отходов может достигать 40-60% от общего объема, что создает серьезную экологическую нагрузку. Традиционные способы утилизации, такие как вывоз на поля, компостирование или захоронение, не всегда эффективны и часто сопряжены с риском распространения инфекций. В связи с этим актуальной становится разработка технологий, позволяющих перерабатывать отходы в востребованную продукцию - корма для непродуктивных животных.

Российский рынок кормов для домашних питомцев в последние годы демонстрирует устойчивый рост, однако значительная доля продукции по-прежнему импортируется.

Прекращение поставок от европейских производителей, наблюдаемое с 2022 года, стимулирует развитие отечественного кормопроизводства. При этом многие существующие рецептуры используют сырье с низкой пищевой ценностью, содержат костную муку, растительные наполнители и химические добавки. Задача разработки натуральных диетических кормов на основе вторичных ресурсов, обеспечивающих высокую биологическую ценность и безопасность, является своевременной и востребованной.

Объектами исследования в настоящей работе выступают корма для непродуктивных животных (собак) и сырье для их производства - отходы мясопереработки.

Предмет исследования - выявление альтернатив традиционному сырью, применяемому в кормах.

Цель работы - разработка технологии диетических кормов для непродуктивных животных с использованием вторичных сырьевых ресурсов АПК. Для достижения цели решались следующие задачи: описание видов отходов животноводства и методов их переработки; разработка рецептур кормов; описание технологического процесса; исследование качества полученных кормов, включая оценку биологической ценности на тест-культуре Tetrahymena pyriformis.

На предприятиях мясоперерабатывающей отрасли образуются различные виды отходов. Традиционно к отходам относят навоз и помет, которые после переработки используются в качестве удобрений. Однако в последние годы сформировалась более широкая трактовка: к отходам животноводства также относят мясокостные остатки после убоя, непищевую обрезь, техническую кровь, шквару от вытопки жира, субпродукты, выбракованные по ветеринарно-санитарным показателям. Утилизация этих отходов сопряжена с рядом сложностей: их нельзя вывозить на поля как навоз, а компостирование требует специальных условий и длительного времени.

Наиболее перспективными методами переработки мясокостных отходов являются экструдирование и тепловая обработка в автоклаве. Экструдирование при температуре 130-160°С позволяет за короткое время (менее 30 секунд) получить стерильный однородный продукт. Этот метод экономичен, экологичен и может быть организован на предприятиях различного масштаба. Однако при экструдировании происходит интенсивная тепловая денатурация белков, что может снижать биологическую ценность. Альтернативой выступает автоклавирование - обработка насыщенным паром под давлением. В Европейском союзе регламентирован режим 133°С в течение 20 минут при давлении 300 кПа. В США применяют сухую тепловую обработку при 120-135°С в течение 45-90 минут под давлением 2,8-4,2 бар. Выбор режима определяется балансом между обеззараживанием и сохранением питательных свойств.

В настоящем исследовании предпочтение отдано автоклавированию, поскольку оно не только обеспечивает стерилизацию, но и способствует размягчению соединительной ткани, облегчая отделение мышечной массы от костей. Это позволяет извлечь дополнительное количество полноценного белка из мясокостных остатков.

Непродуктивные животные - это собаки, кошки, попугаи, морские свинки, декоративные кролики, рыбки. Для них корм подбирается особенно тщательно, поскольку здоровье питомца напрямую зависит от качества питания.

В Российской Федерации отсутствует единый технический регламент на корма для непродуктивных животных, однако действует ряд стандартов.

С 1 сентября 2022 года процедура обязательной оценки соответствия кормов для кошек, собак, декоративных птиц, рыб и грызунов проводится по ГОСТ Р 55453-2013 «Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия». Этот стандарт устанавливает требования к физико-химическим показателям, энергетической ценности, содержанию витаминов и минеральных веществ.

Важным нововведением является обязательная маркировка кормов. С 1 сентября 2025 года продажа кормов для животных возможна только при наличии кодов маркировки в системе «Честный ЗНАК». С 1 октября 2024 года началась маркировка сухих кормов и лакомств, с 1 марта 2025 года - влажных кормов. Маркировка позволяет отслеживать каждую упаковку, бороться с контрафактом и подменой ингредиентов.

По оценкам, доля нелегального оборота кормов в РФ достигает 10%, поэтому введение маркировки является своевременной мерой.

При разработке рецептур диетических кормов следует избегать потенциально вредных добавок: искусственных красителей, синтетических консервантов (этоксихин, формальдегид), гидролизатов животного белка, вызывающих скачки глюкозы в крови. Также нежелательно использование кукурузы и сои в качестве основы, так как они плохо перевариваются и могут вызывать аллергию. Оптимальным является использование натуральных компонентов - мышечного мяса, субпродуктов, овощей, зерновых с низким глютеновым индексом.

Современные технологии производства кормов для непродуктивных животных можно разделить на три группы: производство влажных консервов, производство сухих кормов (экструдированных или гранулированных) и производство сублимированных продуктов. Влажные консервы готовят путем смешивания мясного сырья с бульоном, жирами, витаминно-минеральными премиксами с последующей стерилизацией в автоклаве. Сухие корма получают экструдированием или гранулированием смеси мясокостной муки, зерновых, овощей и добавок. Сублимированные продукты изготавливают методом лиофильной сушки, что позволяет максимально сохранить биологически активные вещества, но этот метод дорог и энергозатратен.

Анализ научных публикаций за 2017-2024 годы показывает, что многие существующие технологии используют сырье с низкой пищевой ценностью, включая костную муку, которая снижает массовую долю белка. Исследование состава 28 различных кормов, проведенное отечественными учеными, показало, что основными ингредиентами часто являются гидролизированная печень, мясная и кровяная мука, пшеница, соевый шрот. Такие корма не обеспечивают необходимую питательную ценность и могут содержать остаточные количества химических реагентов.

В связи с этим была поставлена задача разработать технологию, которая позволяет использовать вторичные ресурсы (субпродукты, мясную обрезь) без включения костной муки, с щадящими режимами сушки и контролем биологической ценности с помощью тест-объектов.

Для производства кормовых продуктов были использованы продукты убоя животных и такие отходы, как техническая кровь, непищевая мясная обрезь, кость, нестандартное сырье, костная крошка, образующаяся при распиловке туш мелкого рогатого скота и свиней, шквара от вытопки жира, а также субпродукты, выбракованные по ветеринарно-санитарным показателям.

На основе анализа химического состава доступного сырья были разработаны два варианта рецептур кормовых консервов (таблица 1).

При проектировании рецептур учитывали следующие требования: соотношение животного и растительного сырья должно составлять примерно 1:1 (по 50%); в 100 г корма должно содержаться 300-350 ккал обменной энергии; рацион должен соответствовать малоподвижному образу жизни домашних собак.

Таблица 1

Рецептуры кормовых консервов

Наименование сырья		Содержание сырья по рецептурам			
		вариант 1	вариант 2		
		кол-во, г	%	кол-во, г	%
Ферментированная баранья обрезь		100	16,2	300	48,6
Свиная обрезь		100	16,2	-	-
Печень		50	8,1	-	-
Легкие		50	8,1	-	-
Картофель		100	16,2	100	16,2
Зерно некондиционное		200	32,7	200	32,4
Морковь		10	1,6	10,0	1,6
Соль		7	1,1	7	1,1
Итого		617	100	617	100

Как видно из таблицы 1, рецептура №1 содержит более разнообразное животное сырье (баранья обрезь, свиная обрезь, печень, легкие), тогда как рецептура №2 состоит только из бараньей обрези и растительных компонентов. Обе рецептуры сбалансированы по основным питательным веществам.

Технической задачей являлось обеспечение животных качественным и полноценным кормом с привлекательными вкусовыми показателями, способствующим улучшению роста, выносливости, крепости зубов и профилактике заболеваний обмена веществ.

Помимо консервов, были разработаны рецептуры полнорационных сухих кормов для собак (таблицы 2 и 3). В их состав входят мясокостная мука, костная мука, кукурузная мука, пшеничная мука, картофель, сушеная морковь, капуста, спиртовая дробина, ароматизатор, поливитаминный комплекс, соль.

Корм готовили путем подбора ингредиентов, смешивания, сушки и гранулирования или экструдирования. Соотношение компонентов обеспечивает оптимальное содержание необходимых веществ.

Расчет обменной энергии для рецептуры №1 составил 1269 ккал на 1000 г продукта, для рецептуры №2 - 1421 ккал. Обе рецептуры обеспечивают высокое содержание белка (200-225 г/кг) и умеренное содержание жира (36-41 г/кг). Нормы суточного рациона в зависимости от живой массы собак варьируют от 30 до 45 г на 1 кг живой массы, что соответствует 240-900 г/сутки для собак массой от 8 до более 21 кг.

Таблица 2

Рецептура №1 полнорационных сухих кормов для собак (на 1000 г)

Состав	кол-во, г	%	корм. ед.	ккал	белок, г	жир, г	зола, г	клетчатка, г
Мука мясокостная	360	36	0,342	932	162	28,8	64	7,2
Мука костная	100	10	0,016	87,7	18	1,5	58	0
Мука кукурузная	100	10	0,131	74,1	9	4	1,3	2,2
Мука пшеничная	50	5	0,05	147,5	7,1	1,5	1,2	2,5
Картофель	140	14	0,141	9,3	2,0	0,12	1,4	0,85
Морковь сушеная	75	7,5	0,001	5,36	5,36	0,15	0,9	0,97
Капуста	65	6,5	0,012	6,13	0,12	0,013	0,008	0,11
Дробина спиртовая ферментированная	60	6	0,06	6,95	1,29	0,18	-	-
Ароматизатор пищевой	1	0,1	-	-	-	-	-	-
Поливитаминный комплекс	1	0,3	-	-	-	-	-	-
Соль поваренная	48	4,6	-	-	-	-	-	-
Итого	1000	100	0,753	1269	200,4	36,2	127	14,67

Таблица 3

Рецептура №2 полнорационных сухих кормов для собак (на 1000 г)

Состав	кол-во, г	%	корм. ед.	ккал	белок, г	жир, г	зола, г	клетчатка, г
Мука мясокостная	430	43	0,408	1113,2	192	34,2	76,0	8,5
Мука костная	70	7	0,011	61,39	12,6	1,0	40,6	-
Мука кукурузная	100	10	0,131	74,1	9	4	1,3	2,2
Мука пшеничная	50	5,5	0,05	147,5	7,1	1,5	1,2	2,5
Картофель	100	10	0,1	6,6	1,4	0,08	1,0	0,60
Морковь сушеная	80	8	0,001	5,36	0,97	0,15	0,9	0,97
Капуста	60	6	0,012	6,13	0,12	0,013	0,008	0,11
Дробина спиртовая ферментированная	60	6	0,06	6,95	1,29	0,18	0,24	0,84
Ароматизатор пищевой	1-3	0,3	-	-	-	-	-	-
Поливитаминный комплекс	3	0,1	-	-	-	-	-	-
Соль поваренная	42-44	4,3	-	-	-	-	92,0	-
Итого	1000	100	0,773	1421	224,8	41,1	121,2	15,72

Обзор научных источников позволил обосновать выбор технологии переработки мясокостных отходов методом тепловой обработки в автоклаве. Экспериментальным методом были отработаны режимы и этапы технологической обработки.

Технологический процесс включает следующие стадии:

– мойка частей мясокостного остова после обвалки;

– варка в течение 40 минут в автоклаве при температуре 140°С (давление насыщенного пара при этой температуре составляет примерно 0,36 МПа, однако в диссертации давление не указано, но оно определяется температурой);

– охлаждение всей мясокостной массы в бульоне до 25°С;

– извлечение термообработанных мясокостных продуктов;

– отделение мякоти от костей и измельчение массы на мясорубке.

Бульон, в зависимости от количества жира на поверхности, охлаждают до 0°С, процеживают и собирают жир для дальнейшего использования. Вареную мясную фаршеобразную массу распределяют тонким слоем на перфорированной поверхности дегидратора и подвергают сушке при температуре 30-35°С в течение 5

часов до состояния сыпучести. Высушенную массу просеивают через перфорации листа дегидратора, в результате чего она приобретает вид мясных гранул.

Для рецептуры сухих кормов используют следующие компоненты: животный белок (мясные гранулы и мясокостный бульон) и растительный компонент (смесь рисовой, амарантовой и кукурузной муки в заданном соотношении). Были разработаны и экспериментально апробированы два варианта пищевых систем.

Первая смесь: мясные гранулы, зерновая композиция и мясокостный бульон. Компоненты смешивались до получения однородной массы вязкой консистенции с содержанием влаги 58%.

Вторая смесь: зерновая композиция и мясокостный бульон без добавления мясных гранул (влажность 53%).

Каждый из вариантов рецептуры адаптирован для применения в технологических процессах существующих мясоперерабатывающих предприятий.

Этапы технологического процесса производства корма включают: соединение компонентов рецептурной композиции в миксере путем простого перемешивания в течение 5 минут; отсаживание массы пищевой основы в виде шариков или таблеток размером 10-12 мм на рабочую поверхность дегидратора; высушивание при температуре 30-35°С в течение 5 часов. В результате получают сухой корм для непродуктивных животных.

Оценку качества разработанных кормов проводили по органолептическим, физико-химическим и биологическим показателям. Органолептическая оценка показала: внешний вид - высушенные твердые кусочки размером 10-12 мм; цвет - оттенки светло-коричневого; запах слабо выражен, отсутствуют оттенки недоброкачественности.

Результаты кормления домашних животных, оцененные по отклику владельцев, показали следующее. Кошки, приученные к определенному виду корма, не проявили интерес к опытным образцам. Однако кошки, питающиеся как сухим кормом, так и обычными пищевыми продуктами, полностью съедали корм обоих видов. Собаки породы такса, получавшие ранее сухой и влажный корма, не отреагировали на корм «Органик» на мясном бульоне, но проявили большой интерес к корму «Органик» с мясными гранулами. Собаки крупных пород (сенбернар и среднеазиатская овчарка) проявляли большой интерес к обоим образцам. В целом сенсорное восприятие животными оценено как положительное.

Реологические характеристики текстуры кормов определяли с помощью анализатора текстуры «Структурометр-СТ2». Установлено, что образцы проявляют относительно стабильное поведение при механическом нагружении и разрушаются при определенном усилии, что характеризует наличие твердообразной текстуры. По числовым показателям усилий деформации корм не обладает очень высокой твердостью. Более хрупкой структурой обладает корм без мясных гранул.

Микроскопия слоя корма, окрашенного сафранином, показала наличие вишнево-красных включений, что свидетельствует о присутствии небольшого количества клетчатки в виде отдельных волокон от зерновых компонентов. Это важно, поскольку клетчатка необходима животным в небольших количествах для поддержания функций желудочно-кишечного тракта.

Для оценки биологической ценности разработанных кормов использовали тест-культуру инфузорий Tetrahymena pyriformis. Этот метод широко применяется в биологических исследованиях для быстрой оценки питательной ценности белковых продуктов.

Тест-культуру выращивали в течение трех суток при 25°С на пептонной среде следующего состава (г): пептон - 2,0; дрожжевой экстракт - 0,1; глюкоза - 0,5; хлористый натрий - 0,1; дистиллированная вода - до 100 мл (pH 7,1). Концентрацию

клеток доводили до 80-100 тыс. инфузорий в 1 мл. В качестве стандартной среды (контроль) использовали казеин.

Анализу подвергали выработанные мясорастительные кормовые консервы и сухие корма по рецептурам.

Перед подсчетом количества клеток в камере Фукса-Розенталя во флакончики вносили 3 мл фиксирующего раствора, состоящего из 20 мл 36%-ного формалина, 175 мг KH_2PO_4, 170 мг K_2HPO_4 и 440 мл дистиллированной воды. Относительную биологическую ценность (ОБЦ) рассчитывали по формуле:

ОБЦ = (Количество инфузорий, выросших на кормах / Количество инфузорий, выросших на стандартной среде) × 100%

Результаты исследований, выполненных в трехкратной повторности, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Относительная биологическая ценность мясорастительных кормовых консервов и сухих кормов

Образец	ОБЦ, % (M ± m)
Кормовые консервы, рецептура №1	133 ± 1,4
Кормовые консервы, рецептура №2	126 ± 1,4
Сухой корм, рецептура №1	140 ± 1,5
Сухой корм, рецептура №2	148 ± 1,6
Казеин (контроль)	100

Из таблицы видно, что относительная биологическая ценность выработанных мясорастительных консервов выше на 26-33%, чем ОБЦ казеина. При этом ОБЦ консервов, полученных по рецептуре №1, в состав которой входит не только мясо баранины и свинины, но также печень и легкие, превышала на 4-7% показатели кормов, выработанных по рецептуре №2. Вероятно, при увеличении в рецептуре доли печени можно добиться дальнейшего повышения относительной биологической ценности. Показатели ОБЦ у сухого корма выше на 40-56%, чем ОБЦ казеина. ОБЦ сухого корма выше ОБЦ мясорастительных консервов, что объясняется достаточно высоким процентом содержания мясокостной и костной муки (до 70%) и сырого протеина (33-35%).

Полученные результаты свидетельствуют, что разработанные корма обладают высокой биологической ценностью, превосходящей стандартный белок казеин. Это подтверждает эффективность выбранных технологических решений - автоклавирования при 140°С и щадящей сушки при 30-35°С, позволяющих сохранить нативные свойства белков и сделать их доступными для тест-культуры.

Разработанная технология переработки мясокостных отходов в корма для непродуктивных животных обладает рядом преимуществ. Она позволяет снизить объем отходов на предприятиях различной мощности с использованием доступного оборудования (автоклавы, дегидраторы, мясорубки), уже установленного на большинстве мясоперерабатывающих производств. Ключевым решением стало применение тепловой обработки, обеспечивающей извлечение дополнительной мышечной мякоти из мясокостных остатков. Это позволило получить полноценную мясную массу, которая была интегрирована в рецептуру кормов.

В отличие от существующих рецептур сухих кормов, разработанный состав может быть адаптирован под использование промежуточных продуктов: мясной массы для изготовления гранул, мясокостного бульона для формирования базовой смеси, а кости могут перерабатываться в костную муку. Такой подход позволяет предприятиям организовать замкнутый производственный цикл, минимизируя образование отходов.

Качество полученного продукта полностью соответствует нормативам ГОСТ Р 55453-2013. Предложенные технологические решения позволяют не только снизить экологическую нагрузку, но и увеличить добавленную стоимость продукции. Применение этой технологии может способствовать вовлечению большего числа предприятий, включая малые и фермерские хозяйства, в программы переработки отходов, тем самым улучшая экологическую устойчивость мясоперерабатывающей отрасли. В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы.

Обоснована целесообразность использования вторичных сырьевых ресурсов мясопереработки (ферментированная баранья обрезь, свиная обрезь, печень, легкие, мясокостные остатки) для производства диетических кормов для непродуктивных животных. Разработаны две рецептуры кормовых консервов и две рецептуры сухих полнорационных кормов для собак.

Экспериментально установлены оптимальные режимы тепловой обработки мясокостных отходов: автоклавирование при температуре 140°С в течение 40 минут, обеспечивающее обеззараживание сырья и облегчающее отделение мышечной массы от костей. Определены параметры сушки: температура 30-35°С, продолжительность 5 часов, позволяющие получить сыпучий продукт с влажностью не более 10% без потери биологической активности.

С использованием тест-культуры Tetrahymena pyriformis оценена относительная биологическая ценность разработанных кормов. Показано, что ОБЦ кормовых консервов составляет 126-133%, сухих кормов - 140-148% по сравнению с казеином (100%). Наиболее высокие показатели достигнуты для рецептуры №1 консервов (с печенью и легкими) и рецептуры №2 сухих кормов (с повышенным содержанием мясокостной муки).

Разработанная технология может быть внедрена на мясоперерабатывающих предприятиях различной мощности, позволяя организовать замкнутый цикл переработки отходов и получать востребованную продукцию с высокой добавленной стоимостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об отходах производства и потребления (с изменениями на 31 июля 2025 года): Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998. - № 26. - Ст. 3009.

2. Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия: постановление Правительства РФ от 23.12.2021 № 2425 // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2022. - № 1 (ч. I). - Ст. 136.

3. ГОСТ Р 55453-2013. Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 12 с.

4. Антипова, Л. В. Использование вторичных ресурсов мясной промышленности / Л. В. Антипова, С. А. Сторублевцев. - Воронеж: ВГУИТ, 2019. - 248 с. - ISBN 978-5-00032-341-2.

5. Горлов, И. Ф. Биотехнологические аспекты переработки коллагенсодержащего сырья / И. Ф. Горлов, О. П. Серова, Л. А. Синельникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2021. - № 2 (62). - С. 213-221.

6. Лисицын, А. Б. Научное обеспечение инновационных технологий производства кормов для непродуктивных животных / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха // Все о мясе. - 2022. - № 3. - С. 12-17.

7. Хвыля, С. И. Гистологический состав и безопасность кормов для домашних животных / С. И. Хвыля, О. А. Кузнецова // Мясная индустрия. - 2020. - № 4. - С. 58-61.

8. Занько, Н. Г. Влияние способов автоклавирования на биологическую ценность мясных кормов для непродуктивных животных / Н. Г. Занько, Е. А. Крылова // Техника и технология пищевых производств. - 2023. - Т. 53, № 1. - С. 88-96.

9. Патент № 2756320 C1 Российская Федерация, МПК A23K 10/20. Способ производства корма для непродуктивных животных / Гребенщиков А. В., Степанов В. И. ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИМП им. В. М. Горбатова. - № 2021103940 ; заявл. 16.02.2021 ; опубл. 29.09.2021, Бюл. № 28. - 11 с.

10. FAO/WHO. Protein Quality Evaluation: Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. - Rome: Food and Agriculture Organization, 2021. - 66 p. - ISBN 978-92-5-134573-9.

REFERENTS

1. Об отходах производства и потребления (с изменениями на 31 июля 2025 года): Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1998. — № 26. — Ст. 3009.

2. Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия: постановление Правительства РФ от 23.12.2021 № 2425 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2022. — № 1 (ч. I). — Ст. 136.

3. ГОСТ Р 55453-2013. Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2014. — 12 с.

4. Антипова, Л. В. Использование вторичных ресурсов мясной промышленности / Л. В. Антипова, С. А. Сторублевцев. — Воронеж: ВГУИТ, 2019. — 248 с. — ISBN 978-5-00032-341-2.

5. Горлов И. Ф., Серова О. П., Синельникова Л. А. Биотехнологические аспекты переработки коллагенсодержащего сырья // Известия Нижневолжского агропромышленного комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2021. — № 2 (62). — С. 213–221.

6. Лисицын А. Б., Чернуха И. М. Научное обеспечение инновационных технологий производства кормов для непродуктивных животных // Все о мясе. — 2022. — № 3. — С. 12–17.

7. Хвыля С. И., Кузнецова О. А. Гистологический состав и безопасность кормов для домашних животных // Мясная индустрия. — 2020. — № 4. — С. 58–61.

8. Занько, Н. Г. Влияние способов автоклавирования на биологическую ценность мясных кормов для непродуктивных животных / Н. Г. Занько, Е. А. Крылова // Техника и технология пищевых производств. - 2023. - Т. 53, № 1. - С. 88-96.

9. Патент № 2756320 C1 Российская Федерация, МПК A23K 10/20. Способ производства корма для непродуктивных животных / Гребенщиков А. В., Степанов В. И. ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИМП им. В. М. Горбатова. - № 2021103940 ; заявл. 16.02.2021 ; опубл. 29.09.2021, Бюл. № 28. - 11 с.

10. ФАО/ВОЗ. Оценка качества белка: доклад совместной консультации экспертов ФАО/ВОЗ. - Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, 2021. - 66 с. - ISBN 978-92-5-134573-9.

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.3.04 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-239-243

Эффективность пробиотика Ликвафид при выращивании молоди стерляди

Efficacy of the probiotic Liquafeed in rearing juvenile sterlet

Аспирант А.С. Алексеев, профессор Л.А. Ильина (ORCID 0000-0003-2789-4844), доцент С.П. Скляров (ORCID 0009-0000-4184-7206), профессор Т.А. Нечаева (ORCID 0000-0003-4858-567X), профессор В.Ю. Морозов (ORCID 0000-0002-3688-1546),
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
ilina@spbgau.ru

Postgraduate student A.S. Alekseev, Professor L.A. Ilyina (ORCID 0000-0003-2789-4844), Associate Professor S.P. Sklyarov (ORCID 0009-0000-4184-7206), Professor T.A. Nechaeva (ORCID 0000-0003-4858-567X), Professor V.Y. Morozov (ORCID 0000-0002-3688-1546),
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State Agrarian University”
ilina@spbgau.ru

Аннотация. В статье представлены результаты оценки эффективности влияния пробиотика Ликвафид при выращивании молоди стерляди. Применение микробиологических препаратов для кормления рыб в последние годы приобретает все больший интерес. Пробиотические штаммы бактерий обладают целым спектром свойств, способствующих снижению представленности в кишечнике рыб патогенных микроорганизмов, что уменьшает риск заболеваний и потерь в аквакультуре. В настоящей работе охарактеризовано влияние пробиотика Ликвафид на основе двух штаммов на продуктивные показатели и состав микробиоты кишечника стерляди при выращивании в условиях УЗВ. По результатам количественной ПЦР выявлено, что в кишечнике стерляди при использовании пробиотика наблюдалось повышение количества представителей нормофлоры и снижение патогенов. Включение в рацион молоди стерляди пробиотика Ликвафид в дозировке 2 кг/т корма способствовало повышению показателей абсолютного прироста - на 23,9%, относительного прироста – на 31,6%, скорости роста по Броуди на 27,5% относительно контроля. Применение пробиотика способствовало оптимизации микробиоты кишечника молоди стерляди, связанной с повышением количества бактерий с антимикробными свойствами (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*), целлюлозолитической и протеолитической активностью (*Bacteroidetes* и *Blautia*), а также угнетением условно-патогенной и патогенной микробиоты (*Acinetobacter* spp, *Proteus vulgaris/mirabilis*, *Escherichia coli*). Полученные результаты свидетельствуют об улучшении иммунитета и интенсификации метаболизма у рыб под влиянием пробиотика, что способствовало повышению показателей продуктивности. Это подтверждает высокую эффективность и перспективность использования пробиотика Ликвафид при выращивании молоди стерляди в УЗВ.

Abstract. This article presents the results of evaluating the effectiveness of the probiotic Liquafeed in growing juvenile sterlet. The use of microbiological preparations in fish feed has gained increasing interest in recent years. Probiotic bacterial strains possess a range of properties that help reduce the presence of pathogenic species in the fish intestine, thereby reducing the risk of diseases and losses in aquaculture. This study characterized the effect of a probiotic based on two strains on the morphobiological parameters and the composition of the intestinal microbiota of sterlet grown in recirculating aquaculture systems. According to the results of quantitative PCR, an increase in the number of normal flora representatives and a decrease in pathogens were observed in the intestines of sterlet with the use of the probiotic. The inclusion of the probiotic Liquafeed in the diet of juvenile sterlet at a dosage of 2 kg/t of feed contributed to an increase in absolute growth rates by 23.9%, relative growth by 31.6%, and the Brodie growth rate by

© А.С. Алексеев, Л.А. Ильина, С.П. Скляров, Т.А. Нечаева, В.Ю. Морозов, 2026

27.5% relative to the control. Probiotic use optimized the intestinal microbiota of juvenile sterlet, increasing the abundance of bacteria with antimicrobial properties (*Lactobacillus, Bifidobacterium*), cellulolytic and proteolytic activity (*Bacteroidetes* and *Blautia*), and suppressing opportunistic and pathogenic microbiota (*Acinetobacte*r spp, *Proteus vulgaris/mirabilis, Escherichia coli*). The results indicate improved immunity and metabolic intensification in the fish under the influence of the probiotic, which contributed to increased productivity. This confirms the high efficacy and potential of using the probiotic Liquafeed in raising juvenile sterlet in recirculating aquaculture systems.

Ключевые слова: пробиотик Ликвафид, молодь стерляди УЗВ, осетровые, микробиом кишечника, здоровье, продуктивность, темп роста

Keywords: Liquafeed probiotic, juvenile sterlet, RAS, sturgeon, gut microbiome, health, productivity, growth rate

Стерлядь (*Acipenser ruthenus Linnaeus*, 1758) относится к хрящевым ганоидным рыбам рода *Acipenser* из семейства *Acipenseridae* (отряд *Acipenseriformes*). В ряде стран данный вид имеет высокий коммерческий интерес благодаря вкусовым качествам икры и мяса [3]. Стерлядь характеризуется медленными темпами роста, что является типичной чертой для всех осетровых. В связи с резким уменьшением численности диких популяций стерляди в настоящее время большая часть продукции из этого вида поступает из аквакультуры. Наибольший интерес исследователей связан с поиском новых и оптимизацией существующих технологий разведения и кормления стерляди [2, 3].

Одним из наиболее перспективных направлений является применение в кормлении осетровых пробиотических препаратов, которые способны оказывать положительное влияние на показатели роста и устойчивость к заболеваниям. Это связано с угнетением нежелательной и патогенной микробиоты кишечника и стимулированием роста представителей нормофлоры, что способствует оптимизации метаболизма и усвоения питательных веществ [4, 7]. Вместе с тем, вопрос влияния пробиотиков на микробиоту, здоровье и продуктивность стерляди, в настоящее время изучен недостаточно.

В связи с этим цель настоящего исследования заключается в изучении эффективности влияния пробиотика Ликвафид на количественный состав микробиоты кишечника и показатели роста молоди стерляди.

Научно-хозяйственный опыт проводили в УЗВ научно-исследовательской лаборатории аквакультуры ФГБОУ ВО СПбГАУ. Объектом исследования послужила молодь стерляди средней живой массой 200 г., которая была разделены методом пар-аналогов на 2 группы (n=25 в каждой группе).

Кормление и содержание стерляди для групп было идентичным. Рацион рыб контрольной группы содержал корм производства Academfeed (Россия), в рацион опытной группы в течении трех недель включали пробиотик Ликвафид (производства ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург) в количестве 2 кг/т корма для опытной группы.

Показатели выращивания рыб оценивали согласно методическим рекомендациям по ихтиологическим и аквакультурным исследованиям [1].

Оценку количества микроорганизмов проводили в образцах толстого кишечника в конце опыта с применением методики количественной ПЦР. Для этого проводили выделение тотальной ДНК из образцов с помощью набора Genomic DNA Purification Kit («Thermo Fisher Scientific, Inc.», США) согласно рекомендациям производителя. Количественную ПЦР проводили с помощью набора «Колонафлор-Премиум» (ООО «Альфалаб», Россия) на амплификаторе ДТ Lite-4 (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) согласно рекомендации производителя.

Статистическую обработку результатов выполняли в программе Excel. Достоверность различий оценивали с применением t-критерия Стьюдента.

В таблице 1 представлены результаты оценки показателей прироста молоди стерляди в конце эксперимента. Абсолютный прирост при введении в корм пробиотика был выше по сравнению с контрольными показателями. В опытной группе, рацион которой содержал пробиотик Ликвафид, показатель абсолютного прироста превышал контрольную группу на 23,9%, относительного прироста – на 31,6%. Скорость роста по Броуди в опытной группе была выше на 27,5% относительно контроля. Выживаемость рыб составила в контрольной группе 92%, в опытной – 100%. Полученные показатели свидетельствуют о положительном ответе организма рыб на пробиотик Ликвафид и высокой эффективности его использования при выращивании молоди стерляди в условиях УЗВ.

Рис. 1. Показатели прироста массы молоди стерляди при использовании пробиотика Ликвафид

В таблице 2 представлены результаты оценки некоторых микроорганизмов кишечника молоди стерляди по данным количественной ПЦР. Выявлено, что применение пробиотика приводило к повышению количества бактерий с антимикробными свойствами родов *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*. Количество бифидобактерий у рыб опытной группы повышалось в 20,3 раза по сравнению с контролем, а лактобактерий – от уровня ниже предела достоверного определения (п.д.о. - 10^3 геномов/г) до $1{,}35\times10^8$ геномов/г. Известно, что представители родов *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* относятся к важным продуцентам широкого спектра антимикробных соединений, в частности бактериоцинов, органических кислот и пр.

Также под влиянием препарата Ликвафид в кишечнике исследуемых рыб повышалось количество бактерий с целлюлозолитическими, амилолитическими и протеолитическими свойствами - *Bacteroides* spp. в 47,8 раз и *Blautia* spp от уровня ниже п.д.о. до $3{,}33\times10^5$ геномов/г. Бактерии рода *Bacteroides* способны к биосинтезу широкого спектра ферментов, участвующих в усвоении кормов. При этом происходило снижение количества других бактерий с ферментативными свойствами - *Ruminococcus* spp. и *Prevotella* spp. до уровня ниже п.д.о. Вероятно, выявленные изменения микробного сообщества кишечника рыб приводили к оптимизации метаболических процессов, что способствовало улучшению продуктивных показателей [5, 6].

Применение пробиотика в рационе молоди стерляди приводило к снижению разнообразия и количества представителей условно-патогенной и патогенной микробиоты в кишечнике исследуемых рыб, некоторые штаммы которых являются возбудителями дисбизов и обладают высокой антибиотикорезистентностью. При использовании пробиотика в рационах стерляди отмечено снижение в кишечнике

бактерий рода *Acinetobacter* spp в 3,1 раза, *Proteus vulgaris/mirabilis* в 995 раз (p≤0,05), *Escherichia coli* в 1,9 раз по сравнению с контрольной группой.

Полученные результаты свидетельствуют о повышении защитных и метаболических свойств микробиома ЖКТ молоди стерляди при использовании в рационе пробиотика Ликвафид.

Таблица 2

Количество микроорганизмов в кишечнике молоди стерляди при использовании в рационе пробиотика Ликвафид, геномов/г содержимого ЖКТ

Наименование микроорганизма	Контроль	Опытная
Бактерии с антимикробными свойствами		
Bifidobacterium spp.	$6{,}67\times10^{6} \pm 1{,}15\times10^{6}$	$1{,}36\times10^{8} \pm 2{,}29\times10^{7}$ *
Lactobacillus spp.	<п.д.о.*	$1{,}35\times10^{8} \pm 1{,}3\times10^{7}$ *
Бактерии с ферментативными свойствами		
Bacteroides spp.	$7{,}0\times10^{6} \pm 3{,}0\times10^{6}$	$3{,}35\times10^{8} \pm 5{,}76\times10^{7}$ *
Faecalibacterium prausnitzii	$6{,}67\times10^{6} \pm 1{,}15\times10^{6}$	$4{,}67\times10^{5} \pm 4{,}04\times10^{5}$
Blautia spp.	<п.д.о.	$3{,}33\times10^{5} \pm 5{,}77\times10^{5}$ *
Ruminococcus spp.	$2{,}33\times10^{5} \pm 4{,}04\times10^{5}$	<п.д.о.
Prevotella spp.	$3{,}33\times10^{5} \pm 5{,}77\times10^{4}$	<п.д.о.
Условно-патогенные микроорганизмы		
Acinetobacter spp.	$7{,}33\times10^{6} \pm 2{,}52\times10^{6}$	$2{,}35\times10^{6} \pm 4{,}03\times10^{5}$
Escherichia coli	$7{,}33\times10^{4} \pm 3{,}79\times10^{4}$	$3{,}93\times10^{4} \pm 5{,}25\times10^{3}$
Proteus vulgaris/mirabilis	$2{,}33\times10^{9} \pm 4{,}04\times10^{9}$	$2{,}34\times10^{6} \pm 4{,}04\times10^{5}$ *
Streptococcus spp.	$2{,}67\times10^{5} \pm 4{,}62\times10^{5}$	<п.д.о.*

Примечание: <п.д.о. – ниже предела достоверного определения (10^3 геномов./г. содержимого ЖКТ).

* достоверно при $p < 0{,}05$.

Проведенные исследования свидетельствуют о высоком потенциале применения пробиотика Ликвафид в рационах молоди стерляди в условиях УЗВ благодаря их влиянию на микробиом кишечника и продуктивные показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаян В.К. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов / В.К. Бабаян, А.Е. Бобырев, Т.И. Булгакова [и др.] // М.: Изд-во ВНИРО. – 2018. – 312 с.

2. Зеленченкова А.А. Влияние проантоцианидов на некоторые показатели крови и кишечную микробиоту у молоди стерляди / А.А. Зеленченкова // Животноводство и кормопроизводство. – 2025. Т. 108. № 2. – С. 45-59.

3. Кочетков Н.И. Положительный опыт применения штамма *Lactobacillus brevis* 47f на рыбоводно-биологические, гематологические и гистологические показатели молоди стерляди (*Acipenser ruthenus*) / Н.И. Кочетков, Д.Л. Никифоров-Никишин, С.В. Смородинская [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2024. № 4. – С. 96–107.

4. Кошак Ж.В. Сравнительная оценка эффективности использования пробиотика «Натупро» в кормлении форели и стерляди / Ж.В. Кошак, А.Н. Ильяшенко, С.М. Дегтярик [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2025. Т. 108. № 4. – С. 261-273.

5. Abdel-Latif H.M.R., Chaklader M.R., Shukry M., Ahmed H.A., Khallaf M.A. A multispecies probiotic modulates growth, digestive enzymes, immunity, hepatic antioxidant activity, and disease resistance of Pangasianodon hypophthalmus

fingerlings / H.M.R. Abdel-Latif, M.R. Chaklader, M. Shukry [et al.] // Aquaculture. – 2023. Vol. 563. – Art. 738948.

6. Bazari M.S. The effects of four types of specific probiotic on growth performance, liver enzymes and immune indices of juvenile Persian sturgeon (Acipenser persicus) / S. Bazari Moghaddam, M. Pourjaafari // Iranian Journal of Fisheries Sciences. – 2021. Vol. 20. – № 4. – P. 1180–1191.

7. Yang Y. Effects of Dietary Application of the Probiotic Lactobacillus paracasei N1115 on Growth, Hepatic Antioxidant and Immune Biomarkers, and Intestinal Microbiota and Histology of Hybrid Sturgeon (Acipenser baerii ♀ × A. schrenckii ♂) / Y. Yang, T. Liu, L. Li [et al.] // Aquaculture Nutrition. – 2025. – Vol. 2025. – Art. 2463494.

REFERENCES

1. Babayan V.K. Methodological recommendations for assessing the stocks of priority species of aquatic biological resources / V.K. Babayan, A.E. Bobyrev, T.I. Bulgakova [et al.] // Moscow: VNIRO Publishing House. – 2018. - 312 p.

2. Zelenchenkova A.A. Effect of proanthocyanidins on some blood parameters and intestinal microbiota in juvenile sterlet / A.A. Zelenchenkova // Animal Husbandry and Forage Production. - 2025. Vol. 108. No. 2. - Pp. 45-59.

3. Kochetkov N.I. Positive experience of using the Lactobacillus brevis 47f strain on fish-farming biological, hematological and histological parameters of juvenile sterlet (Acipenser ruthenus) / N.I. Kochetkov, D.L. Nikiforov-Nikishin, S.V. Smorodinskaya [et al.] // Fisheries. - 2024. No. 4. - P. 96-107.

4. Koshak Zh.V. Comparative evaluation of the efficiency of using the probiotic "Natupro" in feeding trout and sterlet / Zh. V. Koshak, A. N. Ilyashenko, S. M. Degtyarik [et al.] // Animal Husbandry and Forage Production. - 2025. Vol. 108. No. 4. - P. 261-273.

5. Abdel-Latif H. M. R., Chaklader M. R., Shukry M., Ahmed H. A., Khallaf M. A multispecies probiotic modulates growth, digestive enzymes, immunity, hepatic antioxidant activity, and disease resistance of Pangasianodon hypophthalmus fingerlings / H. M. R. Abdel-Latif, M. R. Chaklader, M. Shukry [et al.] // Aquaculture. - 2023. Vol. 563. - Art. 738948.

6. Bazari M.S. The effects of four types of specific probiotics on growth performance, liver enzymes and immune indices of juvenile Persian sturgeon (Acipenser persicus) / S. Bazari Moghaddam, M. Pourjaafari // Iranian Journal of Fisheries Sciences. - 2021. Vol. 20. - No. 4. - P. 1180-1191.

7. Yang Y. Effects of Dietary Application of the Probiotic Lactobacillus paracasei N1115 on Growth, Hepatic Antioxidant and Immune Biomarkers, and Intestinal Microbiota and Histology of Hybrid Sturgeon (Acipenser baerii ? × A. schrenckii ?) / Y. Yang, T. Liu, L. Li [et al.] // Aquaculture Nutrition. - 2025. - Vol. 2025. - Art. 2463494.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 58:633.8 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-244-249

Изучение возможности выращивания черного тмина (*Nigella sativa* L.) в условиях аридного климата Астраханской области и его морфометрические характеристики

Research of the possibility of growing black cumin (*Nigella sativa* L.) in the arid climate of the Astrakhan region and its morphometric characteristics

Доцент О.В. Новиченко, аспирант М. Шахин
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева
ollevi@bk.ru

Associate Professor O.V. Novichenko, postgraduate student M. Shakhin
V. N. Tatishchev Astrakhan State University
ollevi@bk.ru

Аннотация. Тмин черный (*Nigella sativa* L.) является перспективным сельскохозяйственным растением для выращивания в условиях аридного климата Астраханской области для дальнейшего использования в пищевых и медицинских целях, включая выделение масла семян черного тмина, имеющее широкий спектр действия. Это малоизученное в России растение, поэтому были поставлены полевые опыты по выращиванию черного тмина в Астраханской области. Проведенный анализ морфометрических показателей образцов растений позволяет сделать вывод о высокой степени адаптации сельскохозяйственной культуры к почвенно-климатическим условиям региона. Засухоустойчивость культуры имеет ключевое значение для Астраханской области, климат которой отличается высокими температурами и недостаточным увлажнением. При выращивании тмина было установлено, что в условиях аридного климата полный жизненный цикл чернушка проходит за 90-110 дней, что значительно меньше по сравнению с показателями растения, выращенного в Сирии (120-125 дней). Морфометрические и биологические характеристики чернушки, выращенной на юге России демонстрируют высокие показатели, что обусловлено соответствием почвенно-климатических условий биологическим требованиям культуры.

Abstract. Black cumin (*Nigella sativa* L.) is a promising agricultural crop for cultivation in the arid climate of the Astrakhan region for its use in food and medicinal purposes, including the extraction of black cumin seed oil, which has a broad spectrum of beneficial effects. This plant is poorly studied in Russia, so field experiments on growing black cumin were conducted in the Astrakhan region. An analysis of the morphometric parameters of plant samples suggests a high degree of adaptation of the crop to the region's soil and climatic conditions. Drought resistance is crucial for the Astrakhan region, whose climate is characterized by high temperatures and insufficient moisture. When growing cumin, it was found that in an arid climate, the complete life cycle of nigella sativa L. takes 90-110 days, which is significantly shorter than the 120-125 days of a plant grown in Syria. The morphometric and biological characteristics of black cumin grown in the south of Russia demonstrate high indicators, which is due to the correspondence of soil and climatic conditions to the biological requirements of the crop.

Ключевые слова: тмин черный, *Nigella sativa* L., аридный климат, биологически активные вещества, морфометрические характеристики

Keywords: black seed, *Nigella sativa* L., arid climate, biologically active substances, morphometric characteristics

Черный тмин (чернушка посевная, черный кориандр, *Nigella sativa* L.) является однолетним

© О.В. Новиченко, М. Шахин, 2026

растением, выращиваемым на Востоке [1]. Семена *N. sativa* содержат до 40 % жирного масла, 0,46-1,5 % эфирного масла, тритерпеновые сапонины, алкалоиды нигеллин и дамасцеин, гликозид мелантин, стероиды, терпены, токоферолы и другие биологически активные соединения, имеющие широкий спектр действия [2].

Тмин применяется при лечении всевозможных болезней по всему миру. В традиционной медицине Индии, Пакистана и арабской медицине семена чернушки применяют как мочегонное, желчегонное, глистогонное, мягкое слабительное и желудочное средство. *Nigella sativa* помогает при астме, кашле, подагре, ревматизме, ртутных отравлениях, кожных заболеваниях и др. Черный тмин используют и в гомеопатии [3, 4]. Семена тмина имеют мускатный запах и острый вкус, их, а также масло, полученное холодным отжимом, применяют в хлебобулочной, кондитерской и консервной промышленности, эфирное масло используют в парфюмерии [5, 6].

В настоящее время тмин черный произрастает в Средиземноморье, на Балканском полуострове, в Крыму, на Кавказе, в Малой и Средней Азии. Растёт в посевах, садах и огородах, в лесостепях, по степным склонам. Для России тмин черный – малоизученное растение, однако имеются результаты по успешному выращиванию тмина черного в некоторых частях России [8].

Сирия – это одна из стран, где растение культивируют как для внутреннего потребления, так и на экспорт. Сирийский черный тмин ценится на международном рынке и имеет свои характерные особенности [7]. Рельеф северной части Сирии – равнинный с горными образованиями, местность сложена из осадочных нестойких пород, залегающих почти правильными горизонтальными пластами. Почвы в этой части страны – гипсовые, при орошении пригодные для возделывания хлопчатника. В 1998-2000 гг. ночные температуры января-февраля опускались до -1 °С, днем воздух прогревался до +11-14 °С. В апреле среднесуточная температура составляла +12-13 °С, а в мае дневные температуры были +26-28 °С. Дневная температура летних месяцев достигала +38-40 °С, ночью опускалась до +18-20 °С. За год выпало 100 мм осадков [7, 8].

Посев семян чернушки в Сирии проводится во второй декаде января, всходы появляются через 5-7 дней. Проросток имеет семядоли, апекс с 1-2 бугорками листьев, гипокотиль и главный корень. Результаты фенологических фаз тмина в условиях Сирии показали, что общая длительность межфазного периода от посева до конца плодоношения составляет 120-125 дней, семена созревают в апреле-мае и к концу 2 декады мая жизненный цикл завершается [8, 9].

В связи с тем, что тмин черный имеет уникальный компонентный состав, а также выраженное фармакологическое действие, актуальным и перспективным является изучение возможности выращивания тмина черного (*Nigella sativa* L.) в условиях аридного климата Астраханской области и изучение его морфометрических характеристик.

Объектом исследования были семена тмина черного (*Nigella sativa* L.), образца культурной популяции из Сирии. Выращивали тмин на малом опытном поле в городской зоне Астраханской области. Изучение особенностей роста и развития чернушки проводили в период с мая по июль.

Морфологические исследования были проведены на базе лаборатории «Биотехнология, микробиология и почвоведение» в Технопарке ФГБОУ ВО «АГУ им. В.Н. Татищева». Основные методы морфологических исследований – описательный, сравнительный и экспериментальный. Морфологический коэффициент рассчитан как отношение высоты стебля к длине главного корня и отношение количества листьев к количеству разветвлений. Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами.

При выращивании растений в новых для них почвенно-климатических условиях происходит адаптация к этим условиям, но при этом может меняться ритмичность роста и развития как всего растения, так и его отдельных частей, могут меняться морфологические признаки и их количественные показатели, в конечном итоге и продуктивность растений.

Астраханская область расположена на юго-востоке Восточно-Европейской равнины в пределах Прикаспийской низменности, в умеренных широтах, в зоне пустынь и полупустынь. Климат области резко континентальный, засушливый, погода непостоянна и неустойчива. Лето жаркое, но его компенсируют довольно теплые и мягкие весна и осень, особенно периоды с апреля по май и с августа по октябрь. Средняя температура января -10°С (север области) и -6°С (юг области). Средняя температура июля составляет +25°С. Годовая сумма осадков от 180-200 мм на юге до 280-290 мм на севере области. Наибольшее количество осадков выпадает в период с апреля по июль.

В Астраханской области семена тмина черного сеяли в последней декаде марта. Ритмы прохождения фенологических фаз представлены на рис. 1. Установлено, что в условиях аридного климата Астраханской области полный жизненный цикл чернушка проходит за 90-110 дней, что значительно меньше по сравнению с показателями тмина, выращенного в Сирии (120-125 дней). Скорость прорастания семян ускоренная, поэтому всходы появлялись через 7-10 дней, фаза цветения была короче, чем в Сирии, почти в 2 раза. Фаза плодоношения и созревания семян растянута до конца сентября. Несмотря на это, не во всех плодах вызревают семена.

Март

Апрель

Май

Июнь

Рис. 1. Ритмы прохождения фенологических фаз, выращиваемого в Астраханской области (ориг., 2024)

Морфометрический анализ проводили у 5 образцов черного тмина (*Nigella sativa*). Основными вегетативными органами растения являются корень, стебель и лист, каждый из которых выполняет определенную функцию. Важнейшими органами, предназначенными для размножения, являются цветки, плоды и семена.

Растение *Nigella sativa* L., выращенное в Астраханской области, имело среднюю высоту от 10 до 40 см с прямым ветвистым стеблем. Листья длиной 2-3 см, дважды-трижды перисторассечённые на короткие, линейные, расходящиеся дольки. Цветки правильные, одиночные. Чашелистики продолговатые, на вершине притуплённые, при основании суженные в короткую ножку, в числе пяти, голубоватые, 1-1,5 см длиной. Лепестки-нектарники короче чашелистиков. Плоды – крупные удлинённые многолистовки; состоят из трёх-семи листовок, каждая из которых содержит многочисленные семена (рис. 2).

Рис. 2. Лабораторный опыт по определению морфологических особенностей тмина черного

В таблице 1 представлены индивидуальные морфометрические характеристики пяти образцов черного тмина (*Nigella sativa* L.), выращенных в одинаковых условиях. Для каждого образца измерены 13 показателей, характеризующих развитие корневой системы, стебля, генеративных органов и общую биомассу. В последней графе таблицы приведены средние арифметические значения по выборке (n=5), что позволяет оценить типичные размерно-весовые характеристики изучаемой выборки.

Таблица 1

Результаты Морфологические признаки черного тмина (*Nigella sativa* L.)

№ п/п	Показатель	Образец					Среднее значение
		1	2	3	4	5	
Главный корень							
1.	Длина, см	9,1	9	16,7	6,1	9,9	10,16 ± 3,86
2.	Боковые корни, кол-во	4	7	5	8	5	5,8 ± 1,64 (6)
3.	Апекс, см	0,6	0,4	2,7	0,7	0,5	0,98 ± 0,98

Стебель							
4.	Длина, см	26,5	27,6	36,2	28,7	29,0	29,6 ± 3,79
5.	Диаметр, см	0,17	0,3	0,2	0,3	0,3	0,25 ± 0,06
6.	Листья, кол-во	23	34	20	43	23	28,6 ± 9,5 (29)
7.	Морфологический коэффициент	5,6 / 4,9	7,5 / 7,9	5,5 / 4,9	8,5 / 6,1	7,5 / 6,7	6,92/6,10
8.	Разветвления, кол-во	3	5	4	7	4	4,6 ± 1,52 (5)
9.	Бутоны, кол-во	2	11	2	11	6	6,4 ± 4,39 (7)
10.	Цветы, кол-во	2	1	3	6	3	3,0 ± 1,87
11.	Плоды, кол-во	1	-	-	1	-	0,4 ± 0,55 (1)
12.	Высота побега, см	38,2	45,4	39,7	49,5	45,7	43,7 ± 4,66
13.	Биомасса, г	2,78	9,15	3,69	12,05	5,48	6,63 ± 3,84

Длина главного корня варьирует от 6,1 см (образец 4) до 16,7 см (образец 3), среднее значение составляет 10,2 см. Длина апекса (зоны роста корня) в целом не превышает 0,7 см, за исключением образца 3 с аномально большим значением 2,7 см, что может указывать на индивидуальную особенность развития или ошибку измерения. Длина стебля колеблется от 26,5 см (образец 1) до 36,2 см (образец 3), среднее значение составляет 29,6 см. Диаметр стебля у большинства образцов составляет 0,3 см, лишь у образца №1 отмечен более тонкий стебель (0,17 см). Количество листьев сильно варьирует: от 20 (образец 3) до 43 (образец 4). Показатели семядолей и гипокотиля не измерялись.

Таким образом, проведенный анализ морфометрических показателей образцов черного тмина, выращенных в условиях Астраханской области, позволяет сделать вывод о высокой степени адаптации сельскохозяйственной культуры к почвенно-климатическим условиям региона. Черный тмин (*Nigella sativa* L.) является однолетним травянистым растением, характеризующимся неприхотливостью к почвенному плодородию и способностью произрастать на легких почвах, свойственных Астраханской области. Засухоустойчивость культуры имеет ключевое значение для региона, климат которой отличается высокими температурами и недостаточным увлажнением. Установлено, что в условиях аридного климата Астраханской области полный жизненный цикл чернушка проходит за 90-110 дней, что значительно меньше по сравнению с показателями тмина, выращенного в Сирии (120-125 дней). Морфометрические и биологические характеристики чернушки, выращенной на юге России демонстрируют высокие показатели, что обусловлено соответствием почвенно-климатических условий биологическим требованиям культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kooti W., Hasanzadeh-Noohi Z., Sharafi-Ahvazi N., Asadi-Samani M., Ashtary-Larky D. Phytochemistry, pharmacology, and therapeutic uses of black seed (*Nigella sativa*) // Chin J Nat Med. –2016. – № 14(10). – P. 732-745. https://doi.org/10.1016/S1875-5364(16)30088-7

2. Malhotra S.K. 20 – Nigella / Editor(s): K.V. Peter // In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Handbook of Herbs and Spices (Second Edition). – Woodhead Publishing. – 2012. – P. 391-416. https://doi.org/10.1533/9780857095688.391

3. Pandey R., Pandey B., Bhargava A. An updated review on the phytochemistry and pharmacological activity of black cumin (*Nigella sativa* L.) // Adv Chin Med. – 2025. – № 2(1). – P. 13-29. https://doi.org/10.1002/acm4.33

4. Tariq M. *Nigella sativa* seeds: folklore treatment in modern day medicine // The Saudi Journal of Gastroenterology. – 2008. – №14(3). – P. 105-106

5. Шахин М., Новиченко О.В., Долганова Н.В. Салатное масло // Патент РФ № 2803897. – 2023.

6. Шахин М., Жаркова З.В., Новиченко О.В. Жирнокислотный состав и антиоксидантная активность купажированных растительных масел, содержащих масло *Nigella sativa* // Пищевая промышленность. – 2026. – №5. – С. 46-49 https://doi.org/10.52653/PPI.2026.5.5.009

7. Abdel-Razek A.G., Hassanein M.M.M., Moawad S., Farouk A., Badr A.N., Shehata M.G., Siger A., Grygier A., Rudzińska M. Assessment of the quality, bioactive compounds, and antimicrobial activity of egyptian, ethiopian, and syrian black cumin oils // Molecules. – 2024. – № 29(21). – P. 4985 https://doi.org/10.3390/molecules29214985

8. Наǐда Н.М., Шлаш М.С. Сравнительная оценка биологических и морфометрических характеристик *Nigella sativa* в условиях Сирии и Ленинградскоǐ области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2(55). – С. 11-15. https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-12011

9. Шлаш М.С. Онтогенез и перспективы рационального использования *Nigella sativa* в условиях Сирии: автореферат дис… канд.биол. наук. – СПб, 2004. – 19 с.

REFERENCES

1. Kooti W., Hasanzadeh-Noohi Z., Sharafi-Ahvazi N., Asadi-Samani M., Ashtary-Larky D. Phytochemistry, pharmacology, and therapeutic uses of black seed (*Nigella sativa*), Chin J Nat Med, 2016, No 14(10), 732-745

2. Malhotra S. K. 20 – Nigella, Editor(s): K.V. Peter, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Handbook of Herbs and Spices (Second Edition), Woodhead Publishing, 2012, pp. 391-416

3. Pandey R., Pandey B., Bhargava A. An updated review on the phytochemistry and pharmacological activity of black cumin (*Nigella sativa* L.), Adv Chin Med, 2025, No 2(1), pp. 13-29

4. Tariq M. *Nigella sativa* seeds: folklore treatment in modern day medicine, The Saudi Journal of Gastroenterology, 2008, No 14(3), pp. 105-106

5. Shakhin M., Novichenko O.V., Dolganova N.V. Salatnoe maslo, Patent RF No 2803897, 2023 (Russian).

6. Shahin M., Zharkova Z.V., Novichenko O.V. Zhirnokislotnyj sostav i antioksidantnaya aktivnost' kupazhirovannyh rastitel'nyh masel, soderzhashchih maslo Nigella sativa, Pishchevaya promyshlennost', 2026, No 5, pp. 46-49 (Russian).

7. Abdel-Razek A.G., Hassanein M.M.M., Moawad S., Farouk A., Badr A.N., Shehata M.G., Siger A., Grygier A., Rudzińska M. Assessment of the quality, bioactive compounds, and antimicrobial activity of egyptian, ethiopian, and syrian black cumin oils, Molecules, 2024, No 29(21), pp. 4985

8. Naǐda N.M., Shlash M.S. Sravnitel'naya ocenka biologicheskih i morfometricheskih harakteristik *Nigella sativa* v usloviyah Sirii i Leningradskoǐ oblasti, Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2019, No 2 (55), pp. 11-15 (Russian).

9. Shlash M.S. Ontogenez i perspektivy racional'nogo ispol'zovaniya *Nigella sativa* v usloviyah Sirii: avtoreferat dis… kand.biol. nauk, SPb, 2004.- 19 s (Russian).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 636.082 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-250-256

Динамика молочной продуктивности в последние лактации перед выбраковкой: маркеры снижения адаптационного резерва у коров красно-пестрой породы

Dynamics of milk productivity in the final lactations before culling: markers of reduced adaptive reserve in red-and-white cows

Аспирант Д.Д. Кутин,
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

Postgraduate student D.D. Kutin,
Belgorod State Agrarian University

Аннотация: В современных хозяйствах преждевременный вывод коров из стада может негативно повлиять на эффективность молочного производства в целом. Соответственно, необходимо всесторонне оценивать уровень молочной продуктивности коровы, особенно на этапе 3 и последующих лактаций, чтобы исключить указанную выше негативную ситуацию и сохранить молочный потенциал стада. Цель исследования – выявить динамические маркеры снижения адаптационного резерва у коров красно-пёстрой породы на основе анализа лактационных кривых в последние лактации перед выбраковкой.На примере хозяйства АО «Должанское» Вейделевского района Белгородской области проведен анализ данных зоотехнического учета 1 109 коров краснопёстрой породы, выбывших из стада в период 2014–2024 гг. Проводилась оценка динамики удоя по индивидуальному максимуму, показателей качества молока (жир, белок), возраста при выбытии и причин выбраковки. Было установлено следующее: одним из основных маркеров, указывающим на истощение адаптационного резерва, выступает снижение молочной продуктивности более, чем на 15% от индивидуального максимума. Учет данного критерия даст возможность сократить экономические потери от преждевременного выбытия коров, демонстрирующих высокую продуктивность.

Abstract: In modern farms, premature culling of cows from the herd can negatively affect the overall efficiency of dairy production. Accordingly, it is necessary to comprehensively assess the level of a cow's milk productivity, especially at the stage of the 3rd and subsequent lactations, in order to prevent the aforementioned negative situation and preserve the herd's milk-producing potential. The aim of the study is to identify dynamic markers of reduced adaptive reserve in cows of the red-and-white breed based on the analysis of lactation curves in the last lactations before culling. Using the example of the "Dolzhanskoye" JSC farm in the Veidelevsky District of the Belgorod Region, an analysis was carried out of the data from the zootechnical records of 1,109 cows of the red-spotted breed that were culled from the herd between 2014 and 2024. The dynamics of milk yield were assessed based on the individual maximum, milk quality indicators (fat, protein), age at culling, and the reasons for culling. The following was established: one of the main markers indicating the depletion of the adaptive reserve is a decline in milk production of more than 15% from the individual maximum. Taking this criterion into account will make it possible to reduce economic losses from the premature culling of cows that demonstrate high productivity.

Ключевые слова: молочная продуктивность, выбраковка коров, адаптационный резерв, лактационная кривая, красно-пёстрая порода, прогноз риска, качество молока, управление стадом, непараметрическая статистика.

Keywords: milk production, culling of cows, adaptive reserve, lactation curve, red-and-white breed, risk prediction, milk quality, herd management, nonparametric statistics.

Адаптационный резерв в зоотехнии представляет собой массив физиологических, метаболических и иммунных ресурсов организма, которые

© Д.Д. Кутин, 2026

позволяют поддерживать продуктивность, здоровье и репродуктивную функцию коровы в лактационный период, когда нагрузка на организм значительно возрастает. Взаимосвязанные уровни адаптационного обеспечения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни адаптационного обеспечение коров в период лактации

Уровень	Содержание	Проявления при истощении
Метаболический уровень	Наличие баланса энергии, белка, макро- и микроэлементов в условиях отрицательного энергетического баланса ранней лактации	Жировая дистрофия печени, кетоз, снижение удоя
Иммунный уровень	Способность противостояния инфекционным агентам при физиологической иммуносупрессии, сопутствующей родам и лактации	Субклинические и клинические маститы
Нейроэндокринный уровень	Регуляция лактопоэза через ось гипоталамус-гипофиз-яичники и соматотропную систему	Нарушения воспроизводства, аномалии лактационной кривой

В случае истощения того или иного из указанных выше элементов активизируются компенсаторно-приспособительные реакции. Если на ранних стадиях внутренние ресурсы, мобилизуясь, позволяют сохранить баланс организма, то в случае длительного стресса молочная продуктивность начинает снижаться за счет негативного влияния стрессовых ситуаций на компенсаторные механизмы [3]. Соответственно, снижение удоя коров может быть вызвано именно исчерпанием адаптационного резерва.

По результатам анализа динамики суточных удоев коров строится лактационная кривая. Она дает возможность получения качественной оценки ключевых параметров: время и величину пика, крутизну спада, персистентность [2]. Но если рассматривать адаптационный резерв, то необходимо учитывать не расхождение лактационной кривой и идеальной модели, которой она должна соответствовать, а определение отклонений от индивидуальной траектории животного. Чрезвычайно важно определить критические точки, связанные по спадом показателей удоя, уровень способности подержания продуктивности после достижения пика, в том или ином периоде лактации, а также необходимо своевременно осуществлять сравнение индивидуальных траекторий и популяционных эталонов, позволяющих своевременно выявить те или иные аномалии, которые не могут проявиться в процессе анализа удоя по абсолютным значениям [5].

Кроме того, достаточно важной выступает оценка качественных показателей молока. Показатели оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели оценки качества молока

Изменение показателей	Физиологическая интерпретация
Снижение показателей жира при норме белка	Дефицит структурных углеводов, ацидоз рубца, нарушение соотношения грубых кормов и концентратов
Одновременное снижение жира и белка	Истощение метаболического резерва, отрицательный энергетический баланс
Повышение белка при снижении удоя	Повышение сывороточных белков в молоке, вызванное возможным воспалительным процессом

Можно заключить, что изменение технологических показателей качества молока в сочетании с показателями удоя участвуют в создании адаптационного резерва организма коровы.

Красно-пёстрая порода за счет примеси голштинской крови обладает как высокими адаптационными качествами, так и высоким генетическим потенциалом продуктивности [9].Основные преимущества красно-пестрых коров, прямо влияющие на их продуктивный потенциал, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные преимущества красно-пестрых коров, прямо влияющие на их продуктивный потенциал

Преимущества	Особенности для мониторинга
Высокая устойчивость к климатическим стрессам в сравнении с чистокровными коровами голштинской породы	Вариабельность реакции на стресс требует как индивидуального, так и популяционного подхода
Хорошая адаптация к высокобелковым объемистым кормам	Необходимость учета типа кормления при интерпретации показателей качества молока
Умеренная интенсивность обмена веществ	Лактационная кривая имеет плавную динамику, при этом, значительные отклонения обладают высокую диагностическую ценность

Соответственно, маркеры, которые могут сигнализировать о снижении адаптационного резерва для красно-пестрой коровы, могут найти применение в области применение породно-специфичных алгоритмов управленческого мониторинга.

Исследование выполнено на базе сельскохозяйственного предприятия АО «Должанское», расположенного в Вейделевском районе Белгородской области. Выбор данного хозяйства обусловлен несколькими факторами: во-первых, здесь ведётся полноценный племенной учёт, во-вторых, предприятие специализируется на разведении красно-пёстрой породы с различным уровнем помеси крови по голштинской породе, что позволяет провести полноценный анализ адаптационного резерва.

Хозяйство работает по технологии беспривязного содержания. Тип кормления – силосно-сенажный, с включением концентратов в период лактации. Рационы формируются с учётом физиологического состояния животных и уровня продуктивности. Указанные нами условия организации содержания КРС типичны для рассматриваемого региона. Это повышает уровень практической ценности проведенных исследований.

Выборка включала 1109 коров краснопёстрой породы, которые выбыли в 2014–2024 гг. Данная выборка формировалась посредством сплошного ретроспективного отбора. По данным коровам имеются полноценные зоотехнические записи – удой за 305 дней, все основные показатели, характеризующие максимальный, средний, пожизненный удой; жир, белок, возраст, причина выбытия). Это дает возможность реконструкции индивидуальных лактационных кривых и выявления «критических точек» падения продуктивности. Кроме того, в данных зоотехнического учета рассматриваемые коровы распределены по причинам выбытия (81,2% –зообрак, ~12% – клинические причины). Это дает возможность проверки следующей гипотезы: снижение показателей удоя выступает маркером истощения адаптационного резерва без учета той или иной причины выбраковки.

На первом этапе исследования были проанализированы показатели молочной продуктивности коров, выбывших по причинам выбраковки.

Таблица 4

Показатели молочной продуктивности коров, выбывших по причинам выбраковки

Причины выбраковки	Количество, n	Возраст, лет	Макс. удой, кг	Средний удой, кг	Снижение удоя, %	Жир, %	Белок, %	Пожизненный удой, кг
Болезни вымени	27	6,7±2,2	8220±1726	901±1220	7934±1338	4,11	3,13	39268
Зоотехнический брак	901	6,5±2,4	8949±1078	8491±1182	8012±869	4,15	3,36	38277
Репродуктивные нарушения	18	6,4±2,2	8930±1071	8120±1076	9±6,4	4,12	3,34	38879
Агалактия	12	7,1±2,7	9217±719	8116±1036	12,0±7,5	4,18	3,35	42017
Обмен веществ	3	6,3±1,5	8635±1215	7418±1289	14,1±6,8	4,11	3,36	31848

По данным таблицы можно увидеть, что большая часть коров выбыла по причине «Зообрак». При этом, наиболее низкие показатели удоя присутствуют у коров, которые выбыли по причине нарушения обмена веществ и агалактии. Снижение удоя здесь составило 12-14%, уровень истощения адаптационного резерва у таких коров достаточно высокий.

Распределение коров по степени снижения продуктивности отражено в таблице 5.

Таблица 5

Распределение коров по степени снижения молочной продуктивности

Категория	Количество, n	% от выборки	Средний удой, кг	Средний возраст, лет	Жир, %	Белок, %
≥95% (стабильная)	283	28,4	8184	4,8	4,17	3,37
85-94% (умеренное снижение)	461	46,2	8042	6,9	4,16	3,36
75-84% (выраженное снижение)	231	23,1	7764	7,5	4,11	3,34
<75% (критическое снижение)	23	2,3	7096	7,6	4,08	3,32

Согласно данным таблицы, стабильная продуктивность отмечена у 283 коров: средний удой составлял, при этом, 8184 кг. Доля таких коров в выборке составила 28,4%. Более половины коров выборки (461 корова или 46,2%) показали умеренное снижение молочной продуктивности. Выраженное снижение молочной продуктивности присутствовало у 231 коровы или у 23,1% общей выборки. Как удалось установить, формирование критической точки снижения адаптационного резерва происходит тогда, когда результаты падения удоя составляют >25% от максимальных показателей. Обычно у таких коров показатели качества молока также не соответствуют требованиям, а их выбытие из стада чаще связано со здоровьем. Согласно данным таблицы 5, можно заключить, что к такой категории относятся 23 коровы из всего массива анализируемых животных или 2,3% от общей выборки. Соответственно, с учетом того, что больше половины стада показывали стабильную молочную продуктивность, можно говорить, что уровень адаптационного резерва у большинства коров стада в рассматриваемы период был достаточно высок.

В таблице 6 представлено сравнение молочной продуктивности коров, выбывших по причинам «Зообрак» и «Болезни вымени».

Таблица 6

Сравнение молочной продуктивности коров, выбывших по причинам «Зообрак» и «Болезни вымени»

Показатель	Зообрак	Болезни вымени	U	p	Размер эффекта (r)
Снижение удоя, %	10,04±7,37	10,99±7,81	11758	0,768	0,01
Жир молока, %	4,15±0,12	4,13±0,20	12241	0,955	0,00
Белок молока, %	3,36±0,05	3,35±0,12	11440	0,597	0,02
Средний удой, кг	8012±869	7934±1338	11455	0,606	0,02
Возраст при выбытии, лет	6,46±2,36	6,67±2,20	11368	0,559	0,02

По данным таблицы 6 было определено следующее. Снижение удоя в процентном выражении в большей степени проявилась у коров, выбывших по причине «Болезни вымени» (10,99% против 10,04% у коров. Выбывших по причине «Зообрак»). У этих же коров жирность молока также была ниже, чем у коров из другой анализируемой группы, и составила 4,13%. Содержание белка в молоке было примерно одинаковым у коров в обеих группа (3,36% и 3,35%). Но показатель среднего удоя также был ниже у коров, выбывших по причине «Болезни вымени» – он составил 7934 кг против 8012 кг. Несмотря на то, что возраст выбытия коров, причиной выбраковки которых стали различные болезни вымени, превышал таковой у коров, выбывших по зообраку, считаем, что адаптационный резерв в разрезе молочной продуктивности был ниже у первых: большая часть показателей, важных для оценки коров молочных пород с точки зрения их хозяйственной ценности, уступала аналогичным, полученным при анализе коров из сравниваемой группы.

Между группами, по данным анализа, отсутствуют статистически значимые различия. Таким образом, можно заключить, что снижение удоя является универсальным маркером истощения адаптационного резерва, предшествующим как зоотехнической, так и клинической выбраковке.

Таким образом, согласно данным анализа динамики молочной продуктивности в последние лактации перед выбраковкой на основе маркеров снижения адаптационного резерва у коров красно-пестрой породы можно сделать следующий вывод. Исследование выборки коров красно-пестрой породы, включающей 1190 коров, выбывших по различным причинам в 2014-2024 году из стада АО «Должанское» Вейделевского района Белгородской области, позволило выявить универсальный маркер, указывающий на снижение уровня адаптационного резерва животного вне зависимости от причины выбраковки коровы. Было отмечено, что наиболее низкие показатели удоя присутствуют у коров, выбывших по причине нарушения обмена веществ и агалактии – показатели среднего удоя снизились здесь на 12-14%, и уровень истощения адаптационного резерва у таких коров достаточно высокий.

Нами был определен порог критического уровня снижения среднего удоя – ≥15% от индивидуального максимума. Именно такие коровы имеют впоследствии высокий риск ранней выбраковки, поэтому по данным указанного выше маркера можно получить ранний прогноз наступления указанного события.

Соответственно, проводя анализ показателей среднего удоя, необходимо учитывать, что снижение продуктивности коровы может сигнализировать о снижении ее адаптационных резервов. Если данное обстоятельство взять под контроль на начальном этапе, когда показатель среднего удоя еще не снизился до критического (≥15%) и своевременно скорректировать рацион коровы, выявить проблемы, связанные с условиями ее содержания, а также провести аналитическую оценку других показателей, способных оказать негативное влияние на адаптационные ресурсы животного, то можно принять своевременные меры для возможного сохранения хозяйственной ценности коровы, уровня ее молочной продуктивности и продлить срок хозяйственного использования животного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивкин, Н.В. Молочные породы крупного рогатого скота: племенные ресурсы / Н.В. Сивкин, Н.И. Стрекозов // Молочная промышленность. 2011. № 6. С. 28–30

2. Самбуров Н. В., Глебова И. В. Влияние генетических и паратипических факторов на продуктивное долголетие коров голштинской породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №6. С. 107-112.

3. Тихомиров И.А., Скоркин В. К., Аксенова В. П., Андрюхина О. Л. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2016, № 1 (21), с. 64-72.

4. Харитонова А. С. Продуктивные и воспроизводительные особенности коров разных линий // Вестник ОрелГАУ. 2022. №3 (96). С. 177-182.

5. Часовщикова М.А., Пунегова В.В. Хозяйственно-биологические особенности коров разного уровня продуктивности // Вестник КрасГАУ. 2024. №9. С. 88-93.

6. Шишкина Т. В., Скворцов С.М. Анализ лактационной деятельности коров в зависимости от их линейной принадлежности // Сурский вестник, 2021, № 3 (15), с. 49-56.

7. Шишкина Т.В. Раздой коров-первотелок как фактор, определяющий продуктивность и долголетие коров // Нива Поволжья. 2022. №3 (63). С. 43-48.

8. Юшкова И. В., Петрова М. Ю., Борисенко С. В. Влияние кровности по улучшающей породе на продолжительность и эффективность использования коров // Вестник ОмГАУ. 2016. №4 (24). С. 83-91

9. Fernando B. Investigating Functional Relationships among Health and Fertility Traits in Dairy Cows / B. Fernando, J.M. Lopes Guilherme, E.P. Rosa Pablo Pinedo Jose [et al.] // Livestock Science. – 2022. – 266. – P. 105122. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105122.

10. Hu H. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: a review / H. Hu, T. Mu, Y. Ma [et al.] // Frontiers in Genetics. –2021. – Vol.12. – Art. 695543. – DOI: 10.3389/fgene.2021.695543.

REFERENCES

1. Sivkin, N.V. Dairy breeds of cattle: breeding resources / N.V. Sivkin, N.I. Strekozov // Dairy Industry. 2011. No. 6. Pp. 28–30.

2. Samburov N.V., Glebova I.V. The influence of genetic and paratypic factors on the productive longevity of Holstein cows // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2023. No. 6. Pp. 107–112.

3. Tikhomirov I. A., Skorkin V. K., Aksenova V. P., Andryukhina O. L. Productive longevity of cows and analysis of the reasons for their culling // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Livestock Mechanization, 2016, No. 1 (21), pp. 64–72.

4. Kharitonova A. S. Productive and reproductive characteristics of cows of different lines // Bulletin of Oryol State Agrarian University. 2022. No. 3 (96). Pp. 177–182.

5. Chasovshchikova M. A., Punegova V. V. Economic and biological characteristics of cows with different levels of productivity // Bulletin of KrasSAU. 2024. No. 9. Pp. 88–93.

1. Shishkina T. V., Skvortsov S. M. Analysis of cows' lactation performance depending on their linear affiliation // Sursky Vestnik, 2021, No. 3 (15), pp. 49–56.

7. Shishkina T. V. Milking first-calf heifers as a factor determining cows' productivity and longevity // Niva Povolzhya. 2022. No. 3 (63). Pp. 43–48.

8. Yushkova I. V., Petrova M. Yu., Borisenko S. V. The influence of the degree of blood relationship to the improving breed on the duration and efficiency of cow use // Vestnik OmGAU. 2016. No. 4 (24). Pp. 83–91.

9. Fernando B. Investigating Functional Relationships among Health and Fertility Traits in Dairy Cows / B. Fernando, J.M. Lopes Guilherme, E.P. Rosa Pablo Pinedo Jose [et al.] // Livestock Science. – 2022. – 266. – P. 105122. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105122.

10. Hu H. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: a review / H. Hu, T. Mu, Y. Ma [et al.] // Frontiers in Genetics. –2021. – Vol.12. – Art. 695543. – DOI: 10.3389/fgene.2021.695543.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 581.8(470.23-25) DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-257-264

Коллекция типовых образцов представителей сем. asteraceae гербария РГПУ им А.И. Герцена (Herz)

A collection of typical specimens representing representatives of the Asteraceae family in the herbarium of the A.I. Herzen Russian State Pedagogical University (Herz)

Научный сотрудник А.С. Евдокимов, старший лаборант-исследователь Н.С. Николаев
Российский государственный педагогический университет им А.И. Герцена

Старший лаборант-исследователь Е.Я. Амигуд,
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

Researcher A.S. Evdokimov, senior laboratory researcher N.S. Nikolaev
A.I. Herzen Russian State Pedagogical University

Senior laboratory researcher E.Ya. Amigud,
V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences

Аннотация. В статье представлены результаты работы по инвентаризации и инсерации семейства Asteraceae в составе типовой гербарной коллекции РГПУ им. А. И. Герцена (HERZ). Нам удалось выявить и 36 видов, относящиеся к этому семейству. Все гербарные образцы были оцифрованы и помещены на сервер университета с перспективой дальнейшего размещения в открытых базах данных. Типовой гербарий в составе данной группы представлен изотипами (isotypus) и синтипами (syntypus). Все сборы были выполнены начиная со второй половины XIX века (в основном это Flora Ingricae, K. F. Meinsgausen) и заканчивая началом XX века (в основном это сборы В. Л. Комарова,). Наибольшее количество видов относится к роду *Hieracium* (11 видов), остальные роды представлены 1 или 2 видами. Данная работа является частью общего проекта РГПУ им. Герцена по созданию цифрового гербария и размещения его в открытом доступе.

Abstract. The article presents the results of work on the inventory and study of the Asteraceae family within the standard herbarium collection of the A. I. Herzen Russian State Pedagogical University (HERZ). We managed to identify 36 species belonging to this family. All herbarium specimens were digitized and placed on the university's server, with the prospect of further placement in open databases. The standard herbarium within this group is represented by isotypes (isotypus) and syntypes (syntypus). All collections were made starting from the second half of the 19th century (mainly Flora Ingricae, K. F. Meinsgausen) and ending with the early 20th century (mainly the collections of V. L. Komarov). The largest number of species belongs to the genus Hieracium (11 species); the other genera are represented by 1 or 2 species. This work is part of the overall project of the Herzen Russian State Pedagogical University to create a digital herbarium and make it publicly available.

Ключевые слова: типовой образец, Asteraceae, гербарная коллекция, цифровой гербарий

Keywords: type specimen, Asteraceae, herbarium collection, digital herbarium

История гербарных коллекций РГПУ им А.И. Герцена насчитывает более 200 лет и начинается задолго до появления кафедры ботаники. Появление первых гербариев принято связывать с выходом указа императора Александра I об организации Министерства Народного просвещения в 1802 году и распоряжения

© А.С. Евдокимов, Н.С. Николаев, Е.Я. Амигуд, 2026

об отдельном финансировании естественнонаучных кабинетов в 1804 году. Во времена наиболее активной деятельности высших женских курсов (из которых впоследствии сформировался педагогический институт, позднее реорганизованный в университет) (Галасьева, 2010), тогда еще учебно-методическая гербарная коллекция, получает свой современный облик. В это время на курсах преподают такие известные ботаники как: В. Л. Комаров, К. Майнсгаузен, Н. А. Буш, В. И. Палладин, В. А. Траншель, Х. Я Гоби и другие (параллельно с научной и преподавательской деятельностью в Санкт-Петербургском университете. Именно они (самостоятельно или с учениками) активно наполняют гербарную коллекцию РГПУ им. А. И. Герцена наиболее интересными и ценными образцами. Собственно некоторая часть этих гербариев впоследствии получила статус «типовые экземпляры», и на текущий момент хранится обособленно.

Большинство типовых гербариев, хранящихся в РГПУ имеют статус syntypus и isotypus. Изначально ценность данных экземпляров была неочевидна. Привезенные из экспедиций в большом количестве, они расходились по гербарным коллекциям различных научных и образовательных учреждений. Для Высших женских курсов такие гербарии использовались как демонстрационный материал в процессе изучения ботанических дисциплин (ведь местная флора не всегда сможет дать полное представление о систематической группе или, например, об адаптациях к определенным условиям среды). В дальнейшем, некоторые такие находки описывались как новые таксоны (виды, подвиды, разновидности). И соответственно, гербарий получает статус типового экземпляра.

Всего в гербарии РГПУ им. А. И. Герцена хранится 255 типовых образцов, из них 40 относятся к семейству Asteraceae. Обстоятельства, при которых они попали в коллекцию РГПУ различны: в большинстве это гербарные сборы экспедиций конца XIX – начала XX веков, проходивших на территории Российской Империи. Однако, история некоторых экземпляров не так однозначна (Бялт, Рязанова, 2018; Трофимова и др., 2023).

Материал и методы

Объектом данной работы являются типовые гербарные образцы Комаровской исторической коллекции, относящиеся к семейству *Asteraceae.* Типовая коллекция гербария РГПУ им. А. И. Герцена хранится в специальных папках, помещенные в отдельные шкафы при относительно постоянной температуре и влажности. Сканирование осуществлялось с использованием сканера Doko CZUR ET16U. Для сканирования был использован режим «Без фильтра» при разрешении 4608 x 3456 DPI. Сохранение данных было осуществлено с использованием алгоритма сжатия JPEG во избежание потерь качества изображения. Последующая каталогизация содержала присвоение уникального номера (этикетка штрих-код, размещенная на листе в правом верхнем углу гербарного листа) и внесение в общую базу данных гербарных коллекций (расположена на сервере РГПУ им. А. И. Герцена). Данная работа стала частью крупного проекта по созданию цифрового гербария РГПУ им. А. И. Герцена (HERZ). Помимо выгрузки данных на сервер университета (визуальные сканы и данные, размещенные на гербарных этикетках), была проведена ревизия таксономического состава, места и времени сбора этой части типовой коллекции. Таксономическая принадлежность гербарных экземпляров сверялась при помощи баз данных Biodiversity Heritage Library и International Plant Names Index.

Результаты исследования

Проведенная инвентаризация и инсерация показала, что большая часть типовой коллекции Asteraceae является синтипами. Основными авторами коллекции являются Карл Фридрих Майнсгаузен (1819-1899) – 16 образцов, Николай Степанович Турчанинов (1796-1864) – 6 образцов, Владимир Леонтьевич

Комаров (1869-1945) – 3 образца (Рис. 1). Образцы в коллекции относятся к периоду с 1834 по 1932 год. Среди образцов есть дубликаты из таких коллекций, как «Herbario horti Botan Imper. Petropolitani» (Коробков и др., 2016), «Herbarium florae Ingricae» (Orlova et al., 2019), «Камчатская экспедиция Ф.П.Рябушинского» (Пирагис, 2008), а также ботанического кабинета Высших женских естественно-научных курсов, правопреемником которых можно считать РГПУ им. А.И. Герцена (Рис. 2) (Галасьева Г.В., 2010).

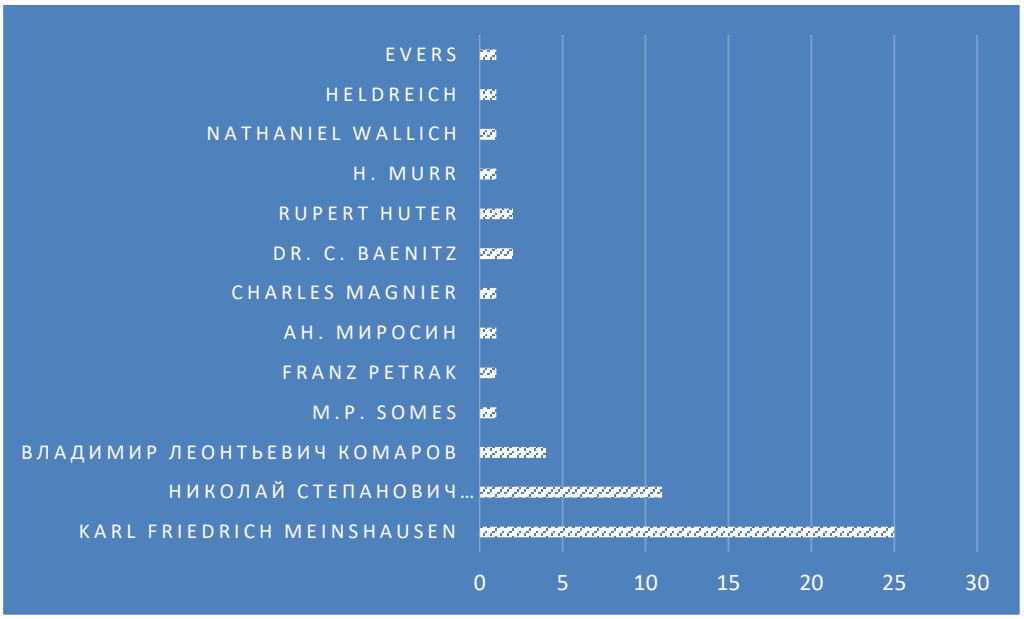


Рис. 1. Коллекторы типовой коллекции, принадлежащей к семейству Asteracea

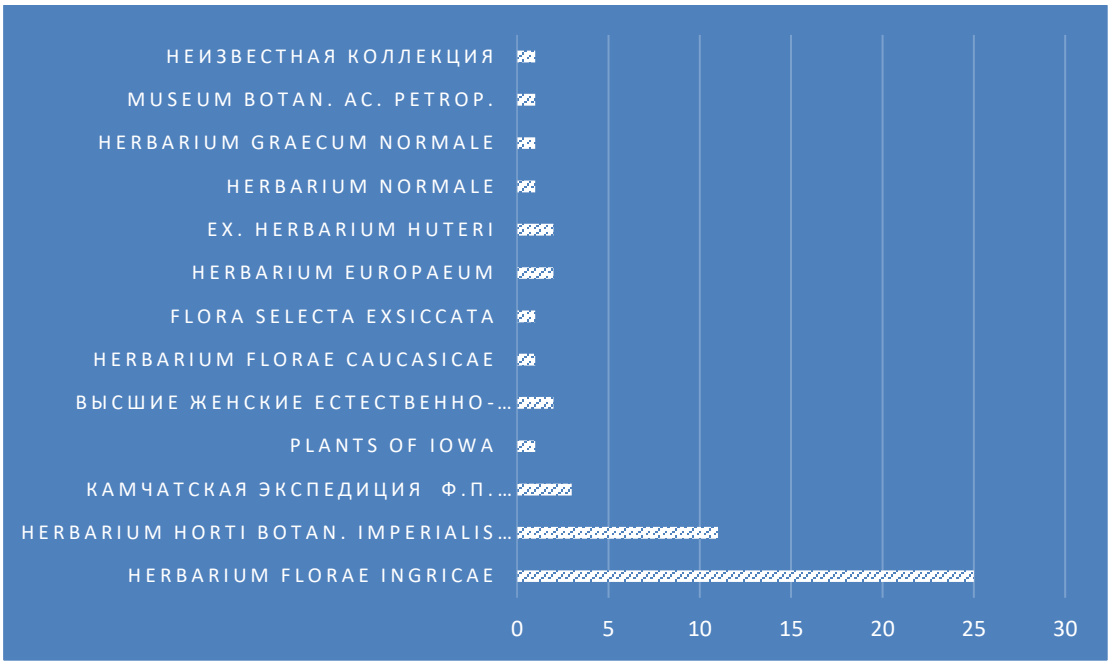


Рис. 2. Распределение гербарных образцов, принадлежащих к семейству Asteracea по принадлежности к коллекциям.

Далее мы представляем каталог типовых образцов семейства Asteraceae типовой коллекции РГПУ им. А.И. Герцена.

Сем. Asteraceae Bercht. & J. Presl

1. *Anandria Bellidiastrum* DC *var. autumnale.* Turcz., 1837. Syntypus: Dupla ex Herbario horti Botan Imper. Petropolitani (HERZ0006775) On protologue: "Jacutia, 1828"
2. *Arctium tomentosum* Mill. *var. glabratum* Meinsh., 1878. Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1860. (HERZ0000035)
3. *Artemisia gmelinii var. turtschaninoviana* Besser., 1834 Syntypus: Dupla ex Herbario horti Botan Imper. Petropolitani, 1831 Turcz.(HERZ0006772)
4. *Artemisia selengensis* Turcz. ex Besser, 1834 Syntypus: Dupla ex Herbario horti Botan Imper. Petropolitani, 1827 Turcz. (HERZ0006771)On protologue: "In insulis selengae ad Selengensis"
5. *Aster consanguineus* Ledeb., *f. minor* Kom., 1909Syntypus: Камчатская экспедиция Ф.П.Рябушинского, 1909 Kom.(HERZ0006767)On protologue: "Камчатка. Кропоткин перехват, у гребня. Бассейн реки."
6. *Aster sibiricus* L. *f. riparius* Kom., 1930 Syntypus: Herbario horti Botan Imper. Petropolitani, 1908 Kom. (HERZ0006766) On protologue: "Камчатка. Долина р. Авачи. Селение Завойки."
7. *Atractylis ovata* Thunb. *var. ternata* Kom., 1910 Autotypus: Высшие женские естественно-научные курсы. Ботанический кабинет. (HERZ0006677) On protologue: "Станица Радде. На берегу реки Амур", В. Петровский 1910
8. *Bidens tripartita* L. *f. lobatus*, Meinsh., 1878 Isotypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1860 (HERZ0000204) On protologue: "In locis aquosis…"
9. *Centaurea scabiosa* L. *f. melanocephala,* Meinsh., 1878 Isotypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1860 (HERZ0000228)
10. *Chrysanthemum sibiricum* Turcz. ex DC., 1838 Syntypus: Dupla ex. Herbarium Horti botan. Imperialis Petropolitani, Turczaninow, 1838 (HERZ0006736) On protologue: "Ad fl. Amur"
11. *Cirsium horridum subsp. isophyllum* Petr.,1914 Isotypus: Herbarium florae Caucasicae, 1912 (HERZ0006658) On protologue: "Prov. et distr. Elisabethpol. In pascuis montanis montis Murov-dagh. (Karabagh. A.S.-K.) "
12. *Cnicus heterophyllus* Willd. *f. integrifolius* Meinsh., 1878 Isotypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1860. (HERZ0000234)
13. *Crepis stenoma* Turcz. ex DC., 1838 Syntypus: Dupla ex. Herbarium horti botan. Imperialis Petropolitani. (HERZ0006735) On protologue: "In salicis…"
14. *Crepis tectorum* L. *f. microcephalum*, Meinsh., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1860. (HERZ0000038)
15. *Gnaphalium sylvaticum* L. *f. pallidior*, Meinsh., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1860. (HERZ0000028) On protologue: "In graminosis humidioribus…"
16. *Heteropappus sibiricus,* An. Miros., 1932 Typus: Высшие женские естественнонаучные курсы, ботанический кабинет., 1917. (HERZ0008555) On protologue: "Озеро Чигири, близь г. Благовещенска. На лугу, в изобилии."
17. *Hieracium auricula* Willd. *f. major*, Meinsh., 1872 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, 1872. (HERZ0006745) On protologue: "In collibus, locis graminofis…"
18. *Hieracium corymbuliferum* Arv.-Touv., 1888 Syntypus: "Flora selecta exsiccate", Ch. Ozanon, 1884. (HERZ0006692) On protologue: "Pentes de Torrenthorn près Louèche-les-Bains; cult. à St.Emiland (S.-et-L.) de pieds rapportès vivants. 18 juin 1884"

19. *Hieracium decolorans* Fr. 1848 Syntypus: : Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1872 (HERZ0006743) On protologue: "In pratis ad fossas et in locis fertileirifar ad afleum"

20. *Hieracium glabratiforme* Murr., 1897 Syntypus: Dr. Baenitz, Herbarium Europaeum. Deutsche bot. Monatschr. 1897 (HERZ0006683) On protologue: "In monte «Blaser» vallis Gschnitz."

21. *Hieracium kalsianum* Huter ex Nageli & Peter, 1886 Syntypus: Ex. Herbarium Huteri, 1856 (HERZ0006695)

22. *Hieracium microcephalum* Fr., 1848 Syntypus: : Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1872 (HERZ0006739; HERZ0006747) On protologue: "In collibus arenosis herbidis apricis"

23. *Hieracium praealtum* Vill. *f. microcephalum* Meinsh. 1878 Syntypus: : Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1872 (HERZ0006746)

24. *Hieracium pseudo-dollineri*, Murr. & Zahn., 1902 Syntypus: Herbarium normale, 1901 (HERZ0006693) On protologue: "Austria. Tirolia merid. In monte «Maranza» prope «Trient», 900 m. s. m."

25. *Hieracium raiblense* Huter., 1914 Syntypus: Ex. Herbarium Huteri, 1875 (HERZ0006691) On protologue: "...In pasicuis sylvaticis glareos in alpe Wischbach..."

26. *Hieracium tridentinum* Evers., 1896 Syntypus: Evers nov. spec., 1890 (HERZ0006694) On protologue: "Tirolia autralis... at ... Calvae, et in muris ad Tontaeto. 1887-1890."

27. *Hieracium umbellatum* L. *subsp. filifolium*, Meinsh., 1860 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000040) On protologue: "In declivibus arenosia siccissimio sylvarum acerosenum..."

28. *Hieracium umbellatum* L. *f. latifolium*, Meinsh., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000255) *Inula attica*, Halácsy, 1898 Syntypus: De Heldreich herbarium graecum normale, 1889 (HERZ0006685) On protologue: "In saxosis caclareis et fissuris rupium, alt. 0' - 1200'. Legimus prope Chassia, ad radices m. Parnethis."

29. *Inula salicina* L. *f. angurtifolia*, Meinsh., 1860 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000203) On protologue: "In montosis calcareis apricis vel fruticetis declivibus"

30. *Leontodon reverchonii v. subglaber*, Freyn., 1893 Syntypus: Dr. Baenitz, Herbarium Europaeum. Deutsche bot. Monatschr (HERZ0006684) On protologue: "Fl. Hispanica: Prov. Teruel; Sierra de Camarena."

31. *Leontopodium himalayanum*, DC., 1838 Syntypus: ex. Museum botan. Acad. Petrop. Sirinagur. N. Wallich (HERZ0006686)

32. *Leontopodium sibiricum* Cass. *var. conlobatum* Turcz., 1847 Syntypus: Dupla ex. Herbarium Horti botan. Imperialis Petropolitani, Turczaninow (HERZ0006734) On protologue: "Prope Nerczinsk."

33. *Nardosmia saxatilis*, Turcz., 1846 Syntypus: Dupla ex. Herbarium Horti botan. Imperialis Petropolitani, 1828 (HERZ0006774)

34. *Saussurea acuminata*, Turcz. ex Fisch. & C.A.Mey., 1835 Syntypus: Dupla ex. Herbarium Horti botan. Imperialis Petropolitani, 1831 (HERZ0006734) On protologue: "In pratis humidis"

35. *Scorzonera humilis* L. *f. latifolia*, Meinsh., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000242) On protologue: "In pratis laetioribus, subhumidis"

36. *Scorzonera humilis* L. *f angustifolia*, Meinsh., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000242) On protologue: "In pratis laetioribus, subhumidis"

37. *Solidago virgaurea* L. *var. angustifolia*, Meinsh., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000202; HERZ0006776) On protologue: "In pratis siccioribus vel arenosis"

38. *Solidago virgaurea* L. *f. latifolia*, Meish., 1878 Syntypus: Dupla ex. Herbarium florae Ingricae, Meinsh., 1860 (HERZ0000201) On protologue: "In pratis graininofis humidis"

Анализ систематического положения типовых гербарных образцов

В гербарной коллекции представлены типовые образцы 36 видов растений семейства Asteraceae, принадлежащие к 21 роду. Наибольшее количество образцов относится к роду *Hieracium* – 11 видов. Что составляет более 30 % от общего числа видов, типовые образцы которых представлены в коллекции гербария. Остальные виды роды представлены одиночными типовыми образцами (Рис. 3).

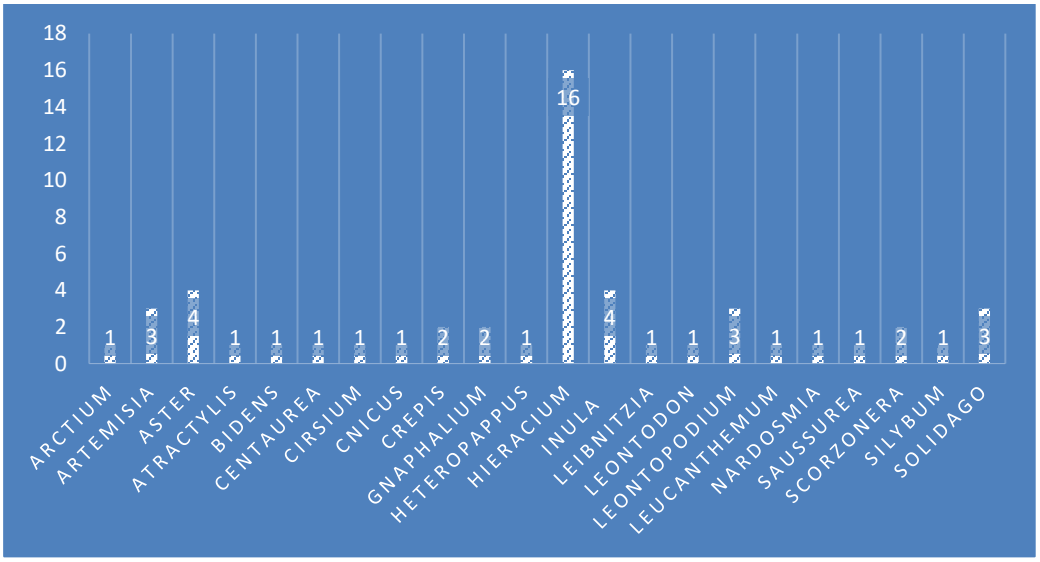


Рис. 3. Распределение гербарных образцов типовой коллекции, принадлежащей к семейству Asteraceae по родам в составе этого семейства.

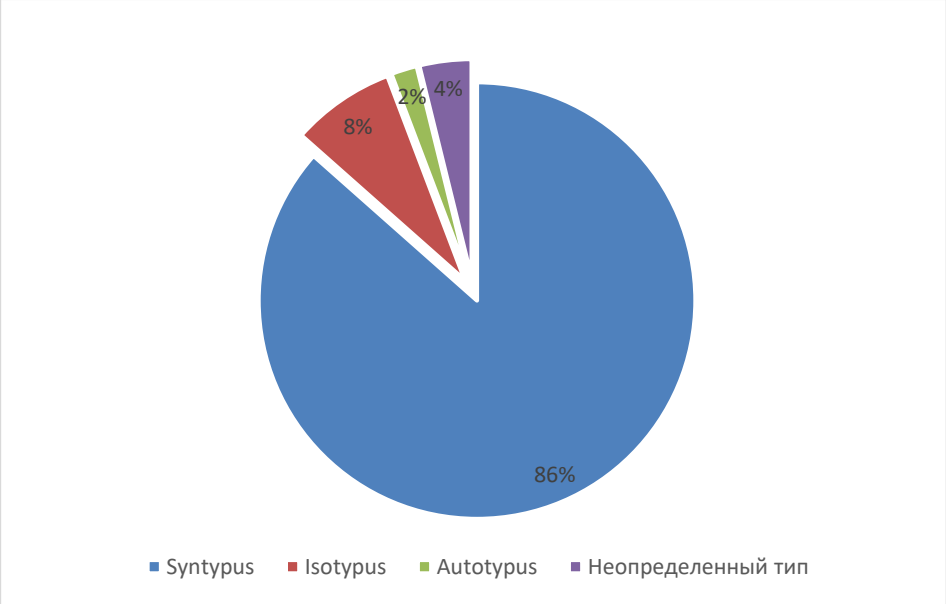


Рис. 4. Распределение гербарных образцов, принадлежащих к семейству Asteraceae по категориям типовых образцов.

При этом, виды *Hieracium umbellatum, Scorzonera humilis* и *Solidago virgaurea* представлены 2 формами каждый.

Проведенное исследование позволило выявить, а в дальнейшем и систематизировать большое количество гербариев представителей семейства Asteraceae в составе типовой гербарной коллекции. На данный момент полученный материал (прежде всего цифровой) стал частью активно формирующегося цифрового гербария РГПУ им. А. И. Герцена (HERZ).

Проведенное исследование в первую очередь позволило оценить количественные показатели типовой коллекции сложноцветных. В общей сложности в коллекции находится 36 видов представителей данного семейства, относящиеся к 21 роду. Все гербарные образцы являются синтипами (33), изотипами (4 шт) и автотипами (1 шт). Один экземпляр имеет пометку «Typus» (Рис. 4). К сожалению, нам не удалось достоверно определить его более точную типовую принадлежность; в дальнейшем с этим и аналогичным образцами типовой коллекции запланирована комплексная работа с привлечением сотрудников сторонних организаций (прежде всего гербариев).

Таким образом, мы можем уверено заявлять о том, что данная часть исторической коллекции – важная страница в истории развития факультета биологии Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена и отечественной ботаники в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бялт В.В., Рязанова Л.В. Типовая коллекция Гербария кафедры ботаники РГПУ им. А.И. Герцена (HERZ). Исторический очерк педагогической и научной деятельности кафедры ботаники. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2018. С. 96-103

2. Галасьева Галина Валентиновна. "Высшие женские естественнонаучные курсы М.А.Лохвицкой-Скалон" Universum: Вестник Герценовского университета, no. 6, 2010. С. 50-53.

3. Коробков Александр Александрович, Бялт Вячеслав Вячеславович, and Бубырева Валентина Александровна. "Типовые образцы рода Artemisia l. s. l. (Asteraceae), хранящиеся в Гербарии Санкт-Петербургского государственного университета (lecb)" Biological Communications, no. 1, 2016. С. 21-48.

4. Пирагис А.П. Сто лет с начала работы на Камчатке научной экспедиции Русского Географического Общества 1908-1910 годов, организованной на средства Ф.П. Рябушинского. Материалы IX международной научной конференции, посвященной 100-летию с начала Камчатской экспедиции Императорского Русского географического общества, снаряженной на средства Ф.П. Рябушинского. 2008. С. 99-102

5. Трофимова А.С., Ганжур А.В., Евдокимов А.С. Голосеменные (Pinophyta) в Комаровской исторической коллекции Гербария РГПУ им. А.И. Герцена (HERZ). Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023;(242). С. 155-166

6. Orlova, Larisa & Потокин, Alexander & Byalt, Vyacheslav. Herbarium named after I.P. Borodin (KFTA) (SPbSFTU) – history and current state /Гербарий им. И.П. Бородина (KFTA) (СПбГЛТУ) – история и современное состояние. Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы IV научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 22-25 мая 2019 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 416–419

REFERENCES

1. Byalt V.V., Ryazanova L.V. The Standard Collection of the Herbarium of the Department of Botany of the Herzen Russian State Pedagogical University (HERZ). Historical Outline of the Pedagogical and Scientific Activities of the Department of Botany. St. Petersburg: Publishing House of the Herzen Russian State Pedagogical University, 2018. Pp. 96-103.

2. Galasieva Galina Valentinovna. “Higher Women’s Natural Science Courses by M. A. Lokhvitskaya-Skalon” Universum: Bulletin of Herzen University, no. 6, 2010, pp. 50–53.

1. Korobkov Alexander Alexandrovich, Byalt Vyacheslav Vyacheslavovich, and Bubyreva Valentina Alexandrovna. "Type specimens of the genus Artemisia L. S. l. (Asteraceae), stored in the Herbarium of St. Petersburg State University (lecb)" Biological Communications, No. 1, 2016. pp. 21-48.

4. Piragis A.P. One hundred years since the beginning of the scientific expedition of the Russian Geographical Society 1908-1910 in Kamchatka, organized by funded by F.P. Ryabushinsky. Proceedings of the IX International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the start of the Kamchatka expedition of the Imperial Russian Geographical Society, organized with funds provided by F. P. Ryabushinsky. 2008. Pp. 99–102.

5. Trofimova A. S., Ganzhur A. V., Evdokimov A. S. Gymnosperms (Pinophyta) in the Komarovskaya historical collection of the Herbarium of the Herzen Russian State Pedagogical University (HERZ). Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2023;(242). Pp. 155-166

6. Orlova, Larisa & Potokin, Alexander & Byalt, Vyacheslav. Herbarium named after I.P. Borodin (KFTA) (SPbSFTU) – history and current state / Гербарий им. И.П. Бородина (KFTA) (СПбГЛТУ) – история и современное состояние. Russia’s Forests: Policy, Industry, Science, Education: Proceedings of the IV Scientific and Technical Conference. St. Petersburg, May 22–25, 2019. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS, 2019. Pp. 416–419.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 635.647 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-265-271

Сортоизучение земляники садовой в условиях Республики Коми

Study of garden strawberry varieties in the Komi Republic

Научный сотрудник Е.В. Павлова(ORCID 0000-0001-5861-1128),
Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
nipti@bk.ru

Researcher E.V. Pavlova (ORCID 0000-0001-5861-1128),
Institute of Agrobiotechnologies, Federal Research Center Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
nipti@bk.ru

Аннотация. Земляника садовая относится к числу наиболее ценных ягодных культур, однако в северных условиях уровень ее продуктивности и устойчивости в значительной степени определяется правильностью подбора сортов. Цель исследования заключалась в комплексной оценке сортов земляники садовой в условиях Республики Коми по срокам прохождения фенологических фаз, зимостойкости, урожайности, крупноплодности и качеству ягод. Исследования выполняли по общепринятым методикам сортоизучения плодовых и ягодных культур и полевого опыта. Установлено, что сорта различаются по всем основным хозяйственно ценным признакам. Для северной зоны наибольшее значение имеют зимостойкость, устойчивость плодоношения и способность формировать ягоды высокого качества в условиях короткого вегетационного периода. Полученные данные подтверждают необходимость комплексной оценки сортов при формировании адаптивного сортимента культуры для Республики Коми.

Abstract. Garden strawberries are among the most valuable berry crops, but in northern conditions, their productivity and resilience are largely determined by the correct selection of varieties. The aim of this study was to comprehensively evaluate strawberry varieties in the Komi Republic based on the timing of phenological phases, winter hardiness, yield, fruit size, and berry quality. The research was conducted using generally accepted methods for variety testing of fruit and berry crops and field trials. It was established that the varieties differ in all key economically valuable traits. For the northern zone, winter hardiness, fruiting stability, and the ability to produce high-quality berries in a short growing season are of greatest importance. The obtained data confirm the need for a comprehensive evaluation of varieties when developing an adaptive crop assortment for the Komi Republic.

Ключевые слова: земляника садовая, сорт, фенология, зимостойкость, урожайность, качество ягод, Республика Коми.

Keywords: garden strawberry, variety, phenology, winter hardiness, yield, berry quality, Komi Republic.

Земляника садовая занимает значительное место в ягодоводстве благодаря высоким вкусовым, пищевым и технологическим достоинствам ягод [1]. Для северных регионов России, включая Республику Коми, особую значимость приобретает подбор сортов, сочетающих зимостойкость, адаптивность, устойчивую урожайность и высокое качество плодов [2–4].

Для условий Европейского Севера характерны короткий вегетационный период, длительная зима, неустойчивость температурного режима и риск подмерзания растений [5]. В связи с этим сорта, успешно выращиваемые в более благоприятных климатических зонах, не всегда сохраняют высокий хозяйственный эффект в северных условиях [3, 6]. По этой причине сортоизучение земляники

© Е.В. Павлова, 2026

садовой должно быть ориентировано на выявление генотипов, наиболее полно реализующих свой потенциал в конкретной природно-климатической среде [7].

Сроки прохождения фенологических фаз имеют большое значение, поскольку именно они определяют возможность созревания урожая в пределах короткого северного лета [8, 9]. Не менее существенна зимостойкость, от которой зависят сохранность растений и уровень последующей продуктивности [10, 11]. Урожайность и крупноплодность также относятся к основным показателям хозяйственной ценности сорта, особенно при определении его пригодности для промышленного и любительского возделывания [12–14]. Наряду с этим возрастает интерес к сортам с повышенным содержанием сахаров, сухих веществ и аскорбиновой кислоты [15, 16].

Цель исследования — дать комплексную оценку сортов земляники садовой в условиях Республики Коми по основным хозяйственно ценным признакам.

Исследования проводили в условиях Республики Коми на опытном участке с применением общепринятых методик сортоизучения плодовых и ягодных культур [17], методики полевого опыта [18], а также с использованием данных Государственного реестра селекционных достижений [19].

В процессе работы учитывали сроки начала вегетации, цветения и созревания ягод, степень сохранности растений после зимовки, урожайность, среднюю массу ягод и основные биохимические показатели плодов. Оценку признаков вели в многолетнем аспекте, поскольку проявление большинства показателей у земляники в значительной степени определяется погодными условиями года [8, 10, 13]. Статистическую обработку результатов выполняли по Б. А. Доспехову [18].

Наблюдения показали, что сроки прохождения фенологических фаз у сортов земляники садовой в условиях Республики Коми изменяются по годам и определяются как погодными условиями, так и биологическими особенностями сортов. Наиболее выраженные различия выявлены по срокам начала цветения и созревания ягод. Эти данные согласуются с результатами других исследований, в которых отмечена высокая зависимость фенологии земляники от температуры и особенностей весенне-летнего периода [8, 9].

Для северной зоны наибольший интерес представляют ранние и среднеранние сорта, поскольку они дают более полное вызревание урожая. Среднеспелые сорта также могут представлять интерес при достаточном уровне зимостойкости и высокой продуктивности.

В условиях Республики Коми зимостойкость относится к числу основных критериев оценки сортов. Ее уровень определяется не только генетическими особенностями сорта, но и условиями закалки растений в осенний период, температурным режимом зимы и высотой снежного покрова [10, 11]. В годы с неблагоприятной зимовкой различия между сортами по степени повреждения растений проявляются особенно отчетливо. В таблице 1 представлены значения минимальных температур при низком уровне снега в осенне-весенние и раннезимние периоды 2021-2025 гг.

Таблица 1

Значения минимальных температур при низком уровне снега в осенне-весенние и раннезимние периоды 2021-2025 гг. [21]

Период	Минимальная температура, °С, дата, уровень снега, см			
	2021-2022 гг.	2022-2023 гг.	2023-2024 гг.	2024-2025 гг.
Ранний: сентябрь-начало октября без снега	−4,1(28.09; 0) −5,7 (04.10; 0)	−5,2 (28.09; 0)	-	−5,2 (10.10; 0)
При низком уровне снега или без снега октябрь декабрь	−9,2 (29.10; 2) −8,6 (02.11; 0) −20,1 (18.11; 15)	−20,1(17.11; 6) −24,1(26.11; 8)	−5,5 (28.10; 0) −12,5 (22.11; 3) −20,6 (26.11; 16) −32,9 (08.12; 22)	−10,5 (29.11; 1) −12,7 (07.12; 8) −23,0 (15-16.12; 16)
Декабрь	−30,5 (47)	−21,1 (16)	−32,9 (22)	−23,1 (20)
Январь	−30,9 (50)	−36,4 (38)	−36,8 (35)	−27,0 (53)
Февраль	−19,7 (55)	−25,0 (47)	−33,7 (57)	−29,4 (63)
Март	−30,6 (57)	−24,6 (62)	−25,1 (63)	−11,0 (44)
При низком уровне снега апрель-май	−7,2 (22.04; 5)	-	−8,3 (14.04; 3)	-
Без снега апрель-май	−6,1 (29.04; 0) −5,0 (01.05; 0)	-	−4,3 (04.05; 0)	−4,4 (23.04; 0) −4,2 (02.05; 0)

Более перспективными следует считать сорта, у которых высокая сохранность после зимы сочетается со способностью формировать полноценный урожай. Такой подход соответствует современным представлениям об адаптивном потенциале сортов [7].

По результатам исследований выявлено 8 зимостойких сортов земляники садовой (53 %) со слабым подмерзанием в сложившиеся неблагоприятные условия перезимовки (степень подмерзания – 1,0 балл) и без признаков подмерзания (0 баллов). В результате изучения степени зимостойкости можно распределить сорта на высокозимостойкие – не имеют подмерзания: Росинка, зимостойкие – Заря (St.), Кокинская ранняя, Фестивальная (St.), Солнечная полянка, Деданка, Гейзер, Берегиня: слабая степень подмерзания – не более1,0 балла, среднезимостойкие – Мелодия, Фестивальная ромашка, Соловушка, Зенга Зенгана (St.): подмерзают в средней степени – не более 2 баллов, малозимостойкие – Наше Подмосковье, Царица, Альфа: значительная степень подмерзания – до 3 баллов.

Исследуя продуктивность, стоит отметить, сочетания стабильности и уровня продуктивности коллекционных сортов земляники садовой за 2022–2025 гг. позволил ранжировать сорта (с продуктивностью выше среднего по культуре за данный период – 0,90 кг/пог. м) следующим образом: сорта с низкой вариабельностью и разницей в продуктивности, соответственно с высокой и стабильной продуктивностью – Берегиня, Гейзер; сорт с высокой и нестабильной продуктивностью – Солнечная полянка; со средней нестабильной продуктивностью – Мелодия; со стабильной сниженной продуктивностью – Соловушка (рисунки 1, 2).

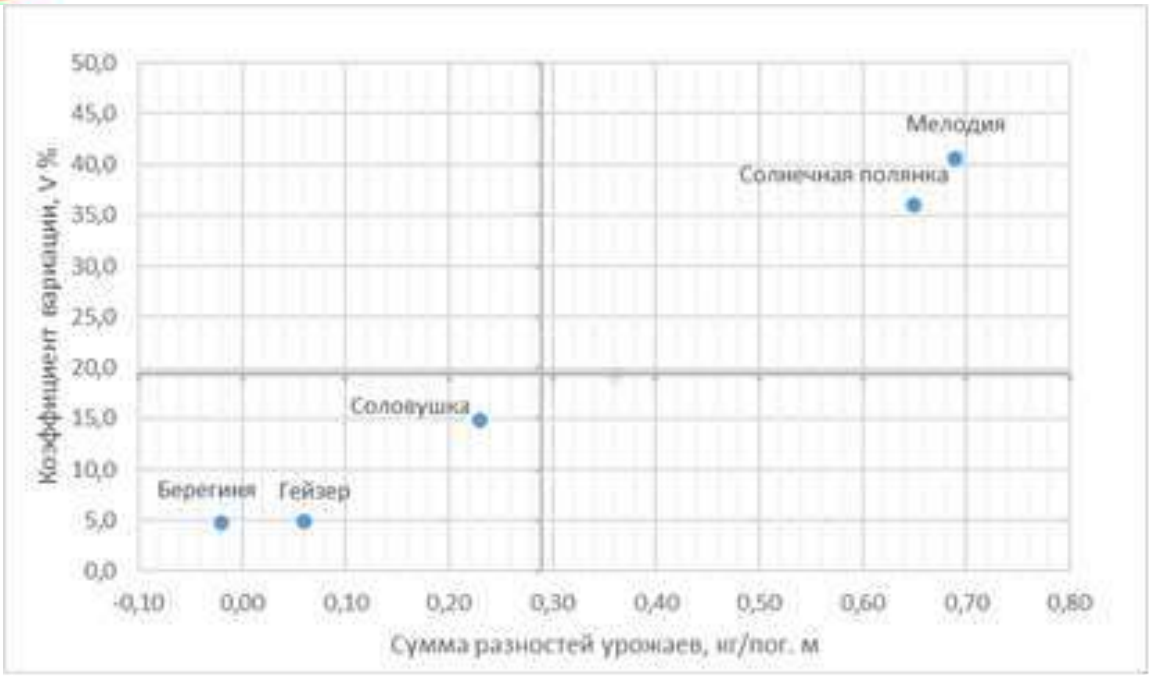


Рис. 1. Распределение сортов земляники садовой по сочетанию стабильности и суммы разностей урожаев

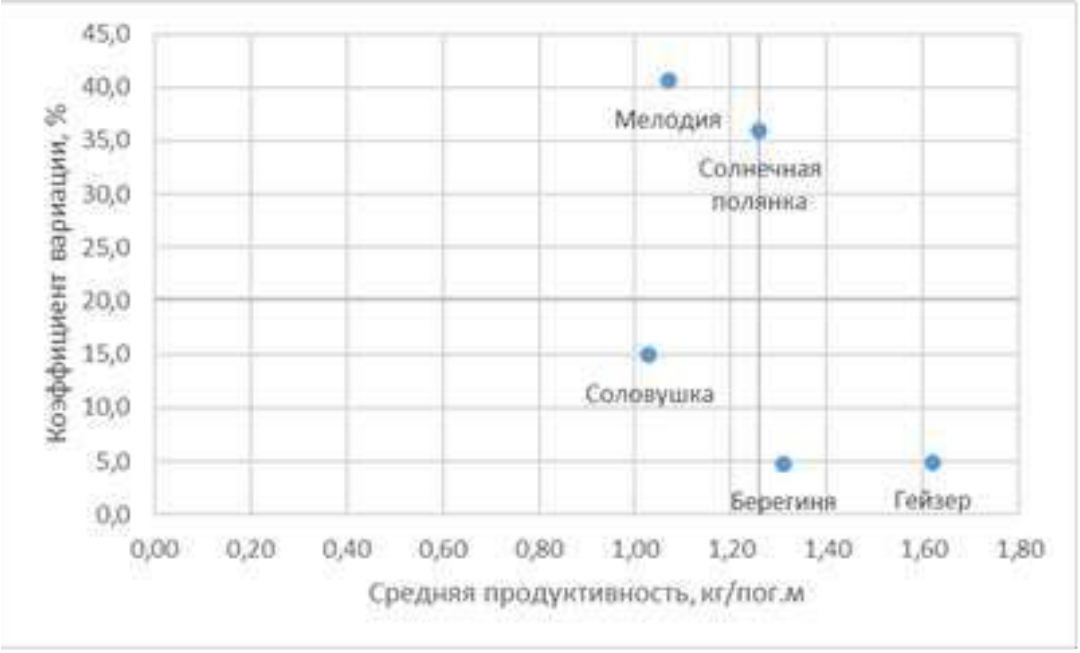


Рис. 2. Распределение сортов земляники садовой по сочетанию стабильности и уровня продуктивности

По результатам проведенных исследований выделены продуктивные сорт Гейзер (1,62 кг/пог. м), Берегиня (1,31 кг/пог. м), Солнечная полянка (1,26 кг/пог. м), Мелодия (1,08 кг/пог. м), достоверно превысившие показатель лучшего из стандартов районированного в республике сорта Фестивальная (0,84 кг/пог. м) на 93; 56; 50; 29 % (НСР05сорт = 0,22).

Формирование урожайности земляники садовой определяется генотипом сорта и условиями года. В северной зоне на этот показатель особенно сильно влияют зимостойкость, погодные условия периода цветения и влагообеспеченность

растений [12, 13]. Поэтому при оценке сортов необходимо учитывать не только средний уровень урожайности, но и ее устойчивость по годам.

Крупноплодность относится к важным товарным признакам. При этом крупный размер ягод должен сочетаться с достаточной урожайностью и устойчивостью сорта [14]. Наибольшую практическую ценность представляют сорта, у которых высокая масса первых ягод сохраняется и в последующих сборах.

Качество ягод определяется содержанием растворимых сухих веществ, сахаров, органических кислот и витамина С [15, 16, 20]. Эти показатели зависят от сорта, но также изменяются под влиянием погодных условий периода созревания. Для Республики Коми наибольший интерес представляют сорта, способные формировать ягоды с высокими вкусовыми достоинствами и достаточной биологической ценностью даже в условиях короткого лета.

Сортоизучение земляники садовой в условиях Республики Коми показало, что сорта существенно различаются по срокам прохождения фенологических фаз, зимостойкости, урожайности, крупноплодности и качеству ягод. Для северных условий наибольшую перспективность имеют сорта, сочетающие хорошую перезимовку, устойчивое плодоношение и высокое качество ягод. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного подхода при формировании адаптивного сортимента земляники садовой для региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов И. М. Проблемы импортозамещения плодово-ягодной продукции на агропродовольственном рынке России // АПК: экономика, управление. 2015. № 6. С. 3–12.

2. Сокерина Н. Н. Итоги сортоизучения ягодных культур в условиях Республики Коми // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 4. С. 13–18.

3. Косолапова Г. Н., Сокерина Н. Н., Пономарь Н. И. и др. Земляника садовая в северных условиях возделывания. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. 104 с.

4. Павлова Е. В., Красильникова Е. В., Моторина В. А. Руководство по формированию адаптивных агрофитоценозов земляники садовой в условиях Республики Коми. Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021. 36 с.

5. Агроклиматические ресурсы Коми АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 136 с.

6. Хапова С. А. Научное обоснование технологии культивирования земляники в Северо-Западном регионе РФ: дис. … д-ра с.-х. наук. М., 2016. 406 с.

7. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (экологические основы). Т. 1. М.: РУДН, 2001. 780 с.

8. Авдеева З. А. Фенологические особенности сортов земляники садовой в условиях степной зоны Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2. С. 58–61.

9. Дахно Т. Г., Ряховская Н. И., Дахно О. А. Фенологические особенности земляники крупноплодной в условиях Камчатского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 23–29.

10. Зубкова М. И., Ожерельева З. Е. Некоторые аспекты зимостойкости земляники садовой // Современное садоводство. 2019. № 1. С. 60–74.

11. Лукъянчук И. В. Комплексная устойчивость земляники к абиотическим стрессорам // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 28. № 2. С. 30–36.

12. Марченко Л. А., Пшихачева З. У. Селекция земляники на продуктивность и зимостойкость в условиях Нечернозёмной зоны // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 28. № 2. С. 60–70.

13. Антипенко М. И. Адаптационный потенциал сортов земляники в условиях Самарской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. № 48 (2). С. 25–28.

14. Айтжанова С. Д., Андронова Н. В., Поцепай С. Н. Селекция земляники садовой на крупноплодность // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 45. С. 15–18.

15. Мушинский А. А., Аминова Е. В., Авдеева З. А. и др. Оценка сортов земляники садовой по биохимическому составу и товарным качествам в условиях Оренбургского Приуралья // Садоводство и виноградарство. 2019. № 6. С. 26–34.

16. Жбанова Е. В., Лукъянчук И. В. Характеристика перспективных сортов земляники по биохимическому составу плодов // XXVI Мичуринские чтения. 2021. С. 97–102.

17. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

19. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений». М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.

20. Кретович В. Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа, 1980. С. 65–97.

21. Погода и климат [Электронный ресурс] / Справочно-информационный портал Поддержка проекта: К. Казаков. Хостинг: Инфобокс. – URL: http://www.pogodaiklimat.ru (дата обращения 25.06.2026).

REFERENCES

1. Kulikov I. M. Problems of Import Substitution of Fruit and Berry Products in the Russian Agri-Food Market // AIC: Economics, Management. 2015. No. 6. pp. 3–12.

2. Sokerina N. N. Results of Variety Study of Berry Crops in the Komi Republic // Agrarian Science of the Euro-North-East. 2017. No. 4. pp. 13–18.

3. Kosolapova G. N., Sokerina N. N., Ponomar N. I., et al. Garden Strawberry in Northern Cultivation Conditions. Kirov: Research Institute of Agriculture of the North-East, 2015. 104 p.

4. Pavlova E. V., Krasilnikova E. V., Motorina V. A. Guide to the Formation of Adaptive Agrophytocenoses of Garden Strawberries in the Komi Republic. Syktyvkar: Federal Research Center of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. 36 p.

5. Agroclimatic resources of the Komi ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973. 136 p.

6. Khapova S. A. Scientific substantiation of strawberry cultivation technology in the Northwestern region of the Russian Federation: Diss. … Doctor of Agricultural Sciences. Moscow, 2016. 406 p.

7. Zhuchenko A. A. Adaptive system of plant breeding (ecological foundations). Vol. 1. Moscow: RUDN University, 2001. 780 p.

8. Avdeeva Z. A. Phenological features of garden strawberry varieties in the steppe zone of the Orenburg region // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2014. No. 2. pp. 58–61.

9. Dakhno T. G., Ryakhovskaya N. I., Dakhno O. A. Phenological features of large-fruited strawberries in the Kamchatka Territory // Far Eastern Agrarian Bulletin. 2017. No. 3 (43). pp. 23–29.

10. Zubkova M. I., Ozherelieva Z. E. Some aspects of winter hardiness of garden strawberries // Modern gardening. 2019. No. 1. pp. 60–74.

11. Luk'yanchuk I. V. Complex resistance of strawberries to abiotic stressors // Fruit and berry growing of Russia. 2011. Vol. 28. No. 2. pp. 30–36.

12. Marchenko L. A., Pshikhacheva Z. U. Breeding strawberries for productivity and winter hardiness in the Non-Chernozem zone // Fruit and berry growing of Russia. 2011. Vol. 28. No. 2. pp. 60–70.

13. Antipenko M. I. Adaptation potential of strawberry varieties in the conditions of the Samara region // Fruit and berry growing of Russia. 2017. No. 48 (2). pp. 25–28.

14. Aitzhanova S. D., Andronova N. V., Potsepay S. N. Breeding garden strawberries for large-fruitedness // Fruit and berry growing in Russia. 2016. Vol. 45. pp. 15–18.

15. Mushinsky A. A., Aminova E. V., Avdeeva Z. A., et al. Evaluation of garden strawberry varieties by biochemical composition and commercial qualities in the Orenburg Urals // Horticulture and viticulture. 2019. No. 6. pp. 26–34.

16. Zhbanova E. V., Luk'yanchuk I. V. Characteristics of promising strawberry varieties by the biochemical composition of fruits // XXVI Michurin Readings. 2021. pp. 97–102.

17. Program and Methodology for Variety Study of Fruit, Berry, and Nut Crops / edited by E. N. Sedov, T. P. Ogoltsova. Orel: VNIISPK, 1999. 608 p.

18. Dospekhov B. A. Field Experiment Methodology. 5th ed. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

19. State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. "Plant Varieties". Moscow: Rosinformagrotech, 2021. 719 p.

20. Kretovich V. L. Plant Biochemistry. Moscow: Vysshaya shkola, 1980. pp. 65–97.

21. Weather and climate [Electronic resource] / Reference and information portal Project support: K. Kazakov. Hosting: Infobox. – URL: http://www.pogodaiklimat.ru (date of access 06/25/2026).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 633.1 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-272-277

Зерновые ресурсы юга России, как сырье для производства поликомпонентных зернопродуктов

Grain resources of the south of Russia as raw materials for the production of multicomponent grain products

Старш. научный сотрудник С.В. Черкасов, младш. науч. сотрудник Л.Г. Ересько, младш. науч. сотрудник Ю.Б. Стручалина,
Кубанский филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
kuban@fncps.ru

Senior. Researcher S.V. Cherkasov, Jr. scientific. Employee L.G. Yeresko, Jr. scientific. an employee of Yu.B. Struchalina,
Kuban Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences
kuban@fncps.ru

Аннотация. Рассмотрен агропромышленный потенциал Южного федерального округа России как макрорегиона, обеспечивающего продовольственную безопасность страны. Приведены прогнозные показатели урожая зерновых в 2026 году. Дана краткая характеристика четырех основных зерновых культур Юга России (пшеницы, риса, кукурузы и ячменя) с акцентом на их ботанические особенности, климатические требования и направления использования в пищевой и кормовой промышленности. Отражена современная парадигма развития агропромышленного комплекса – переход от экспорта сырого зерна к производству поликомпонентных зернопродуктов. Систематизированы научно обоснованные преимущества таких продуктов перед традиционными монопродуктами. Отмечено, что поликомпонентные смеси сохраняют высокие органолептические показатели и технологичность, позволяя производить широкий ассортимент продуктов питания (мука, крупы, хлеб, макароны, кондитерские изделия).

Abstract. The agro-industrial potential of the Southern Federal District of Russia is analysed as a macroregion contributing to the national food security. Forecast estimates of the grain crop yield for 2026 are presented. A concise characterisation of the four principal grain crops cultivated in Southern Russia (wheat, rice, maize, and barley) is provided, with a focus on their botanical traits, climatic requirements, and applications in the food and feed industries. The contemporary development paradigm of the agro-industrial complex is highlighted — the shift from the export of raw grain to the production of multi-component grain-based products. The scientifically substantiated advantages of such products over conventional single-component counterparts are systematised. It is emphasised that multi-component blends preserve high organoleptic qualities and technological adaptability, thus facilitating the manufacture of a broad spectrum of food products, including flour, cereals, bread, pasta, and confectionery items.

Ключевые слова: зерновые культуры, крупа, мука, поликомпонентный зернопродукт, питательность, урожай.

Keywords: grain crops, cereals, flour, multi-component grain products, nutritional value, yield.

Южный Федеральный округ исторически воспринимался как гарант продовольственной безопасности и «житница» России.

Юг России традиционно выступает ключевым аграрным макрорегионом страны, формирующим около 30% общероссийского производства зерновых культур. По оценкам экспертов, в ЮФО планируют собрать в 2026 году более 30 миллионов тонн зерна, что на 3,5% выше прошлогоднего результата [1].

© С.В. Черкасов, Л.Г. Ересько, Ю.Б. Стручалина, 2026

Рассмотрим четыре основные зерновые культуры, возделываемые на Юге России: пшеница, рис, кукуруза и ячмень.

Пшеница – самая распространенная продовольственная культура на юге и в умеренных широтах. В основном выращивают два вида: мягкая (для хлебопечения) и твердая (для макаронного производства). Бывает озимой (сеют осенью) и яровой (сеют весной). Предпочитает умеренный климат (холодостойка). Оптимальная температура роста 15–20°С. Требовательна к плодородию почвы, лучшие почвы – черноземы [2].

Основное использование:

- производство муки (хлебопекарной макаронной);
- производство крупы (маная, булгур, кускус);
- корма для животных (отруби, фуражное зерно).

Рис – важнейшая культура для тропиков и субтропиков, главный продукт питания в Азии.

Существуют множество сортов риса, различающихся по форме зерна (круглый, среднезерный, длиннозерный) и способам получения крупы (нешлифованный, шлифованный, пропаренный).

Очень влаголюбив. Основная технология выращивания – поля, залитые водой. Вода нужна не только для питания, но и для защиты от сорняков. Требует высоких температур (22–30°С) [3].

Основное использование:

- пищевое (каши, мука, лапша, крахмал);
- производство традиционных напитков.

Отходы переработки в виде мучки идут на кормовые цели. Рис является основным продуктом питания для более чем половины населения планеты. Главные производители: Китай, Индия, Индонезия, Бангладеш. На Юге России, в основном в Краснодарском крае, ежегодно получают около 1 млн. тонн риса.

Кукуруза – одна из самых урожайных и универсальных зерновых.

Ботанические особенности: Высокорослое растение, не имеющее полого стебля (соломины), в отличие от пшеницы и ржи. Делится на подвиды: кремнистая, зубовидная, сахарная, лопающаяся (попкорн).

Теплолюбива (оптимум 20–25°С), светолюбива, относительно засухоустойчива. Хорошо растет на различных почвах [4,7].

Основное использование:

- кормовое (силос и зерно для скота);
- пищевое (консервация, крупа, мука, хлопья, попкорн).
- техническое (производство крахмала, патоки, биотоплива, пластмасс, клея).

Лидер мирового производства по тоннажу. США — абсолютный мировой лидер по выращиванию кукурузы. В Южном федеральном округе ежегодный урожай кукурузы колеблется в пределах от 860 до 900 тыс. тонн.

Ячмень – самая скороспелая и холодостойкая зерновая культура.

Различают многорядный и двурядный ячмень. Широко распространены яровые формы.

Очень неприхотлив. Растет даже в условиях Крайнего Севера и высоко в горах, в том числе в тех местах, где не вызревает пшеница. Хорошо переносит засуху и заморозки [5].

Основное использование:

- кормовое (концентрированный корм для животных, основа для прозводства комбикормов);
- пищевое (перловая, ячневая крупы, суррогат кофе);
- пивоварение (солод из ячменя – основа для производства пива и виски).

Входит в четверку самых выращиваемых зерновых. Основные производители: Россия, Германия, Франция. На Юге России ежегодно убирают около 1,3 млн. тонн озимого ячменя.

В таблице 1 кратко приведено назначение и особенности вышеперечисленных культур.

Таблица 1

Краткая характеристика основных зерновых культур

Культура	Главное назначение	Климат	Особенность
Пшеница	Пищевое (хлеб)	Умеренный	Самая важная культура для хлебопечения
Рис	Пищевое (каши)	Тропики/Субтропики	Требует затопления полей произрастания
Кукуруза	Кормовое, техническое	Теплый	Самая урожайная и универсальная культура
Ячмень	Кормовое, пивоварение	Умеренный	Самая неприхотливая, скороспелая культура

Эти четыре культуры обеспечивают основную массу калорий в рационе человечества и служат фундаментом для производства продуктов питания и напитков.

Современный этап развития агропромышленного комплекса характеризуется сменой парадигмы: от экспорта зерна – сырца к созданию высокотехнологичных продуктов его переработки. Особую актуальность приобретает направление, связанное с производством поликомпонентных зернопродуктов - композитных смесей с заданными показателями пищевой и биологической ценности. Как отмечают исследователи ВНИИЗ, формирование на мукомольных заводах мучных композитных смесей из продуктов переработки зерновых, бобовых и масличных культур является перспективным и востребованным направлением развития отрасли [6].

Поликомпонентные зернопродукты (или композитные смеси) представляют собой продукты, составленные из двух и более видов зерновых, бобовых и масличных культур. Их главное преимущество перед традиционными монопродуктами (например, чисто пшеничной мукой или рисовой крупой) заключается в возможности сбалансировать рацион, компенсируя недостатки каждого отдельного вида сырья.

Это одно из новых направлений производства пищевых продуктов, способное обеспечивать устойчивое развитие производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, достаточное для обеспечения продовольственной независимости на основе принципов научно обоснованного планирования.

Основные преимущества таких продуктов, подтвержденные научными исследованиями:

1. Оптимизация белкового состава.

Традиционные злаки (пшеница, ячмень, рис, кукуруза) содержат белок, который является неполноценным — в нем не хватает некоторых незаменимых аминокислот, особенно лизина.

Бобовые (нут, горох, чечевица, соя, фасоль) и масличные (лен), наоборот, богаты лизином. При объединении злаков и бобовых в одном продукте аминокислотный состав белка становится полноценным и сбалансированным.

Исследования показывают, что в правильно составленной композитной смеси, минимальный аминокислотный скор (показатель полноценности белка) приближается к 1, что является идеальным значением [8]. Например, добавление нута в ячневую крупу повышает общее содержание и качество белка.

2. Снижение гликемической нагрузки.

Многие традиционные крупы (например, манная, рисовая, кукурузная) имеют высокий гликемический индекс, что приводит к быстрому повышению уровня сахара в крови и не рекомендуется для людей с нарушениями обмена веществ.

Добавление бобовых культур, богатых клетчаткой и белком, в смесь со злаками замедляет всасывание углеводов. Это способствует более плавному и длительному насыщению организма энергией без резких скачков уровня глюкозы.

Поликомпонентные крупы имеют более низкую гликемическую нагрузку по сравнению с монокрупами, что делает их предпочтительными для профилактики диабета, ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний.

3. Обогащение полезными жирами и клетчаткой.

Зерновые сами по себе содержат мало жиров, и те представлены не самым оптимальным составом. Добавление масличных культур (например, льна) кардинально меняет ситуацию. Семена льна являются рекордсменами по содержанию ценной полиненасыщенной жирной кислоты омега-3 (α-линоленовой). Исследования пшенично-льняной муки показали значительное увеличение содержания линоленовой кислоты по сравнению с обычной пшеничной мукой. Поликомпонентные смеси, особенно с добавлением бобовых и цельнозерновых компонентов, значительно богаче пищевыми волокнами, которые необходимы для здоровой микрофлоры кишечника и нормального пищеварения.

4. Повышение витаминно-минеральной плотности.

Каждая культура имеет свой уникальный набор витаминов и микроэлементов. Объедение их в одном продукте делает его более насыщенным с точки зрения нутрициологии. Например, смесь из 7 злаковых и бобовых культур (овес, кукуруза, просо, гречиха, соя, маш, фасоль) показывает высокое содержание широкого спектра минеральных веществ и витаминов.

5. Отличные вкусовые качества и технологичность.

Важно, что повышение пищевой ценности не происходит в ущерб вкусу. Исследования подтверждают, что добавление до 30% крупы из чечевицы, нута или фасоли к традиционным крупам не придает готовым кашам специфического бобового привкуса. Крекеры и вафли из композитной муки (пшеница, чечевица, лен) получают высокие оценки за вкус, запах и текстуру.

6. Универсальность.

На основе поликомпонентных смесей можно производить не только крупы и каши, но и хлеб, макароны, крекеры, вафли, сохраняя при этом все полезные свойства исходного сырья.

Основные различия между традиционными и поликомпонентными зернопродуктами представлены в таблице 2.

Таблица 2

Достоинства и недостатки моно и поликомпонентных зернопродуктов

Характеристика	Монопродукты (1 вид зерна)	Поликомпонентные зернопродукты (смесь злаков, бобовых, масличных)
Белок	Часто неполноценный, дефицит незаменимых аминокислот (например, лизина)	Полноценный и сбалансированный аминокислотный состав
Углеводы	Высокий гликемический индекс, быстрый подъем сахара в крови	Сниженная гликемическая нагрузка за счет клетчатки и белка
Жиры	Низкое содержание, неоптимальный состав	Обогащение ценными ПНЖК (Омега-3) при добавлении льна
Пищевые волокна	Умеренное количество	Повышенное содержание, улучшение пищеварения
Микронутриенты	Ограниченный набор витаминов и минералов	Расширенный витаминно-минеральный профиль

Таким образом, поликомпонентные зернопродукты – это шаг к осознанному, сбалансированному питанию. Они позволяют получать максимум пользы из привычных продуктов, не меняя кардинально своих пищевых привычек.

Исследования выполняются в рамках выполнения темы государственного задания FGUS-2025-0001 «Разработка методологических основ контроля и прогнозирования параметров качества и безопасности зернового сырья и продуктов его переработки на основе эмпирического установления динамики свойств, математического моделирования и создания цифровой системы дистанционного мониторинга состояния пищевых систем на предприятиях агропромышленного комплекса»

ЛИТЕРАТУРА

1. Дементьев, В. А. Золотая лихорадка в полях: рекордный урожай юга России поставит под удар логистику региона / В. А. Дементьев. — Текст : электронный // pravda.ru : [сайт]. – URL: https://www.pravda.ru/news/districts/2338426-zernovoy-rekord-yuga-2026/ (дата обращения: 16.06.2026).

2. Сорта пшеницы и тритикале: каталог / Л.А. Беспалова, В.М. Лукомец, О.Ф. Колесникова [и др.]; редколлегия: В.М. Лукомец [и др.]; ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ, 2025. – 204 с.

3. Зеленский Г.Л. Рис и не только по странам и континентам : монография / Г. Л. Зеленский; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Рос. Акад. наук, ФГБНУ «Федер. науч. центр риса». – Краснодар: ЭДВИ, 2025. – 608с.

4. Гибриды кукурузы селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Характеристики гибридов. Производители семян : каталог/ А.И. Сапрунов, В. М. Лукомец, Л.Г. Огняник (и др.); рец. В.С. Ковалев, С.В. Зеленцов; ФГБНУ «ФНЦ им П.П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ, 2025 – 40 с.

5. Сорта озимого и ярового ячменя, овса: каталог/ Н.В. Серкин, Т.Е. Кузнецова, В.М. Лукомец [и др.]; ред. В.М. Лукомец, Н.В. Серкин; рец. В.С Ковалев, С.В. Зеленцов; ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ, 2025. – 40с.

6. Мелешкина, Е.П. Научный подход к переработке семян льна на основе использования их фитохимического потенциала с целью создания новых пищевых продуктов с заданными свойствами / Е.П. Мелешкина // Аграрный вестник Юго-Востока.-2016.-№1-2 (14-15). с.68-71.

7. Рис: от растения до диетического продукта : монография / Г.Л. Зеленский, О.В. Зеленская. – Краснодар : КубГАУ, 2022. – 272с.

8. «Химический состав российских пищевых продуктов : справочник» / Ин-т питания РАМН ; под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – Москва : ДеЛи принт, 2002. – 235 с. : табл. — ISBN 5-94343-028-8.

REFERENCES

1. Dementyev, V. A. Gold Rush in the Fields: Record Harvest in Southern Russia Will Put Logistics in the Region at Risk / V. A. Dementyev. — Text: electronic // pravda.ru: [website]. – URL: https://www.pravda.ru/news/districts/2338426-zernovoy-rekord-yuga-2026/ (accessed: 16.06.2026).

2. Wheat and triticale varieties: catalog / L.A. Bespalova, V.M. Lukomets, O.F. Kolesnikova [et al.]; editorial board: V.M. Lukomets [et al.]; Federal State Budgetary Scientific Institution “P.P. Lukyanenko National Center for Crop Production”. – Krasnodar: EDVI, 2025. – 204 p.

3. Zelensky G.L. Rice and not only across countries and continents: a monograph / G.L. Zelensky; Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal… Research Center for Rice. – Krasnodar: EDVI, 2025. – 608 p.

4. Corn hybrids developed by the Federal State Budgetary Scientific Institution “P.P. Lukyanenko National Center for Cereals”. Characteristics of hybrids. Seed producers: catalog / A.I. Saprunov, V.M. Lukomets, L.G. Ognjanik (et al.); reviewed by V.S. Kovalev, S.V. Zelenzov; Federal State Budgetary Scientific Institution “P.P. Lukyanenko Federal Scientific Center”. – Krasnodar: EDVI, 2025 – 40 p.

5. Varieties of winter and spring barley and oats: catalog / N.V. Serkin, T.E. Kuznetsova, V.M. Lukomets [et al.]; ed. by V.M. Lukomets, N.V. Serkin; reviewed by V.S. Kovalev, S.V. Zelentsov; FSBSI “P.P. Lukyanenko National Center for Cereals”. – Krasnodar: EDVI, 2025. – 40 p.

6. Melechkina, E.P. A scientific approach to processing flax seeds based on the use of their phytochemical potential to create new food products with specified properties / E.P. Melechkina // Agrarian Bulletin of the South-East.-2016.-No. 1-2 (14-15). pp. 68-71.

7. Rice: from plant to dietary product: a monograph / G.L. Zelensky, O.V. Zelenskaya. – Krasnodar: KubSAU, 2022. – 272 p.

8. “Chemical composition of Russian food products: a reference book” / Institute of Nutrition of the Russian Academy of Medical Sciences; edited by I. M. Skurikhin, V. A. Tutelyan. – Moscow: DeLi print, 2002. – 235 p.: ill. — ISBN 5-94343-028-8.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 636.064.6 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-278-283

Рост и развитие молодняка маралов в условиях ГУП РТ «Мараловодческого хозяйства «Туран»

Growth and development of young marales in the conditions of the Maral farm «Turan»

Доцент Л.Д. Шимит, доцент Ч.М. Сат,
ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет»
shimit62@list.ru

Associate Professor L.D. Shimit, Associate Professor Ch.M. Sat,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tuvan State University”
shimit62@list.ru

Аннотация. В статье показаны результаты бонитировки маралов характеризующие качество пантовой продукции. Рассмотрены рост и развитие, показатели промеров и индекс телосложения молодняка маралов Государственного унитарного предприятия Республики Тува (ГУП РТ) «Мараловодческого хозяйства «Туран» и другие. Маралята-самцы при рождении несколько превышают по живой массе самочек, и эта разница сохраняется в дальнейшем с увеличением в пользу самцов. Отличие живой массы между самцами и самочками при рождении, в 6,12 месячном возрасте составляет 2,2; 1,5; 8,2 кг (16,3; 1,75; 4,83%). При сравнительном анализе промеров самцов и самок выявлено, что самцы превосходят самок, но это определяется лишь при непосредственном контакте с животным. По показателям промеров выявлено, что у маралят самцов (при рождении и 6,12 мес.) хорошо развиты такие индексы телосложения, как растянутости, массивности и костистости. Индекс растянутости характеризует развитие туловища в длину. Индекс массивности описывает относительное развитие туловища. Индекс костистости отражает относительное развитие костяка по отношению к росту.

Abstract. The article shows the results of maral bonitirovka, which characterize the quality of the pangot product. The growth and development, measurements, and body structure index of young maral of the State Unitary Enterprise of the Republic of Tuva (GUP RT) "Maral Farm Turan" and others are considered. Male maral calves are slightly heavier than female calves at birth, and this difference continues to increase in favor of males. The difference in live weight between males and females at birth, at 6.12 months of age, is 2.2; 1.5; 8.2 kg (16.3; 1.75; 4.83%). A comparative analysis of the measurements of males and females revealed that males are larger than females, but this can only be determined by direct contact with the animal. According to the measurements, it was found that male maralats (at birth and at 6.12 months) have well-developed indices of body structure, such as elongation, massiveness, and bone density. The elongation index characterizes the development of the body in length. The mass index describes the relative development of the trunk. The bone index reflects the relative development of the skeleton in relation to height.

Ключевые слова: рос, развитие, экстерьер, промеры, живая масса, маралы, индексы телосложения.

Keywords: growth, development, exterior, measurements, live weight, marals, body composition indices.

Разведение маралов в Республике Тыва началось в конце XIX века — вместе с русскими переселенцами из Алтая. Отрасль быстро развивалась: например, в Турано-Уюкском районе за 30 лет (с 1885 по 1915 год) поголовье выросло в 30 раз (с 24 до 744 голов). Однако в 1920-х годах, после политики раскулачивания, частное мараловодство пошло на спад. В 1970–1980-х годах эту функцию выполнял

© Л.Д. Шимит, Ч.М. Сат, 2026

Госпромхоз «Туран» с мараловодческой фермой. В 1990-е годы отрасль пришла в упадок из-за отсутствия инвестиций.

Возрождение мараловодства началось в 2013 году. В том же году создано государственное унитарное предприятие «Мараловодческое хозяйство «Туран»», для которого завезли маралов алтае-саянской породы. Маралов содержат в условиях, близких к естественной среде обитания в загороженных лесных и горных пастбищах.

Изучить особенности роста, развития молодняка маралов в условиях ГУП Республики Тыва «Мараловодческое хозяйство «Туран»» Пий-Хемского района.

Для достижения поставленной цели ставились следующая задача: определить живую массу, промеры и индексы телосложения молодняка маралов в разные периоды возраста.

Экспериментальная работа проводилась в условиях ГУП РТ «Мараловодческое хозяйство «Туран»» Пий-Хемского кожууна в период 2018-2019 годы. Объектом исследования послужили молодняк маралов разных половозрастных групп, разводимые в этом хозяйстве. Для проведения параметрических исследований были подобраны по 6 голов молодняка маралов разных половозрастных групп: новорожденные, 6 месяцев, 12 месяцев.

Рост и развитие животных было изучено по показателям прироста живой массы и величине основных экстерьерных промеров телосложения. Маралов взвешивали индивидуально на весах с пределом взвешивания до 1000 кг и погрешностью взвешивания не более 1 кг (при рождении, в возрасте 6-12 месяцев).

Одновременно в эти же сроки получены экстерьерные промеры тела. Высоту в холке, высоту в крестце, косую длину тела и глубину груди за лопатками измеряли мерной палкой и штангенциркулем с точностью до 0,5см. Обхват груди другие промеры измеряли мерной лентой с точностью до 0,5см. По данным промеров тела были вычислены индексы телосложении.

Высоту в крестце – мерной палкой в наивысшей точке крестцовой точки. Ширину груди измеряли мерной палкой на самом широком месте по вертикали, касательной к заднему углу лопатки. Глубину груди – мерной палкой – расстояние от холки до грудной кости по вертикали, касательной к заднему углу лопатки. Косую длину туловища измеряли мерной лентой – расстояние от крайней передней точки выступа седалищного бугра. Обхват пясти – мерной лентой в нижнем конце верхней ее трети.

Сбор и анализ материалов по новорождённым маралятам (6 голов) проводили в период массового отела маток (май- июнь).

Маралов разводят на Алтае, Саянах, в Прибайкалье и Забайкалье, в Сауре, Тарбагатае, Северном Джунгарском Алатау, Центральном Тянь-Шане, в том числе в Заилийском1 Алатау1. Современный ареал марала ограничен 71-115° восточной долготы и 41-57° северной широты. В настоящее время марал 5 в пределах естественного ареала живет исключительно в горах, хотя в прошлом он обитал также и на равнине [3,5].

Маралы довольно крупные животные, самцы по живой массе превосходят маралух. Живая масса может достигать 400 кг, а панты у отдельных быков достигают массы 20-26 кг [8].

В общей сложности конституциональные и экстерьерные характеристики самцов и самок марала до настоящего времени изучены крайне недостаточно (Митюшев П.В., 1945, Пятков Л.П., Прядко Э.И., 1971), что затрудняет ведение бонитировки в полном объеме [4,7].

Несмотря на экологическую пластичность, ресурсы и хозяйственное значение марала уменьшаются. На фоне общего уменьшения обилия его в горах Южной

Сибири остается невыясненным целый ряд вопросов, касающихся особенностей экологии, пространственного распределения, и проблем сохранения ресурсов.

По данным Егерь В.Н., Санкевич М.Н. (1989) расширенное воспроизводство поголовья, повышение продуктивности и товарности отрасли в первую очередь зависит от рационально направленного выращивания молодняка Знание закономерных связей между основными признаками, по которым ведется направленная селекционная работа в стаде, позволяет значительно ускорить получение животных желательного для производства типа [2].

Для изучения биологии животного и улучшения продуктивных и хозяйственно-полезных качеств, а также для совершенствования методов оценки животного, следует изучать экстерьер животных по которому, можно определить индивидуальные особенности телосложения и тип конституции.

Рациональное использование генетического потенциала маралов в сочетании с ценными хозяйственно-полезными признаками является одним из решающих условий повышения эффективности отрасли мараловодства (Коржикепова И.О., 2014). Для этого необходимо глубокое и всестороннее изучение их биологических и хозяйственных особенностей, которые в значительной степени могут различаться у животных, принадлежащих разным популяциям.

Разведение маралов в Республике Тыва началось в конце XIX века — вместе с русскими переселенцами из Алтая. Отрасль быстро развивалась: например, в Турано-Уюкском районе за 30 лет (с 1885 по 1915 год) поголовье выросло в 30 раз (с 24 до 744 голов). Однако в 1920-х годах, после политики раскулачивания, частное мараловодство пошло на спад. В 1970–1980-х годах эту функцию выполнял Госпромхоз «Туран» с мараловодческой фермой. В 1990-е годы отрасль пришла в упадок из-за отсутствия инвестиций.

Возрождение мараловодства началось в 2013 году. В том же году создано государственное унитарное предприятие «Мараловодческое хозяйство «Туран»», для которого завезли маралов алтае-саянской породы. Маралов содержат в условиях, близких к естественной среде обитания в загороженных лесных и горных пастбищах.

Для успешного ведения племенной работы и выращивания маралов желательного типа и продуктивности необходимо выявить основные закономерности индивидуального роста, развития и уметь использовать их в производственных условиях. В связи с этим были изучены рост и развитие молодняка маралов.

На рост и развитие организма животных в постэмбриональный период оказывает влияние генотипические и паратипические факторы (порода, пол, возраст, условия кормления и содержания). Основным показателем роста и развития является увеличение массы тела животного.

К.Б. Свечин [5], дает следующее определение понятию роста: «Ростом называется увеличение массы клеток организма, его тканей и органов, линейных и объемных их размеров, что осуществляется за счет количественных изменений в результате стойких новообразовании живого вещества». М.Ф. Иванов [1] предлагает оценку роста и развития организма определять по живой массе и промерам, которые у молодых животных являются решающими.

Данные об изменении живой массы молодняка маралов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Динамика живой массы молодняка маралов

Возраст, мес	Показатель	Самцы	Самки
При рождении	живая масса, кг	15,7 ± 0,05	13,5 ± 0,11
6 мес	живая масса, кг	89,3 ± 0,02	85,6 ± 0,06
При рождении-6 мес	абсолютный прирост, кг	73,6	72,1
	относительный прирост, %	468,8	534,0
	среднесуточный прирост, г	408,9	408,8
12 мес	живая масса, кг	177,7 ± 0,20	169,5 ±0,04
6 мес-12 мес	абсолютный прирост, кг	88,4	83,9
	относительный прирост, %	99	98
	среднесуточный прирост, г	421	398,1

Из данных таблицы 1 следует, что маралята-самцы при рождении несколько превышают по живой массе самочек, и эта разница сохраняется в дальнейшем с увеличением в пользу самцов. Отличие живой массы между самцами и самочками при рождении, в 6,12 месячном возрасте составляет 2,2; 1,5; 8,2 кг (16,3; 1,75; 4,83%). Выявленные закономерности в колебаниях показателей роста и развития, несомненно, являются, результатом естественного отбора и имеют огромное значение в адаптации животных данного вида, и определяет, дальнейшую хозяйственную ценность молодняка.

Для достижения этой цели мы проводили исследования на молодняке маралов, оценивали по крепости конституции, экстерьеру и живой массе (таблица 2).

При сравнительном анализе промеров самцов и самок выявлено, что самцы превосходят самок, но это определяется лишь при непосредственном контакте с животным. Высотные показатели маралят самок (при рождении, 6,12 мес.) меньше, чем у самцов на 2,2 см (3,1%); 1,7 см (1,5%); 2,3 % в холке.

Таблица 2

Весовая и линейная характеристика экстерьера молодняка маралов

Показатели	Самки			Самцы		
	60012	58239	14012	00123	18250	03523
Новорожденные						
Живая масса, кг	14,0	14,6	12,0	16,4	15,5	15,3
Высота в холке, см	72,0	70,5	69,2	74,0	72,5	72,0
Высота в крестце, см	68,4	68,0	67,2	70,3	69,2	69,5
Косая длина туловища, см	42,2	39,8	39,4	45,3	41,0	42,5
Глубина груди, см	28,6	25,7	27,5	30,2	29,5	29,3
Ширина груди, см	18,0	18,5	17,8	20,2	19,0	19,8
Обхват груди, см	57,5	56,0	56,5	59,03	58,0	58,7
Обхват пясти, см	7,2	7,5	7,0	8,8	8,7	8,0
6 месяцев						
Живая масса, кг	85,0	86,5	85,2	89,4	89,0	89,5
Высота в холке, см	110,5	110,5	110,0	112,9	112,0	111,2
Высота в крестце, см	106,5	105,4	106,5	108,4	108,0	107,4
Косая длина туловища, см	72,0	71,5	72,5	73,0	74,0	73,2

Глубина груди, см	36,0	36,2	36,5	38,5	38,0	37,5
Ширина груди, см	22,0	22,9	21,5	23,0	23,2	22,5
Обхват груди, см	113,0	112,5	112,8	115,0	115,2	114,5
Обхват пясти, см	11,0	11,5	11,5	12,0	12,2	12,1
12 месяцев						
Живая масса, кг	169	169,5	170	175	178	180
Высота в холке, см	155,0	158,5	157,0	160,0	159,2	162,0
Высота в крестце, см	152,5	151,8	152,8	154,0	154,5	155,4
Косая длина туловища, см	91,5	90,0	91,0	92,0	94,2	93,2
Глубина груди, см	41,4	42,2	41,0	45,5	44,0	45,5
Ширина груди, см	25,6	24,0	26,5	28,0	28,0	29,8
Обхват груди, см	119,0	118,5	119,0	121,0	121,4	122,5
Обхват пясти, см	13,0	13,5	13,0	14,0	14,6	14,8

При сравнительном анализе промеров самцов и самок выявлено, что самцы превосходят самок, но это определяется лишь при непосредственном контакте с животным. Высотные показатели маралят самок (при рождении, 6,12 мес.) меньше, чем у самцов на 2,2 см (3,1%); 1,7 см (1,5%); 2,3 % в холке. Разница глубины и обхвата груди между самками и самцами составила 2,4 см (8,8%); 1,8 см (5,0%); 3,5 см (8,4%) и 1,9 см (3,4%); 2,1 см (1,9%); 2,8 см (2,4%). Промеры косой длины туловища у самцов превышает данные у самок на 2,4 см (5,9%); 1,4 см (1,9%); 2,3 см (2,5%). Обхват пясти больше у самцов на 1,3 см (18,1%); 0,8 см (7,1%); 1,3 см (9,8%).

Величина промеров в абсолютном выражении дает представление о развитии отдельных статей, однако по ним нельзя судить о телосложении животного в целом. Более полное представление о телосложении животного дают индексы, рассчитанные как процентное отношение промеров друг к другу. По полученным после биометрической обработки промерам вычислили индексы, характеризующие пропорции тела маралят (таблица 3).

Таблица 3

Индексы телосложения

Индексы	Молодняк маралов					
	Самцы			Самки		
	При роджении	6 мес	12 мес	При роджении	6 мес	12 мес
Длинноногости	59,2	66,0	71,9	61,3	67,1	73,5
Растянутости	58,9	65,5	58,0	57,3	65,2	57,9
Грудной	66,3	60,2	63,5	66,3	61,0	61,2
Сбитости	136,5	156,5	130,6	140	156,6	130,8
Массивности	80,4	102,5	75,8	80,3	102,2	75,7
Костистости	11,6	10,8	9,0	10,1	10,2	8,4

Из данных таблицы 3 видно, что у маралят самцов (при рождении и 6,12 мес.) хорошо развиты такие индексы телосложения, как растяннутости, массивности и костистости. Индекс растянутости характеризует развитие туловища в длину. Индекс массивности описывает относительное развитие туловища. Индекс костистости отражает относительное развитие костяка по отношению к росту.

На основании проведенных исследований для хозяйства сделаны следующие рекомандации. По физиологическому развитию оценивать приплод по живой

массе. Выбраковывать молодняк весом ниже 11 кг. В возрасте 6 месяцев проводить повторный отбор и выбраковывать особей, масса которых ниже 84 кг у маралят самочек и 85 кг у самцов. На территории парка организовать подкормку самок, рогачей и молодняка маралов с конца августа с целью увеличения живой массы и продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, М.Ф. Генетика. / М.Ф.Иванов, Н.А. Кравченко. М., «Колос», 1967.
2. Егерь, В.Н. Влияние возраста и живой массы маралов-рогачей на их пантовую продуктивность / В.Н. Егерь, М.Н. Санкевич // Биологические активные вещества в звероводстве, кролиководстве, пантовом оленеводстве: Сб. науч. тр. М, 1989. - Т. 36. - С. 200-207.
3. Коржикенова, Н.О. Пантовая и мясная продуктивность маралов и пути ее повышения в условиях Восточного Казахстана: автореф. дис. ... докт. фил. наук / Коржикенова Норгуль Орунгалиевна. - Алматы, 2014. - 94 с.
4. Митюшев, П.В. Бонитировка пантовых оленей / П.В. Митюшев // Каракулевод и звероводство. - 1949. - № 4. - С. 31-38.
5. Митюшев, П.В. Оценка производителей пантовых оленей по производительности и экстерьеру. / П.В. Митюшев: Сб. н.-и. работ за период Отечественной войны. М., 1945. - Вып. 1. - С. 213-224.
6. Свечин, К.Б. Рост и развитие животных. / К.Б. Свечин. Киев. Укрсельхозиздательство,1961.
7. Пятков, Л.П. Мараловодство / Л.П. Пятков, Э.И. Прядко. Алма-Ата, 1971.- 130 с.
8. Panichev A.M. The cause and the effect of lithophagial instinct / A.M. Panichev, K.S. Golokhvast. – Pacific Science Review.– 2011.– Т. 13. № 1.– P. 64- 70.

REFERENCES

1. Ivanov M.F. Genetika. / M.F.Ivanov, N.A. Kravchenko. M., «Kolos», 1967.
2. Eger' V.N. Vliyanie vozrasta i zhivoj massy maralov-rogachej na ih pantovuyu produktivnost' / V.N. Eger', M.N. Sankevich // Biologicheskie aktivnye veshchestva v zverovodstve, krolikovodstve, pantovom olenevodstve: Sb. nauch. tr. M, 1989. - T. 36. - S. 200-207.
3. Korzhikenova, N.O. Pantovaya i myasnaya produktivnost' maralov i puti ee povysheniya v usloviyah Vostochnogo Kazahstana: avtoref. dis. ... dokt. fil. nauk / Korzhikenova Norgul' Orungalievna. - Almaty, 2014. - 94 s.
4. Mityushev P.V. Bonitirovka pantovyh olenej / P.V. Mityushev // Karakulevod i zverovod. - 1949. - № 4. - S. 31-38.
5. Mityushev P.V. Ocenka proizvoditelej pantovyh olenej po proizvoditel'nosti i ekster'eru. / P.V. Mityushev: Sb. n.-i. rabot za period Otechestvennoj vojny. M., 1945. - Vyp. 1. - S. 213-224.
6. Svechin, K.B. Rost i razvitie zhivotnyh. / K.B. Svechin. Kiev. Ukrsel'hozizdatel'stvo,1961.
7. Pyatkov L.P. Maralovodstvo / L.P. Pyatkov, E.I. Pryadko. Alma-Ata, 1971.- 130s.
8. Panichev A.M. The cause and the effect of lithophagial instinct / A.M. Panichev, K.S. Golokhvast. – Pacific Science Review.– 2011.– T. 13. № 1.– P. 64- 70.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 633.88:631.811.98 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-284-291

Оценка влияния регуляторов роста и микроудобрения на пустырнике сердечном (leonuruscardiacal.) второго года вегетации в условиях Самарской области

Assessment of the effect of a growth regulators and microfertilizer on second-year motherwort (leonurus cardiaca l.) under conditions of the Samara region

Научный сотрудник А.Н. Загорянский, научный сотрудник С.Ю. Акутина, научный сотрудник В.Н. Сетин,
Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР

Доцент И.А. Володина, доцент Н.А. Ермакова,
Самарский государственный аграрный университет
volodinairina1980@yandex.ru

Researcher A.N. Zagoryansky, researcher S.Y. Akutina, researcher V.N. Setin,
Sredne-Volzhsky branch of FSBI VILAR

Associate Professor I.A. Volodina, Associate Professor N.A. Ermakova,
Samara State Agrarian University
volodinairina1980@yandex.ru

Аннотация. На фоне стремительных изменений мирового рынка сельскохозяйственного сырья, нарастающих климатических рисков и резкого демографического роста в мировом масштабе, а также количественного и качественного истощения природно-ресурсного потенциала территорий, сельское хозяйство сталкивается с острой необходимостью перехода к более продуктивным, экологически устойчивым моделям аграрного производства с применением передовых агротехнологий. В числе агротехнических приёмов, позволяющих повысить урожайность лекарственного растительного сырья и содержание в этом сырье биологически активных веществ, является применение регуляторов роста растений и микроудобрений.Исследование, представленное в статье, посвящено оценке эффективности применения микроудобрения Феровит и регуляторов роста Циркон и Альбит для повышения устойчивости пустырника сердечного сорта Самарский (Leonurus cardiaca L.), второго года вегетации, к стрессовым условиям произрастания. Проанализировано их влияние на урожайность сырья и накопление биологически активных соединений. В ходе двухлетних исследований максимальная урожайность воздушно-сухого сырья (4,24 т/га, что на 23 % превышает показатель контрольного варианта) была достигнута при двукратной фолиарной обработке растений препаратом Феровит в дозе 0,45 л/га. Применение регулятора роста Альбит в дозировке 45 мл/га способствовало наибольшему накоплению экстрактивных веществ,извлекаемых 70 % спиртомввоздушно-сухом сырье. Полученный результат (33,80 %) на 4 % превосходит значение контроля.Влияние регуляторов ростаи микроудобрения на содержание суммы флавоноидов в пересчёте на рутинв воздушно-сухом сырье пустырника сердечного второго года вегетации не выявило ожидаемого положительного эффекта. Установленныевходеисследованияданныебылинижеконтрольноговарианта.

Ключевые слова: пустырник сердечный, регулятор роста растений, микроудобрение, Циркон, Альбит, Феровит, урожайность сырья

Abstract. Against the backdrop of rapid changes in the global market for agricultural raw materials, growing climate risks and a sharp demographic growth on a global scale, as well as the quantitative and qualitative depletion of the natural resource potential of territories, agriculture is facing an urgent need to transition to more productive, environmentally sustainable models of agricultural production using

© А.Н. Загорянский, С.Ю. Акутина, В.Н. Сетин, И.А. Володина, Н.А. Ермакова, 2026

advanced agrotechnologies.Among the agrotechnical practices that make it possible to increase the yield of medicinal plant raw materials and the content of biologically active substances in these raw materials is the use of plant growth regulators and microfertilizers.The study presented in the article is devoted to assessing the effectiveness of using the microfertilizer Ferovit and the growth regulators Zircon and Albit to enhance the resistance of Leonurus cardiaca L. (motherwort), Samarsky variety, in its second year of vegetation, to stressful growing conditions. Their impact on the yield of raw materials and the accumulation of biologically active compounds has been analysed.In the course of two-year studies, the maximum yield of air-dry raw material (4.24 t/ha, which is 23 % higher than the indicator of the control variant) was achieved with a double foliar treatment of plants with the Ferovit preparation at a dose of 0.45 l/ha.The use of the growth regulator Albit at a dosage of 45 ml/ha contributed to the greatest accumulation of extractive substances extracted with 70 % alcohol in the air-dry raw material. The result obtained (33.80 %) is 4 % superior to the control value.The effect of the growth regulators and the microfertilizer on the content of the total flavonoids (calculated as rutin) in the air-dry raw material of second-year Leonurus cardiaca did not reveal the expected positive effect. The data established during the study were lower than the control variant.

Keywords: motherwort (Leonurus cardiaca), growth regulator, microfertilizer,Zircon, Albite, Ferovite, crop yield

Сельское хозяйство подвержено всем основным экономическим и геополитическим вызовам современности, особенно ускорению процессов глобального изменения климата и своевременной адаптации к этим изменениям, а также требованиям минимизации воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду и связанной с этим низкоуглеродной трансформации агропродовольственных систем [1].

Эффективность роста и уровень продуктивности сельскохозяйственных и лекарственных растений существенно варьируются в зависимости от погодных условий. Экстремальная жара и водный дисбаланс в критический период развития растений запускают цепочку нарушений в их физиологии, что в конечном счёте проявляется в снижении урожайности и потере качества продукции. Современные тренды в хозяйственной деятельности аграрного сектораориентируют производителей на внедрение технологий возделывания сельскохозяйственных и лекарственных культур, которые отвечают принципам экологической безопасности и при этом демонстрируют высокую экономическую эффективность [2-4]. Одним из научно обоснованных компонентов системы агротехнических мероприятий, обеспечивающих рост урожайности сельскохозяйственного сырья, является применение регуляторов роста растений и микроудобрений [5-7]. При этом как регуляторы роста, так и микроудобрения, стимулируют накопление биологически активных веществ (БАВ) в растительном материале [8-10]. В современной агрохимии среди регуляторов роста растений приоритетное положение занимают препараты на основе природных соединений. Существенным преимуществом таких препаратов является их низкий класс опасности, что согласуется с актуальными требованиями экологической регламентации сельскохозяйственного производства.

Для оценки влияния регуляторов роста и микроудобрений в 2023 году начато исследование на растениях пустырника сердечного.

Изучение влияния регуляторов роста и микроудобрений на устойчивость растений пустырника сердечного (второго года вегетации) к неблагоприятным условиям произрастания, повышение урожайности воздушно-сухого сырья ибиологически активных веществ.

Настоящее исследование выполнено в рамках утверждённой темы научно-исследовательской работы (НИР) Федерального государственного бюджетного научного учреждения ВИЛАР (ФГБНУ ВИЛАР)«Определение ресурсного потенциала дикорастущих видов лекарственных растений, разработка адаптивных агротехнологий и создание устойчивых сортов лекарственных культур» (FGUU-2025-0006).Проведение исследований осуществлено на базе специальной научной установки «Биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР» с применением представленных в ней

биообъектов.Эксперимент выполнен на территории коллекционного питомника Средне-Волжского филиала ФГБНУ ВИЛАР с соблюдением стандартных агротехнических требований.В соответствии с методикой исследования в опытах использовали следующие стимулирующие агропрепараты:

1) Регулятор роста Циркон (гидроксициннаматы (гидроксикоричные кислоты));

2) Регулятор роста Альбит (поли-бета-гидроксимасляная кислота с добавлениеммакро и мезоэлементов: азот (в форме карбамида), фосфор и калий (фосфат калия), калий и азот (нитрат калия), магний (сульфат магния), мочевина и вспомогательные вещества(гидролизат бактериальной биомассы, хвойный экстракт, вода);

3) МикроудобрениеФеровит (комплекс микроэлементов и биостимуляторов: железо (хелат), азот в доступной форме, сера, глицин.

Схема опыта:

1. Контроль – обработка водой;

2. Циркон – 35 мл/га (обработка растений: первая – весной в начале возобновления вегетации, вторая – через 20-25 дней после первой обработки, третья – в фазу начала отрастания растений после первого укоса);

3. Альбит – 45 мл/га (обработка растений: первая – весной в начале возобновления вегетации, вторая – через 20-25 дней после первой обработки, третья – в фазу начала отрастания растений после первого укоса);

4. Феровит – 0,45 л/га (обработка растений: первая – весной в начале возобновления вегетации, вторая – через 20-25 дней после первой обработки, третья – в фазу начала отрастания растений после первого укоса).

В ходе эксперимента во всех вариантах опыта применялся рабочий раствор с нормой расхода 300 л/га. Опыт заложен в четырёх вариантах и в четырёхкратной повторности в соответствии с «Методикой проведения полевых опытов с лекарственными и эфирномасличными культурами» (Н. И. Ковалев и др., 2023). Размещение учётных делянок выполнено случайным (рандомизированным) образом, в трёхрядной конфигурации, при этом ширина междурядий составила 60 см. Учётная площадь опытной делянки составляет – 7,2 м^2. Фенологические наблюдения проводились по методике И.Н. Бейдеман (1974) «Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ». Статистическая обработка опытных данных проводится по Б.А. Доспехову (1985). Агрономическая продуктивность сельскохозяйственного сырья критически зависит от комплекса метеорологических параметров, формирующих погодные условия вегетационного периода.

Таблица 1

Метеорологические показатели 2024-2025 гг.

Параметр	Месяц / год	апрель	май	июнь (до уборки на сырьё)	Всего
Средняя температура воздуха, °С	2024	11,9	10,6	22,0	-
	2025	10,2	14,9	19,5	-
	Средние многолетние значения	6,4	14,7	17,1	-
Сумма активных температур> +10 ˚С	2024	243,2	228,8	324,4	796,4
	2025	215,3	454,3	210,3	879,9
Количество осадков, мм	2024	35,2	26,9	2,9	62,1
	2025	45,8	46,3	31,1	123,2
	Средние многолетние значения	30,0	37,0	17,0	85,7

Анализ метеорологических показателей за апрель 2024 и 2025 годов выявил превышение средней температуры воздуха над среднемноголетними значениями: на 5,5 °С в 2024 году и на 4,2 °С в 2025 году. При этом сумма активных температур (свыше +10 °С) оказалась выше в 2024 году (243,2 °С) по сравнению с 2025 годом (215,3 °С). Наблюдался также избыток осадков относительно нормы (30 мм): 35,2 мм (117 %) в 2024 году и 45,8 мм (152 %) в 2025 году.

В мае 2024 года наблюдались отклонения метеорологических показателей от климатической нормы. Среднемесячная температура составила 10,6 °С при норме 14,7 °С. Количество осадков достигло 73% от среднемноголетнего значения (37,0 мм), из которых 18,6 мм пришлось на первую декаду месяца. Сумма активных температур выше +10 °С составила 228,8 °С. В мае 2025 года среднемесячная температура соответствовала среднемноголетним значениям (14,7 °С). Сумма активных температур выше +10 °С достигла 454,3 °С. Количество выпавших осадков составило 46,3 мм, что на 25% превышает норму.

Первая декада июня 2024 года характеризовалась устойчивым отклонением температуры в сторону повышения относительно средних показателей: средняя температура воздуха превысила климатическую норму на 4,9 °С. Сумма активных температур (при пороге +10 °С) за указанный период составила 324,4 °С. Количество выпавших осадков (2,9 мм) меньше среднемноголетнего значения (18 мм) на 84 %. В аналогичный период 2025 года также зафиксировано превышение средней температуры над среднемноголетними значениями, хотя и менее выраженное – на 2,4 °С. Сумма активных температур выше +10 °С составила 210,3 °С. В отличие от 2024 года количество осадков в первой декаде июня 2025 года превысило среднемноголетний показатель в 1,8 раза и достигло 31,1 мм.

Климатические условия в рассматриваемый период характеризовались значительной межгодовой изменчивостью. В 2024 году количество выпавших осадков составило 62,1 мм, что на 27% ниже нормы (85,7 мм). В следующем, 2025 году, напротив, был отмечен существенный переизбыток влаги: объём осадков достиг 123,2 мм, превысив норму на 44 %. Наряду с этим зафиксирована положительная динамика теплообеспеченности: сумма активных температур (с порогом +10 °С) в 2025 году (879,9 °С) оказалась на 10 % выше, чем в 2024 году (796,4 °С).

Результаты оценки применения регуляторов роста и микроудобрения на биометрические показатели, урожайность воздушно-сухого сырья и содержание биологически активных веществ растений пустырника сердечного (второго года вегетации) представлены в таблицах 2 – 4.

Таблица 2

Влияние регулятора роста и микроудобрения на биометрические параметры пустырника сердечного второго года вегетации, 2024 – 2025 гг.

Год	Показатель		
	Густота стояния, шт./п.м	Высота растений в фазу массовой бутонизации - начала цветения, см	Количество ветвей на одном растении, шт.
Контроль (двукратная обработка водой)			
2024	14,3±0,50	114,2±7,05	4,4±0,39
2025	20,3±0,50	103,2±3,67	2,8±0,09
среднее значение	17,3±0,50	108,7±5,36	3,6±0,24
Циркон (двукратная обработка) – 35 мл/га			
2024	14,3±1,26	117,2±10,24	4,8±0,67
2025	20,0±1,83	109,0±4,00	3,1±0,21
среднее значение	17,2±1,55	113,1±7,12	4,0±0,44

Альбит (двукратная обработка) – 45 мл/га			
2024	15,0±2,16	120,7±8,99	4,4±0,21
2025	20,3±1,71	108,4±3,83	2,9±0,23
среднее значение	17,7±1,94	114,6±6,41	3,7±0,22
Феровит (двукратная обработка) – 0,45 л/га			
2024	14,0±1,41	122,4±12,16	4,7±0,21
2025	19,0±1,41	109,5±3,73	3,5±0,45
среднее значение	16,5±1,41	116,0±7,95	4,1±0,33

Применение регуляторов роста и микроудобрения в 2024и в 2025 годах на пустырнике сердечном второго года вегетации в целом оказало положительный результат на биометрические характеристики растений.По всем вариантам фолиарной обработки высота растений оказалась больше на 3,0 - 8,2 см(2024 год) и 5,2- 6,3 см (2025 год), чем на контроле.Лучшие показатели по высоте растений, как по годам исследований, так и в среднем за два года были получены при обработке растений микроудобрением Феровит в дозе 0,45 л/га. Растения оказались выше контрольного варианта на 7,3 см. По количеству ветвей лучшие показатели за два года наблюдений были получены были получены при обработке растений препаратами Циркон и Феровит (4,0 и 4,1 шт. соответственно).

Таблица 3

Влияние применения регулятора роста и микроудобренияна продуктивность одного растенияпустырника сердечного второго года вегетации, 2024 – 2025 гг.

Вариант опыта	Год	Продуктивность одного растения, г	
		в сыром виде	в сухом виде
Контроль (двукратная обработка водой)	2024	55,7±4,17	17,5±1,45
	2025	25,0±2,19	8,2±0,85
	среднее значение	40,4±3,18	12,9±1,15
Циркон (двукратная обработка) – 35 мл/га	2024	65,5±7,27	20,2±2,03
	2025	31,4±2,56	10,5±0,65
	среднее значение	48,5±4,92	15,4±1,34
Альбит (двукратная обработка) – 45 мл/га	2024	61,8±10,09	18,4±2,96
	2025	27,9±1,51	9,3±0,77
	среднее значение	44,9±5,80	13,9±1,87
Феровит (двукратная обработка) – 0,45 л/га	2024	68,8±9,87	21,3±2,34
	2025	33,6±3,03	11,2±1,23
	среднее значение	51,2±6,45	16,3±1,79

В ходе исследований установлено, что применение микроудобрения Феровит способствовало достижению высоких показателей продуктивности растений (в сыром и сухом весе). Данный эффект наблюдался стабильно: как в каждом отдельном году эксперимента, так и при усреднении данных за двухлетний период наблюдений.В 2024 году результат составил 68,8 и 21,3 г, что на 13,1 и 3,8 г больше контрольного варианта. В 2025 году – 33,6 и 11,2 г, что выше контроля на 8,6 и 3,0 г соответственно. За два года эксперимента результат (51,2 г) превзошёл контрольный вариант (40,4 г)на 27 %.

Таблица 4

Урожайность воздушно-сухого сырья пустырника сердечного второго года вегетации в зависимости от применения регуляторов роста и микроудобрения, 2024 – 2025 гг.

Вариант опыта	Показатель					
	Урожайность воздушно-сухого сырья					
	2024 год		2025 год		среднее значение	
	т/га	в % к контр.	т/га	в % к контр.	т/га	в % к контр.
Контроль – обработка водой	4,08	100	2,79	100	3,44	100
Циркон (двукратная обработка) – 35 мл/га	4,77	117	3,44	123	4,11	120
Альбит (двукратная обработка) – 45 мл/га	4,52	111	3,13	112	3,83	111
Феровит (двукратная обработка) – 0,45 л/га	4,93	121	3,55	127	4,24	123
$НСР_{05}$	0,34	-	0,33	-	-	-

Обработка пустырника сердечного регуляторами роста и микроудобрением 2024 году обеспечила прирост урожайности воздушно-сухого сырья в диапазоне от 11 % до 21 % в сравнении с контролем.Применение удобрения комплексного действия с микроэлементами Феровит дало наиболее выраженный положительный эффект.Урожайность воздушно-сухого сырья (4,93 т/га) больше, чем на контрольном варианте, на 21 %. В 2025 году выход воздушно-сухого сырьяна вариантах, обработанных препаратами, составил от 3,13 до 3,55т/га, что на 12 – 27 % выше контроля. Наивысший результат был получен также, как и в 2023 году при применении Феровита. По результатам двухлетнего цикла исследований максимальная продуктивность воздушно-сухого сырья (4,24т/га) была зафиксированапри использовании данного препарата, что на 23 % выше контрольных значений.

Таблица 5

Влияние регулятора роста и микроудобрения на содержание биологически активных веществ пустырника сердечного второго года вегетации, 2024 – 2025 гг.

Год	Показатель			
	Содержание суммы флавоноидов в пересчёте на рутин		Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % спиртом	
	%	в % к контр.	%	в % к контр.
Контроль (двукратная обработка водой)				
2024	0,91±0,01	100	32,62±0,30	100
2025	1,31±0,04	100	32,32±0,97	100
среднеезначение	1,11±0,03	100	32,47±0,64	100
Циркон (двукратная обработка) – 35 мл/га				
2024	0,90±0,01	99	32,46±0,54	100
2025	1,12±0,03	86	28,84±0,87	89
среднеезначение	1,01±0,02	91	30,65±0,71	94
Альбит (двукратная обработка) – 45 мл/га				
2024	0,91±0,04	100	32,57±0,26	100
2025	1,21±0,04	92	35,03±1,05	108
среднеезначение	1,06±0,04	96	33,80±0,66	104
Феровит (двукратная обработка) – 0,45 л/га				
2024	0,85±0,01	93	32,08±0,61	100
2025	1,16±0,03	89	33,84±1,02	105
среднеезначение	1,01±1,02	91	32,96±0,82	102

В ходе двухлетних экспериментов установлено, что использование регуляторов роста и микроудобрения оказывало положительное влияние на накопление биологически активных веществ в воздушно-сухом сырье пустырника сердечного (второго года вегетации) лишь в отдельных вариантах опыта. Обработка растений не способствовала накоплению флавоноидов относительно контрольного варианта. Только обработка растений препаратами Альбит и Феровит в 2025 году способствовала накоплению в них экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % спиртом. Лучший результат (33,80%) по содержанию экстрактивных веществ в воздушно-сухом сырье за два года исследований был получен при обработке растений регулятором роста Альбит в дозе 45 мл/га, который превышает контрольный вариант (32,47 %) на 4 %.

Сравнительная оценка различных вариантов обработки пустырника сердечного (растения второго года вегетации) регуляторами роста и микроудобрением в ходе двухлетнего эксперимента показала, что наиболее эффективнымбыло применение микроудобрения Феровит в дозе 0,45 л/га. Использование препарата в фазу трёх-четырёх настоящих листьев с повторной обработкой в фазу стеблевания достоверно обеспечило высокие биометрические показатели растений и максимальную урожайность воздушно-сухого сырья.В сравнении с контрольным вариантом (3,44т/га) урожайность воздушно-сухого сырья увеличилась на 23 %, составив 4,24т/га. Высота растений (116,0 см) выше контроля на 7,3 см. За два года наблюдений применение регуляторов роста и микроудобрений не способствовало повышению содержания суммы флавоноидов (в пересчёте на рутин) ни в одном из вариантов опыта относительно контроля.Наибольший уровень накопления экстрактивных веществ (33,80%) за два года исследований отмечен при применении препарата Альбит с нормой обработки 45 мл/га: содержание экстрактивных веществ увеличилось на 4 % относительно контрольного образца (32,47 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сиптиц С. О. Урожайность как ключевой параметр прогнозирования развития агропродовольственных систем в условиях изменения климата / С. О. Сиптиц, И. А. Романенко, Н. Е. Евдокимова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2024. – № 7. – С. 14-22. – DOI 10.34755/IROK.2024.91.66.009.

2. Суслов С. А. Оценка современных достижений агропроизводства в контексте исторических рекордов / С. А. Суслов, И. Н. Норенков, Е. В. Скрипкина // Вестник НГИЭИ. – 2024. – № 12(163). – С. 101-112. – DOI 10.24412/2227-9407-2024-12-101-112.

3. Соколова А. П. Инновационное развитие агропромышленного комплекса России в условиях неустойчивой экономической среды / А. П. Соколова, Г. Э. Соломко, Е. Д. Сурай // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 46(5). – С. 291-298. – DOI 10.24412/2304-6139-2021-5-291-298.

4. Тойгильдин А. Л. Эффективность биологизированной технологии возделывания озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны среднего Поволжья / А. Л. Тойгильдин, Г. В. Ермолаева, С. А. Никифорова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2025. – Т. 20, № 2(78). – С. 50-56. – DOI 10.12737/2073-0462-2025-50-56.

5. Гаврилова А. Ю. Применение ростостимулирующих препаратов на новом сорте льна-долгунца Феникс / А. Ю. Гаврилова, А. М. Конова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1(61). – С. 46-53. – DOI 10.18286/1816-4501-2023-1-46-53.

6. Загорянский А. Н. Повышение биопродуктивности амми большой с применением регуляторов роста и микроудобрений в условиях Среднего Поволжья / А. Н. Загорянский, О. И. Никифорова, В. Н. Сетин, О. П. Кожевникова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 19-27. – DOI 10.55170/19973225_2023_8_3_19.

7. Бобренко И. А. Влияние биоудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество яровой пшеницы / И. А. Бобренко, В. П. Кормин, В. И. Попова, М. А. Чернявская // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 42-46.

8. Савченко О. М. Влияние некорневых обработок на накопление биологически активных соединений в траве зверобоя продырявленного / О. М. Савченко, Я. Ф. Копытько // Агрохимический вестник. – 2024. – № 4. – С. 49-54. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-4-010.

9. Акутина С. Ю. Влияние фолиарных обработок на маклею мелкоплодную (Macleaya microcarpa (Maxim.) Fedde) первого года вегетации в условиях среднего Поволжья / С. Ю. Акутина, А. Н. Загорянский, В. Н. Сетин, Е. Х. Нечаева // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4(28). – С. 23-29. – DOI 10.52671/26867591_2025_4_23.

10. Гущина В. А. Качество растительного сырья календулы лекарственной, полученного в лесостепи Среднего Поволжья при использовании регуляторов роста / В. А. Гущина, Е. А. Кутихина, Е. Е. Курдюков // Нива Поволжья.–2024. – № 1(69). – DOI 10.36461/NP.2024.69.1.003.

REFERENCES

1. Siptits S. O. Yield as a Key Parameter for Forecasting the Development of Agro-Food Systems in the Context of Climate Change / S. O. Siptits, I. A. Romanenko, and N. E. Evdokimova // Actual Issues of the Modern Economy. – 2024. – No. 7. – Pp. 14-22. – DOI 10.34755/IROK.2024.91.66.009.

2. Suslov S. A. Assessment of Modern Achievements in Agro-Production in the Context of Historical Records / S. A. Suslov, I. N. Norenkov, E. V. Skripkina // Vestnik NGIEI. – 2024. – No. 12(163). – Pp. 101-112. – DOI 10.24412/2227-9407-2024-12-101-112.

3. Sokolova A. P. Innovative Development of Russia's Agro-Industrial Complex in an Unstable Economic Environment / A. P. Sokolova, G. E. Solomko, and E. D. Suray // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2021. – No. 46(5). – Pp. 291-298. – DOI 10.24412/2304-6139-2021-5-291-298

4. Toygildin A. L. The Effectiveness of Biologized Technology for Cultivating Winter Wheat in the Forest-Steppe Zone of the Middle Volga Region / A. L. Toygildin, G. V. Ermolaeva, and S. A. Nikiforova // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. – 2025. – Vol. 20, No. 2(78). – Pp. 50-56. – DOI 10.12737/2073-0462-2025-50-56.

5. Gavrilova A. Yu. Application of growth-stimulating preparations on the new variety of flax, Phoenix / A. Yu. Gavrilova, A. M. Konova // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2023. – No. 1(61). – Pp. 46-53. – DOI 10.18286/1816-4501-2023-1-46-53.

6. Zagoryansky, A. N. Increasing the bioproductivity of large ammi with the use of growth regulators and micronutrient fertilizers in the conditions of the Middle Volga region / A. N. Zagoryansky, O. I. Nikiforova, V. N. Setin, and O. P. Kozhevnikova // Izvestiya of the Samara State Agricultural Academy. 2023. No. 3. Pp. 19-27. DOI 10.55170/19973225_2023_8_3_19.

7. Bobrenko I. A. Influence of biofertilizers and growth regulators on the yield and quality of spring wheat / I. A. Bobrenko, V. P. Kormin, V. I. Popova, M. A. Chernyavskaya // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2025. – No. 1. – Pp. 42-46.

8. Savchenko, O. M. Influence of Non-Root Treatments on the Accumulation of Biologically Active Compounds in St. John's Wort / O. M. Savchenko, Ya. F. Kopytko // Agrochemical Bulletin. – 2024. – No. 4. – Pp. 49-54. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-4-010.

9. Akutina, S. Yu. Influence of foliar treatments on small-fruited mackaleya (Macleaya microcarpa (Maxim.) Fedde) of the first year of vegetation in the conditions of the Middle Volga region / S. Yu. Akutina, A. N. Zagoryansky, V. N. Setin, and E. Kh. Nechaeva // Izvestiya of the Dagestan State Agrarian University. – 2025. – No. 4(28). – Pp. 23-29. – DOI 10.52671/26867591_2025_4_23.

10. Gushchina V. A., Kutikhina E. A., Kurdyukov E. E. The quality of medicinal calendula plant raw materials obtained in the forest-steppe of the Middle Volga region using growth regulators // Niva of the Volga region. – 2024. – № 1(69). – DOI 10.36461/NP.2024.69.1.003.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК: 635.647 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-292-296

Фенологические и ростовые особенности сортов ремонтантной малины в условиях Республики Коми

Phenological and growth characteristics of remontant raspberry varieties in the Komi Republic

Научный сотрудник Е.В. Павлова (ORCID 0000-0001-5861-1128),
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
nipti@bk.ru

Researcher E.V. Pavlova (ORCID 0000-0001-5861-1128),
Federal Research Center Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
nipti@bk.ru

Аннотация. В условиях Республики Коми было исследовано, как сорта ремонтантной малины проходят основные фазы развития и как формируют побеги в течение сезона. Сопоставлялись сорта Недосягаемая, Брянское диво, Геракл, Атлант и Полька. Необходимость такой оценки связана с северными условиями возделывания, где температурный режим и характер увлажнения заметно отражаются на сроках вегетации, цветения, плодоношения и на темпах роста побегов. В работе определяли начало вегетации, сроки вступления в цветение и плодоношение, побегообразовательную способность, а также особенности роста побегов по декадам. Использованы фенологические наблюдения, биометрические учёты, методы сравнительного и дисперсионного анализа. Более ранним переходом к цветению и плодоношению выделялись сорта Недосягаемая и Брянское диво. Наиболее поздно генеративные фазы наступали у сорта Полька. По высоте побегов выделялся Атлант, тогда как максимальная побегообразовательная способность отмечена у сорта Недосягаемая. Новизна исследования связана с комплексным изучением ремонтантных сортов малины в условиях Европейского Севера. Наиболее перспективными для Республики Коми выступают ранние и среднеспелые сорта.

Abstract. A study was conducted in the Komi Republic to determine how everbearing raspberry varieties progress through the main development phases and how they form shoots throughout the season. The varieties Nedosyayamaya, Bryanskoe Divo, Gerakl, Atlant, and Polka were compared. This assessment was necessary given northern cultivation conditions, where temperature and moisture conditions significantly affect the timing of vegetation, flowering, fruiting, and shoot growth rates. The study determined the onset of vegetation, the timing of flowering and fruiting, shoot formation capacity, and shoot growth patterns by decade. Phenological observations, biometric surveys, and comparative and dispersion analysis were used. Nedosyayamaya and Bryanskoe Divo were noted for their earlier transition to flowering and fruiting. The Polka variety experienced the latest generative phases. The Atlant variety stood out for shoot height, while the Nedosyayamaya variety demonstrated the highest shoot formation capacity. The novelty of the study lies in the comprehensive study of everbearing raspberry varieties in the conditions of the European North. Early and mid-season varieties are the most promising for the Komi Republic.

Ключевые слова: ремонтантная малина, Республика Коми, фенология, побегообразовательная способность, динамика роста побегов, сорт, начало плодоношения, сумма активных температур, адаптивность, северное садоводство.

Keywords: remontant raspberry, Komi Republic, phenology, shoot-forming ability, shoot growth dynamics, variety, beginning of fruiting, sum of active temperatures, adaptability, northern gardening.

Способность ремонтантной малины закладывать урожай на однолетних побегах определяет устойчивый интерес к этой культуре в современном садоводстве. Такое биологическое свойство повышает технологичность выращивания и расширяет возможности интродукции в зоны с различными

© Е.В. Павлова, 2026

почвенно-климатическими условиями [1, 2]. Для северных территорий, в том числе для Республики Коми, решающее значение приобретают иные параметры: насколько быстро растения переходят от одной фазы развития к другой, как наращивают побеги и в какой мере сохраняют продуктивность при нестабильном сочетании температуры и влаги [3, 4].

При коротком вегетационном периоде наиболее ценными оказываются сорта, раньше начинающие цветение и плодоношение. Не менее значимы умеренная побегообразовательная способность и выровненный рост побегов при изменчивой погоде [5, 6]. По этой причине сравнительное изучение ремонтантной малины по фенологическим и ростовым признакам сохраняет прикладное значение.

Цель исследования - выявление особенностей прохождения основных фенофаз и роста побегов у сортов ремонтантной малины в условиях Республики Коми с последующим выделением наиболее перспективных генотипов для региона.

Наблюдения выполняли в 2021–2025 гг. на коллекции сортов ремонтантной малины, включавшей Недосягаемую, Брянское диво, Польку, Геракл в качестве стандарта и Атлант. В ходе исследования фиксировали начало вегетации, сроки начала цветения и плодоношения, число образующихся побегов, их высоту и сезонную динамику роста.

За начало вегетации принимали момент появления роста прикорневых побегов. Начало цветения устанавливали при распускании 5–10 % цветков на делянке. Начало плодоношения отмечали по появлению первых зрелых плодов. При анализе сроков фенофаз использовали суммы активных температур выше 5 °С. Измерение роста побегов проводили ежедекадно, начиная с высоты 20–30 см. Статистическая обработка включала расчёт средних величин, стандартной ошибки, коэффициента вариации и проверку существенности различий по НСР05 [7, 8].

Особенности начала вегетации заключаются в том, что после схода снега отрастание побегов у ремонтантной малины в разные годы начиналось не одновременно. В период наблюдений этот интервал приходился на 19 апреля – 6 мая, а средняя дата составила 26 апреля. Самое раннее начало вегетации зарегистрировано в 2021 г., когда снег сошёл раньше обычного и тепло накапливалось быстро. Иная картина отмечена в 2025 г. Возвратные ночные заморозки до −4,4 °С после схода снежного покрова сдвинули начало отрастания на более поздний срок.

У сортов Недосягаемая и Брянское диво рост, как правило, возобновлялся раньше, чем у остальных образцов. При этом различия по сумме активных температур, необходимой к началу роста побегов, оставались в пределах случайных отклонений. На этом этапе сезонные погодные условия проявлялись заметнее, чем сортовые особенности.

Переход к цветению у изученных сортов происходил в широком временном диапазоне, от 11 июля до 11 августа. В среднем эта фаза наступала 25 июля. Для её начала требовалось в среднем 1227,5 °С суммы активных температур выше 5 °С, причём изменчивость признака оставалась сравнительно низкой.

Раньше других зацветал сорт Недосягаемая. В среднем начало цветения у него приходилось на 19 июля при накоплении 1128,5 °С активного тепла. Сходные показатели отмечены у сорта Брянское диво, который вступал в цветение 21 июля при 1160,8 °С. У сортов Геракл и Атлант эта фаза сдвигалась на средние сроки, 25–27 июля. Полька резко отличалась от остальных образцов. В среднем она переходила к цветению 2 августа, когда сумма активных температур достигала 1364,0 °С.

Дисперсионный анализ показал, что 83,5 % изменчивости сроков начала цветения связано с сортовыми различиями. Реакция сортов на условия конкретного вегетационного периода была выражена слабее. В прикладном отношении это делает срок начала цветения достаточно устойчивым сортовым признаком, особенно при подборе сортов для северных зон.

Начало плодоношения и продолжительность хозяйственно ценного периода: первые зрелые плоды у ремонтантной малины в 2021–2025 гг. появлялись с 1 августа по 8 сентября. Плодоношение продолжалось до наступления заморозков

ниже −4 °С. Средняя дата начала этой фазы составила 22 августа, а средняя сумма активных температур выше 5 °С достигала 1694,8 °С.

Более ранним вступлением в плодоношение выделялся сорт Недосягаемая. В среднем это происходило 15 августа при сумме активных температур 1599,3 °С. У сорта Брянское диво первые зрелые плоды появлялись несколько позже, 18 августа, при 1643,9 °С. Геракл и Атлант переходили к плодоношению в средние сроки, 22–24 августа. Самым поздним оставался сорт Полька, у которого начало плодоношения в среднем приходилось на 30 августа, а потребность в тепле составляла 1813,3 °С.

Если сроки цветения в большей степени определялись сортом, то начало плодоношения зависело не только от генотипа, но и от характера года. На долю сортовых различий приходилось 54,8 % вариабельности признака, погодные условия вегетационного периода объясняли 37,1 %. Реализация репродуктивного потенциала ремонтантной малины в этих условиях заметно реагировала на температурный режим и обеспеченность влагой в течение сезона.

По совокупности фенологических признаков сорта Недосягаемая и Брянское диво в условиях Республики Коми относятся к раннеспелым. Геракл и Атлант занимают промежуточное положение и характеризуются как среднеспелые. Полька проявила себя как позднеспелый сорт.

Для ремонтантной малины число образующихся побегов относится к признакам хозяйственной ценности, поскольку от него зависит густота стояния и связанный с ней уровень продуктивности насаждений [9, 10]. В среднем у изученных сортов формировалось 4,2 побега замещения на куст, что соответствует оптимальному уровню для ремонтантных сортов [10].

Наиболее выраженная побегообразовательная способность отмечена у сорта Недосягаемая. В среднем на куст приходилось 16,9 побега, из них 12,0 составляли корневые отпрыски и 4,9 побега замещения. Высокими значениями отличался и сорт Брянское диво, у которого насчитывалось 14,6 побега на куст. Минимальные показатели получены у сортов Атлант и Полька.

По параметрам побегообразования сорта Недосягаемая и Брянское диво выглядят предпочтительно для северных условий, в том числе для производственного и любительского садоводства.

К завершению роста различия по высоте побегов были заметны не только между сортами, но и между годами. Среднее значение за весь период наблюдений составило 137,5 см. Самым высокорослым сортом оказался Атлант, у которого побеги достигали в среднем 162,5 см. Этот показатель достоверно превышал уровень стандарта Геракл, равный 141,2 см. Сорта Брянское диво и Полька находились близко к среднему значению. Наименьшая высота побегов отмечена у сорта Недосягаемая, 104,3 см.

Изменчивость признака высоты побега складывалась под действием двух групп факторов почти в равной степени. Условия вегетационного периода объясняли 47,5 % вариабельности, сортовые особенности — 43,1 %.

Наиболее интенсивное удлинение побегов у большинства сортов наблюдалось со второй декады июня до третьей декады июля. В этот активный отрезок средний декадный прирост составлял от 13,7 до 21,8 см. Пик среднегодового прироста у сорта Недосягаемая приходился на третью декаду июня. У сортов Брянское диво, Геракл и Атлант наибольший прирост фиксировался в первую декаду июля. У сорта Полька максимум смещался на вторую декаду июля.

Генетическая обусловленность признака, связанного с формированием определённого числа побегов замещения, установлена ранее [10]. Однако в насаждении этот показатель не сводится только к сортовой природе растения. На него заметно влияют почвенный тип, уровень плодородия, обеспеченность влагой и погодная ситуация в период вегетации. У малины количество образующихся побегов прямо соотносится с продуктивностью растений и рассматривается как хозяйственно ценный положительный признак сорта [9, 11]. Для ремонтантных сортов, отличающихся сильным ветвлением соцветия, оптимальным считается наличие в кусте 4–5 побегов [11]. При оценке побегообразовательной способности

учитывали два показателя: число отпрысков и количество побегов замещения (таблица 1).

Таблица 1

Побегообразовательная способность ремонтантной малины в условиях Республики Коми, 2021–2025 гг.

Сорт	Среднее число побегов на одном кусте, шт.		
	всего	корневых отпрысков	побегов замещения
Недосягаемая	16,9±1,6	12,0±1,4	4,9±0,3
Брянское диво	14,6±1,2	10,0±1,3	4,8±0,2
Полька	11,9±0,5	8,1±0,4	3,6±0,2
Геракл (St.)	12,1±0,7	8,2±0,6	4,0±0,3
Атлант	11,2±0,5	7,3±0,5	3,6±0,2
среднее	13,3±0,6	9,1±0,5	4,2±0,2
$НСР_{05}$	1,9	1,8	0,4

У 60 % сортов отмечено оптимальное количество побегов замещения (от 4 до 6 шт./куст) [12]. У раннеспелых сортов стартовые темпы роста были более высокими, а завершение роста в высоту происходило раньше. У сорта Полька прирост нарастал более постепенно и дольше сохранялся вегетативный рост. Эти особенности совпадали с его более поздними сроками цветения и плодоношения.

Практическая оценка сортов: для условий Республики Коми наибольший интерес представляют сорта, у которых раннее прохождение генеративных фаз сочетается с достаточным образованием побегов и устойчивым ростом в течение сезона. В наибольшей степени этим характеристикам соответствуют Недосягаемая и Брянское диво.

Атлант заслуживает внимания как высокорослый сорт с достаточно стабильными ростовыми показателями, хотя по срокам начала плодоношения он уступает наиболее ранним образцам. Полька в условиях региона зацветает и плодоносит позднее, что в отдельные годы с менее благоприятным тепловым режимом ограничивает полноту реализации её продуктивного потенциала.

Изученные в условиях Республики Коми сорта ремонтантной малины заметно различались по срокам прохождения фенофаз, характеру побегообразования и динамике роста побегов. Среди них наиболее раннее и лучше согласованное с местными условиями прохождение генеративных фаз показали сорта Недосягаемая и Брянское диво. Они раньше остальных переходили к цветению и плодоношению и формировали достаточное число побегов, что выделяет их среди исследованных образцов.

Геракл и Атлант относятся к среднеспелой группе и также могут рассматриваться как пригодные для выращивания в регионе, особенно при подборе приёмов, поддерживающих оптимальные условия питания и влагообеспеченности растений. Полька проявила себя как позднеспелый сорт, что в зоне короткого вегетационного периода снижает её адаптивную ценность.

При подборе сортимента ремонтантной малины для Европейского Севера приоритет целесообразно отдавать ранне- и среднеспелым сортам, отличающимся устойчивым ростом побегов и оптимальной побегообразовательной способностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков И. В. Ремонтантная малина в России. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2007. 288 с.
2. Кичина В. В. Ягодные культуры России. Москва: КолосС, 2008. 512 с.

3. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство: эколого-генетические основы. Москва: Агрорус, 2005. Т. 1. 816 с.
4. Казаков И. В., Евдокименко С. Н. Малина, ежевика и их гибриды. Орёл: ВНИИСПК, 2010. 320 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
6. Седов Е. Н., Огольцова Т. П. Селекция и сортоизучение плодовых и ягодных культур. Орёл: ВНИИСПК, 2013. 492 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 6-е изд., стер. Москва: Альянс, 2011. 352 с.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия. 4-е изд. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
9. Сагирова Р. А. Ремонтантная малина в Предбайкалье: монография / Р. А. Сагирова, М. Ю. Пущина, М. А. Раченко. – Иркутск: ИрГАУ, 2016. – 88 с.
10. Евдокименко С. Н. Биологический потенциал ремонтантных форм малины и селекционные возможности его использования: автореф. дис. … д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / С. Н. Евдокименко; ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия». – Брянск: [б.и.], 2009. – 52 с.
11. Аминова Е. В. Биология и хозяйственная ценность сортов малины в условиях Оренбургской области: автореф. дисс. … канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Е. В. Аминова; ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. – М., 2007. – 20 с.
12. Евдокименко С. Н. Использование потенциала продуктивности ремонтантных форм малины в селекции / С. Н. Евдокименко // Доклады РАСХН. – 2009. – № 3 – С. 22–25.

REFERENCES

1. Kazakov I. V. Everbearing Raspberry in Russia. Bryansk: Publishing House of Bryansk State Agricultural Academy, 2007. 288 p.
2. Kichina V. V. Berry Crops of Russia. Moscow: KolosS, 2008. 512 p.
3. Zhuchenko A. A. Adaptive Plant Growing: Ecological and Genetic Foundations. Moscow: Agrorus, 2005. Vol. 1. 816 p.
4. Kazakov I. V., Evdokimenko S. N. Raspberry, Blackberry, and Their Hybrids. Orel: VNIISPK, 2010. 320 p.
5. Program and Methodology for Variety Study of Fruit, Berry, and Nut Crops / edited by E. N. Sedov, T. P. Ogoltsova. Orel: VNIISPK, 1999. 608 p.
6. Sedov E. N., Ogoltsova T. P. Selection and variety study of fruit and berry crops. Orel: VNIISPK, 2013. 492 p.
7. Dospehov B. A. Methodology of field experience. 6th ed., erased. Moscow: Alliance, 2011. 352 p.
8. Lakin G. F. Biometrics. 4th ed. Moscow: Higher School, 1990. 352 p.
9. Sagirova R. A. Remontant raspberries in the Baikal region: monograph / R. A. Sagirova, M. Yu. Pushchina, M. A. Rachenko. – Irkutsk: IrGAU, 2016. – 88 p.
10. Evdokimenko S. N. Biological potential of everbearing raspberry forms and the possibilities of its use in breeding: Abstract of a Doctor of Agricultural Sciences dissertation: 06.01.05 / S. N. Evdokimenko; Bryansk State Agricultural Academy. - Bryansk: [b.i.], 2009. - 52 p.
11. Aminova E. V. Biology and economic value of raspberry varieties in the Orenburg region: Abstract of a Cand. Sci. (Agricultural Sciences) dissertation: 06.01.05 / E. V. Aminova; State Scientific Institution VSTISP of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - Moscow, 2007. - 20 p.
12. Evdokimenko S. N. Using the productivity potential of remontant raspberry forms in breeding / S. N. Evdokimenko // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2009. - No. 3 - P. 22-25.

МАШИНОСТРОЕНИЕ В АПК

УДК 547.758.65:663.542 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-297-306

Термодинамический анализ закономерностей варьирования гигроскопических параметров печени сома, как объекта сушки

Thermodynamic analysis of patterns of variation of hygroscopic parameters of catfish liver as an object of drying

Профессор И.Ю. Алексанян, профессор А.Х. Нугманов, ассистент О.И. Коннова, ассистент Е.В. Соколова, аспирант Н.П. Дяченко,
Астраханский государственный технический университет
16081960igor@gmail.com

Professor I.Yu. Aleksanyan, Professor A.Kh. Nugmanov, Assistant O.I. Konnova, Assistant E.V. Sokolova, Postgraduate N.P. Dyachenko,
Astrakhan State Technical University
16081960igor@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены гигроскопические характеристики печени сома (Silurus glanis) как объекта сушки. Показано, что печень рыб является ценным вторичным сырьём, содержащим жирорастворимые витамины A, D, E, полиненасыщенные жирные кислоты Омега-3 и незаменимые аминокислоты, однако в настоящее время практически не используется в пищевой промышленности. Сушка позволяет сохранить биологическую ценность этого термолабильного субпродукта. Проведён термодинамический анализ гигроскопических параметров для обоснования рациональных режимов влагоудаления, выбора оптимальной конечной влажности и оценки энергозатрат процесса сушки. Экспериментально получены изотермы сорбции при температурах 25 и 40°C тензометрическим методом. На основе классических подходов Лыкова, Гинзбурга и Никитиной выполнена термодинамическая оценка энергий связи влаги с сухим веществом материала. Выявлены три характерные стадии связи влаги: адсорбционный монослой (0–0,54%), полимолекулярная адсорбция (0,54–3,75%) и капиллярная влага (3,75–16,77%). Определены аналитические зависимости изменений свободной энергии Гиббса, энтропии, внутренней энергии и полной теплоты парообразования от влажности материала для каждой из трёх стадий. Впервые для печени сома получены изотермы сорбции и полный набор термодинамических функций связи влаги в трёх диапазонах влажности. Рекомендована конечная влажность продукта 5%, что соответствует верхней границе адсорбционного монослоя и обеспечивает микробиологическую стабильность при минимальных энергозатратах. Установлено, что при влажности 5% полная теплота парообразования составляет 2,5–2,7 МДж/кг, что лишь на 4–12% превышает теплоту парообразования свободной воды. Полученные уравнения могут использоваться при моделировании тепломассопереноса, инженерном расчёте сушильных установок и оценке энергоёмкости процесса сушки печени сома в пищевой промышленности.

Abstract: The article discusses the hygroscopic characteristics of the liver of catfish (Silurus glanis) as a drying object. It has been shown that fish liver is a valuable secondary raw material containing fat-soluble vitamins A, D, E, Omega-3 polyunsaturated fatty acids and essential amino acids, but is currently practically not used in the food industry. Drying allows you to preserve the biological value of this thermolabile by-product. A thermodynamic analysis of hygroscopic parameters has been performed to substantiate rational moisture removal modes, select the optimal final humidity, and estimate the energy consumption of the drying process. Sorption isotherms were experimentally obtained at temperatures of 25 and 40°C using the strain gauge method. Based on the classical approaches of Lykov, Ginzburg, and Nikitina, a thermodynamic assessment of the binding energies of moisture to the dry matter of the material was performed. Three characteristic stages of moisture bonding have been identified: adsorption monolayer (0-0.54%), polymolecular adsorption (0.54–3.75%) and capillary moisture (3.75–16.77%). The analytical

© И.Ю. Алексанян, А.Х. Нугманов, О.И. Коннова, Е.В. Соколова, Н.П. Дяченко, 2026

dependences of changes in Gibbs free energy, entropy, internal energy, and total heat of vaporization on the moisture content of the material for each of the three stages are determined. For the first time, sorption isotherms and a complete set of thermodynamic functions of moisture binding in three humidity ranges have been obtained for catfish liver. The recommended final moisture content of the product is 5%, which corresponds to the upper limit of the adsorption monolayer and ensures microbiological stability with minimal energy consumption. It was found that at a humidity of 5%, the total heat of vaporization is 2.5–2.7 MJ/kg, which is only 4-12% higher than the heat of vaporization of free water. The obtained equations can be used in modeling heat and mass transfer, engineering calculation of drying plants, and energy consumption estimation of the catfish liver drying process in the food industry.

Ключевые слова: Печень сома, сушка, гигроскопические характеристики, изотермы сорбции, термодинамический анализ, энергия связи влаги с материалом, составляющие энергии связи

Keywords: Catfish liver, drying, hygroscopic characteristics, sorption isotherms, thermodynamic analysis, binding energy of moisture to the material, constituent binding energies

В соответствии со Стратегией развития рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 года, одной из приоритетных задач является увеличение глубины переработки водных биоресурсов и сокращение объёмов отходов [1, 2]. Печень рыб, в частности, печень сома (ПС), содержащая жирорастворимые витамины (A, D, E), полиненасыщенные жирные кислоты (Омега-3) и незаменимые аминокислоты, практически не утилизируется на пищевые цели, хотя потенциально представляет из себя ценную субстанцию с широкой перспективой индустриальной реализации [3, 4, 5].

Ей, кроме того, присущи специфические биологические показатели, которые дают возможность её реализации, как источника уникальных компонентов пищевого назначения. С целью их наибольшей сохранности в ПС в течении длительной продолжительности и экономичности хранения по отношению к замораживанию, её резонно обезвоживать. При этом с целью выявления рациональных режимных показателей данной операции, принимая во внимание термолабильность ПС, оптимальной доли влаги в высушенном виде, а также определения энергетических затрат на отвод влаги и решения адаптированной к ПС математической модели процесса высушивания необходимо оценить её гигроскопические показатели и осуществить их термодинамический анализ.

В равновесном состоянии двухфазной системы ПС/паровоздушная среда равновесная влажность ПС ($W_р$) зависит от её температуры (T) и относительной влажности паровоздушной среды (φ), а также от типа и энергии взаимодействия водной фазы и сухого вещества. Сорбционная изотермическая зависимость между обозначенными параметрами (ИС) определяется, как правило, эмпирически, поскольку на настоящий момент её однозначного аналитического описания не существует [6, 7, 8].

Цель работы - экспериментальное определение изотерм сорбции ПС и термодинамический анализ энергий связи влаги для обоснования конечной влажности и оценки энергозатрат процесса сушки.

Впервые получены ИС ПС при 25 и 40°С, впервые для данного объекта определены термодинамические функции связи влаги с материалом в различных интервалах варьирования W. Получены аналитические зависимости полной теплоты парообразования от W. Рекомендована конечная влажность ПС после сушки - 5%. Полученные уравнения могут быть использованы инженерами при расчёте сушильных установок и моделировании процессов тепломассопереноса.

Объектами исследования приняты ПС обыкновенного (*Silurus glanis*) при различной W.

При анализе объектов исследования реализован ряд нижеперечисленных методов.

Доля влаги в ПС выявлялась путём обезвоживания навески и определения её массы до и после высушивания при 105,0 °С, для чего применён анализатор W термогравиметрического типа МХ-50 с инфракрасным галогенным излучателем с зеркальным рефлектором для создания однонаправленного лучистого потока.

ИС определяли путем выдержки образца с заданной W в эксикаторе над раствором H_2SO_4 переменной концентрации, которая отвечает определенной φ до прекращения изменения массы пробы в равновесном состоянии.

Поскольку влагоудаление особенно энергоёмко и усложнено в гигроскопической области варьирования W возникает необходимость в термодинамической оценке статических закономерностей влагообмена с целью выявления его физико-химического механизма и энергетических затрат не него.

При построении ИС законно полагают [4, 54], что показатель активности воды A_w и φ сравниваются по значению в условиях динамического равновесия в эксикаторе.

Известно, что потенциалом пароперенoса Θ в воздушной среде принимают химический потенциал μ, которые в гигроскопической области варьирования W идентичны по абсолютному значению [6, 9, 10, 11]:

$$|\Theta| = |\mu| = RTlnA_W, \quad (1)$$

где $R = 8{,}3140$ Дж/(моль·К) – универсальна газовая постоянная.

$\mu = f(T, W)$ обусловлен отправной или нулевой точкой отсчёта μ_0 при фиксированной T и $\varphi = 1$, который является показателем воды в свободном виде. Тогда, при любом текущем φ μ движущая сила сорбции представляется, как $\Delta\mu = \mu - \mu_0$.

Согласно [6, 11, 12] с целью энергетической оценки используют работу обратимого отведения моля адсорбированной водной фазы при неизменной T, которая определяется, как:

$$\Delta\mu = Ec = \left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_0}\right)_T = RT\frac{p_s}{p_u} = -RTlnA_W, \quad (2)$$

где Ec –свободная энергия одного моля адсорбированной водной фазы; p_s – паровое давление над поверхностью водной фазы в несвязанной форме; p_u – оно же при идентичной T над навеской с определённой W при термодинамическом равновесии, Па, W_0 соответствует $W_р$.

Анализируя математическое описание ИС можно выявить изменение свободной энергии и её составляющих при $P, T = const$ [6, 11]: Известное уравнение Гиббса-Гельмгольца $\Delta F = \Delta E - T\Delta S$ ($\Delta E, \Delta S$ – варьирование внутренней энергии (энтальпии) и энтропии) после диффепенциpoыания выглядит, как:

$$\left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_0}\right)_{T,P} = \left(\frac{\partial\Delta E}{\partial W_0}\right)_{T,P} - T\cdot\left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_0}\right)_{T,P}, \quad (3)$$

где $T\cdot\left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_0}\right)_{T,P}$ для биополимерных материалов при значительном относительном содержании структурной (или энтропийно связанной) водной фазы имеет существенное значение.

Конечной целью термодинамической оценки, как правило, является определение суммарной теплоты испарения водной фазы $r = f(W,T) = r' + r_{см} + r_{энт}$ (Дж/кг) [6, 10,11, 12], знание которой позволяет корректно оценить энергетический баланс влагоудаления и решить математическую модель обезвоживания . [6, 10,11, 12]. r складывается из теплоты испарения воды в свободном виде r', смачивания $r_{см}$ и энтропийной составляющей $r_{энт}$.

В результате опытной серии построены ИС ПС при различных T в зависимости от W_0 и влагосодержания W_c ПС, показанные на рисунках 1 и 2.

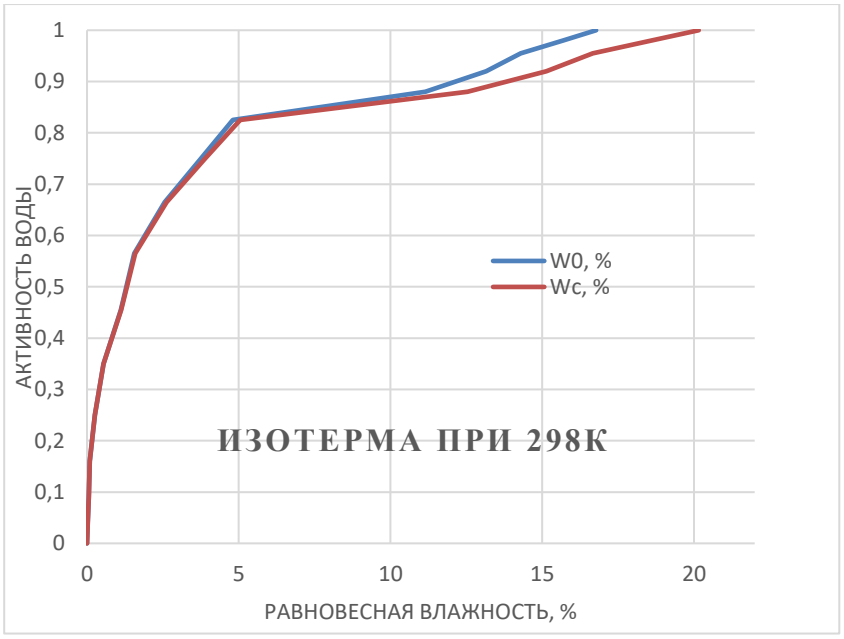


Рис. 1. ИС

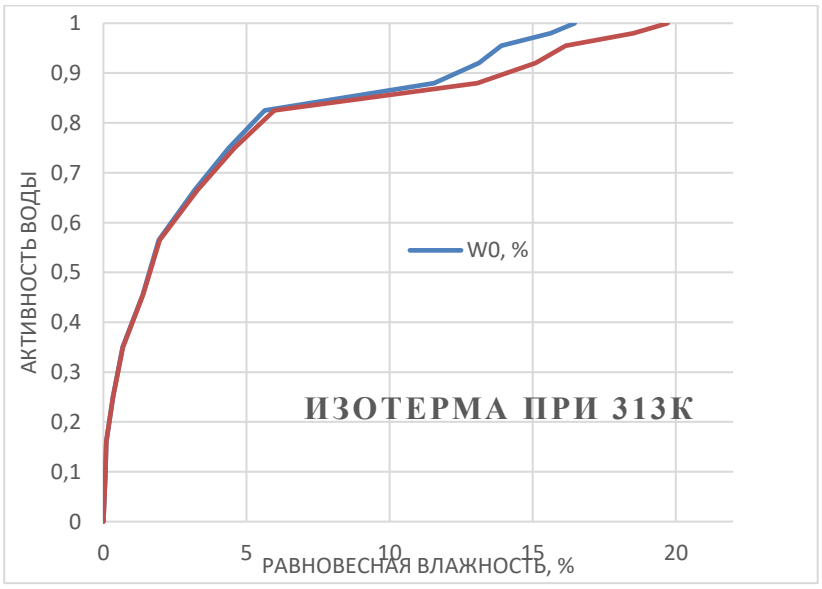


Рис. 2. ИС

На ИС прослеживаются, особенно в полулогарифмической интерпретации (рис. 3, 4), 3 участка, первый из которых отвечает адсорбции мономолекулярного водного слоя, наиболее крепко связанного с обезвоженным скелетом вещества при минимизации микробной жизнедеятельности и ферментативной активности, что позволяет принять верхнюю границу данного участка с 3,780 ≤W_0≤ 4,380 за W, рациональной для хранения сухого материала (рис. 3, 4).Пограничные между участками точки ИС соответствуют смене характера и энергии связи воды со скелетом вещества (от адсорбционной и структурной до капиллярной разного вида).

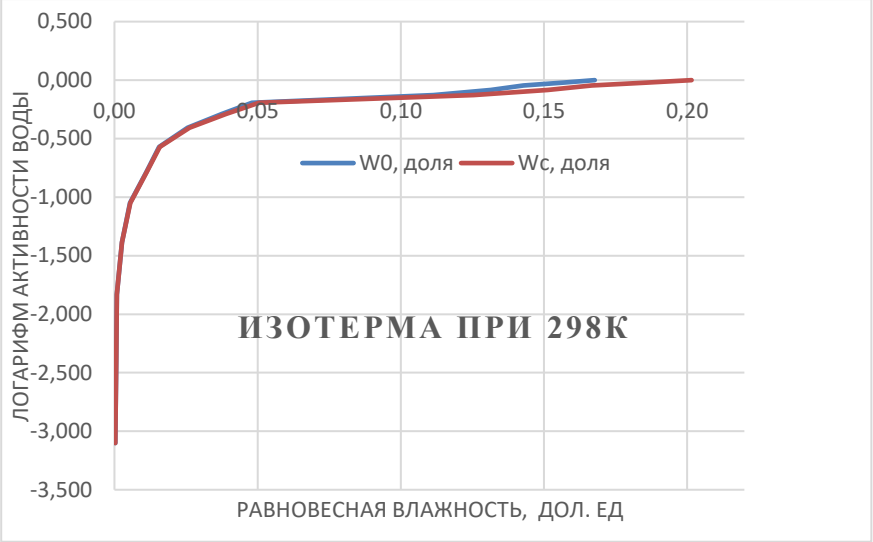


Рис. 3. ИС

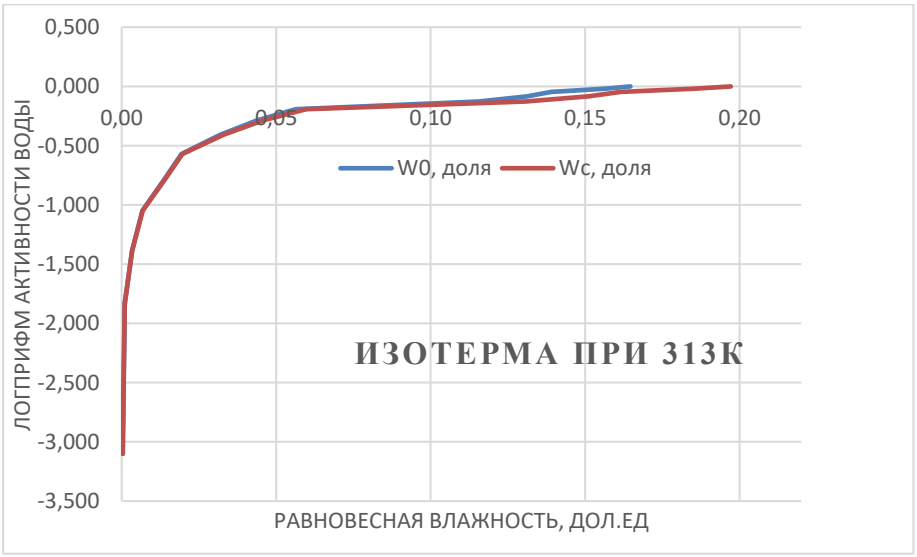


Рис. 4. ИС

Принимая во внимание (2) найдены закономерности изменения свободной энергии Гиббса и её составляющих при варьировании T и W_0 ПС в гигроскопическом диапазоне W (%).

1. При $0 \le W_0 \le 0{,}540$.

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0} = -RT(1624{,}8940W_0 - 9{,}3730)$$

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0} = 23222{,}0 - 4025791{,}0W_0. \quad (4)$$

2. При $0{,}540 \le W_0 \le 3{,}750$.

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0} = 3004{,}0 - 61486{,}0W_0. \quad (5)$$

При $3{,}750 \le W_0 \le 16{,}770$.

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0} = 927{,}0 - 5515{,}0W_0. \quad (6)$$

Проведя преобразования с учётом (2) получим соотношения::

$$\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0}\right)_{T,P} = -\left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0}\right)_{T,P}. \quad (7)$$

$$\left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0}\right)_{T,P} = -R\frac{\partial (T ln A_W)}{\partial T}. \quad (8)$$

Если принять линейным сдвиг ИС при варьировании T имеем:

$$lnA_W = (aT + b)W_0 + (cT + d). \quad (9)$$

Тогда при 298К получим:.

1:

$$lnA_W = 1624{,}8940W_0 - 9{,}3730. \quad (10)$$

2:

$$lnA_W = 24{,}8170W_0 - 1{,}2120. \quad (11)$$

3:

$$lnA_W = 2{,}2260W_0 - 0{,}3740. \quad (12)$$

Соответственно при 313К:

$$lnA_W = 1599{,}4760W_0 - 9{,}370. \quad (13)$$

$$lnA_W = 26{,}7990W_0 - 1{,}350. \quad (14)$$

$$lnA_W = 2{,}7770W_0 - 0{,}4580. \quad (15)$$

Для первого участка, решаем систему соотношений:

$$\begin{cases} 298{,}0a + b = 1624{,}8940 \\ 313{,}0a + b = 1599{,}4760 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} 298{,}0c + d = -9{,}3730 \\ 313{,}0c + d = -9{,}3700 \end{cases}$$

В итоге получим:

	-1,6940
	2129,8540
	0
	-9,4230

$$T\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0} = 23097{,}0 - 2774714{,}0W_0. \quad (16)$$

Для второго:

$$\begin{cases} 298{,}0a + b = 24{,}8170 \\ 313{,}0a + b = 26{,}7990 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} 298{,}0c + d = -1{,}2120 \\ 313{,}0c + d = -1{,}35 \end{cases}$$

	0,1320
	-14,5480
	-0,0090
	1,5130

$$T\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0} = 9757{,}0 - 159016{,}0W_0. \quad (17)$$

Для третьего:

$$\begin{cases} 298{,}0a + b = 2{,}2260 \\ 313{,}0a + b = 2{,}7770 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} 298{,}0c + d = -0{,}3740 \\ 313{,}0c + d = -0{,}4580 \end{cases}$$

	0,0370
	-8,7280
	-0,0060
	1,2970

$$T\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0} = 5069{,}0 - 32656{,}0W_0. \quad (18)$$

1. $$\frac{\partial \Delta E}{\partial W_0} = 46319{,}0 - 6800505{,}0W_0. \quad (19)$$
2. $$\frac{\partial \Delta E}{\partial W_0} = 12761{,}0 - 220502{,}0W_0. \quad (20)$$
3. $$\frac{\partial \Delta E}{\partial W_0} = 5996{,}0 - 38171{,}0W_0. \quad (21)$$

В результате получим графическую интерпретацию зависимостей термодинамических составляющих от W (рис. 5).

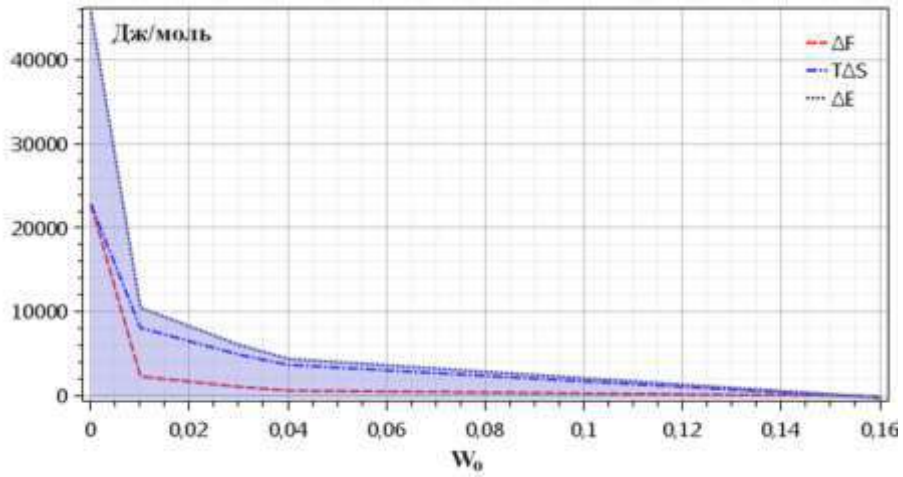


Рис. 5. Зависимости составляющих $\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0}$, $T\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0}$ *и* $\frac{\partial \Delta E}{\partial W_0}$ *от влажности.*

Согласно [3, 14, 15] в диапазоне $T = 313 \ldots 298$ К , введя для трансформации из молей в кг поправочный коэффициент 55,556Ю, имеем:

$$r' = 3118{,}4580 \cdot 10^3 - 2286{,}0T. \quad (22)$$

$$r_{\text{см}} = \left| 55{,}5560 \cdot \left(\frac{\partial \Delta F}{\partial W_0}\right)_{T,P} \right|. \quad (23)$$

$$r_{\text{энт}} = \left| 55.5560 \cdot T \cdot \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial W_0}\right)_{T,P} \right|. \quad (24)$$

При 313К $r' = 2437230{,}0$ Дж/кг.

Соответственно для участков ИС:

1. $r_{\text{см}} = |1290114{,}0 - 223656829{,}0W_0|$, $r_{\text{энт}} = |1283163{,}0 - 154152005{,}0W_0|$.
2. $r_{\text{см}} = |166885{,}0 - 3415926{,}0W_0|$, $r_{\text{энт}} = |542043{,}0 - 8834267{,}0W_0|$.
3. $r_{\text{см}} = |51522{,}0 - 306405{,}0W_0|$, $r_{\text{энт}} = |281600{,}0 - 181423{,}0W_0|$.

На рисунке 6 приведена графическая зависимость $r(W_0)$ для ПС.

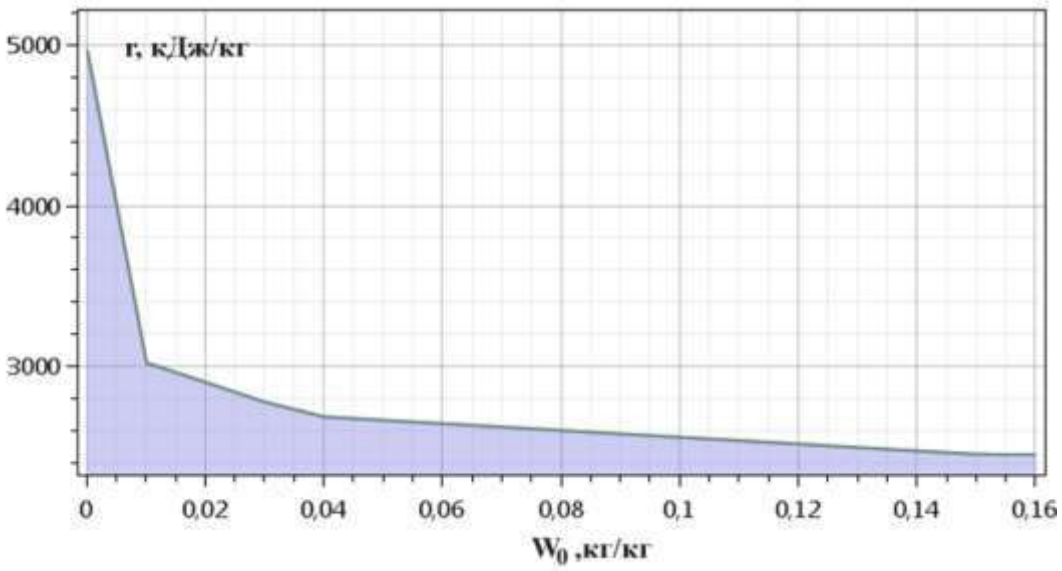


Рис. 6. $r(W_0)$ для ПС

Для определения рациональных режимов влагоудаления из термолабильных субстанций, к которым относится ПС, выбрана ее конечная W, проведена оценка энергоёмкости процесса сушки на основе термодинамического анализа закономерностей варьирования гигроскопических характеристик ПС в технологически обоснованных рамках в результате проведения опытных серий.

В итоге выявлена суммарная теплоты испарения водной фазы $r = f(W,T)$, знание которой позволяет корректно оценить энергетический баланс влагоудаления и решить математическую модель обезвоживания . [6, 10,11, 12].

«Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального агенства по рыболовству (тема № 126030418352-7).

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов А.Г. и др. К вопросу о стратегии развития рыбохозяйственной отрасли российской федерации до 2030 года / Архипов А.Г., Осадчий В.М., Сазонова Д.Ю., Саускан В.И., Серпунин Г.Г. // Известия КГТУ. – 2017. – №. 47. – С. 13-21.

2. Колончин К.В. Основные положения стратегии развития рыбохозяйственного комплекса на период до 2030 года: проблемы, задачи, приоритеты // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – №. 5. – С. 12-24.

3. Чепкасова А.И. Н. Б. Аюшин, М. И. Юрьева. О комплексной переработке печени дальневосточных лососей / А. И. Чепкасова, [и др.] // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 167. – С. 240-251.

4. Черкасове А.И. и др. Технохимическая характеристика печени лососевых рыб и перспективы ее использования // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2009. – Т. 159. – С. 325-336.

5. Bechtel P.J., Oliveira A. C. M. Chemical characterization of liver lipid and protein from cold-water fish species // Journal of Food Science. – 2006. – Т. 71. – №. 6. – С. S480-S485.

6. Алексанян И.Ю. и др. Математические методы численного решения научно-технических задач / Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Нугманов А. Х.-Х., Титова Л.М. // Внутривузовское издание АГТУ, Астрахань: АГТУ, 2020. – 148 с.

7. Алексанян И.Ю. и др. Развитие научных основ процессов высокоинтенсивной сушки продуктов животного и растительного происхождения: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.18.12 / Алексанян Игорь Юрьевич. - М., 2001.-52 с.

8. Анализ рынка свежих и замороженных сомов в России – 2025. Показатели и прогнозы. – URL: https://tebiz.ru/mi/rynok-svezhikh-i-zamorozhennykh-somov-v-rossii?ysclid=lya26kua74643142130 (дата обращения: 30.01.2026).

9. По какой причине частоты микроволновой печи находятся на частоте 2,45 ГГц. – URL: https://dzen.ru/a/ZWx-OmNJnWRX4HKN?ysclid=lzo3xzq7l019971147 (Дата обращения: 17.02.2026).

10. Максименко Ю.А. Развитие научно-практических основ и совершенствование процессов сушки растительного сырья в диспергированном состоянии: дис. … докт. техн. наук: 05.12.18/ Максименко Юрий Александрович. – Астрахань, 2016. - 502 с.

11. Никитина Л.М. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. / Л.М. Никитина, - Издательство «Энергия» Москва, - 1968г. – 499 с.

12. 40. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. - М.: Энергия, 1968. - 471 с.

13. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов/ А.С. Гинзбург// М.: Пищевая промышленность, 1975. - 527 с.

14. Колончин К.В., Труба М.А., Кузичева Н.Ю. Тенденции развития аквакультуры в России: перспективы качественного улучшения продовольственной безопасности и устойчивого роста экономического потенциала отрасли // Продовольственная политика и безопасность. – 2023. – Т. 10. – №. 3. – С. 533-546.

15. . Gao R. et al. Production, bioactive properties, and potential applications of fish protein hydrolysates: Developments and challenges // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Т. 110. – С. 687-699.

REFERENCES

1. Архипов А.Г. и др. К вопросу о стратегии развития рыбохозяйственной отрасли российской федерации до 2030 года / Архипов А.Г., Осадчий В.М., Сазонова Д.Ю., Саускан В.И., Серпунин Г.Г. // Известия КГТУ. – 2017. – №. 47. – С. 13-21.

2. Колончин К.В. Основные положения стратегии развития рыбохозяйственного комплекса на период до 2030 года: проблемы, задачи, приоритеты // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – №. 5. – С. 12-24.

3. Чепкасова А.И. Н. Б. Аюшин, М. И. Юрьева. О комплексной переработке печени дальневосточных лососей / А. И. Чепкасова, [и др.] // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 167. – С. 240-251.

4. Черкасове А.И. и др. Технохимическая характеристика печени лососевых рыб и перспективы ее использования // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2009. – Т. 159. – С. 325-336.

5. Бехтель П.Дж., Оливейра А. С. М. Химическая характеристика липидов и белков печени холодноводных видов рыб // Journal of Food Science. – 2006. – Т. 71. – № 6. – С. C480-C485.

6. Алексанян И.Ю. и др. Математические методы численного решения научно-технических задач / Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Нугманов А. Х.-Х., Титова Л.М. // Внутривузовское издание АГТУ, Астрахань: АГТУ, 2020. – 148 с.

7. Алексанян И.Ю. и др. Развитие научных основ процессов высокоинтенсивной сушки продуктов животного и растительного происхождения: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.18.12 / Алексанян Игорь Юрьевич. - М., 2001.-52 с.

8. Анализ рынка свежих и замороженных сомов в России – 2025. Показатели и прогнозы. – URL: https://tebiz.ru/mi/rynok-svezhikh-i-zamorozhennykh-somov-v-rossii?ysclid=lya26kua74643142130 (дата обращения: 30.01.2026).

9. По какой причине частоты микроволновой печи находятся на частоте 2,45 ГГц. – URL: https://dzen.ru/a/ZWx-OmNJnWRX4HKN?ysclid=lzo3xzq7l019971147 (Дата обращения: 17.02.2026).

10. Максименко Ю.А. Развитие научно-практических основ и совершенствование процессов сушки растительного сырья в диспергированном состоянии: дис. … докт. техн. наук: 05.12.18/ Максименко Юрий Александрович. – Астрахань, 2016. - 502 с.

11. Никитина Л.М. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. / Л.М. Никитина, - Издательство «Энергия» Москва, - 1968г. – 499 с.

12. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. - М.: Энергия, 1968. - 471 с.

13. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов/ А.С. Гинзбург// М.: Пищевая промышленность, 1975. - 527 с.

14. Колончин К.В., Труба М.А., Кузичева Н.Ю. Тенденции развития аквакультуры в России: перспективы качественного улучшения продовольственной безопасности и устойчивого роста экономического потенциала отрасли // Продовольственная политика и безопасность. – 2023. – Т. 10. – №. 3. – С. 533-546.

15. . Гао Р. и др. Производство, биологически активные свойства и потенциальное применение гидролизатов рыбного белка: разработки и проблемы // Тенденции в пищевой науке и технологиях. – 2021. – Т. 110. – С. 687-699.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 664 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-307-314

Применение методов машинного обучения для проектирования пищеконцентратов

Application of machine learning methods to design food concentrates

Доцент А.В. Шафрай,
ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет
shafraia@mail.ru

Associate Professor A.V. Shafrai
Kemerovo State University
shafraia@mail.ru

Аннотация. В исследовании рассмотрен способ проектирования рецептуры пищеконцентратов с использованием методов искусственного интеллекта. Набор данных для обучения был сформирован из данных справочника о химическом составе российских пищевых продуктов и рецептур гранулированных морсов, используемых на предприятии ООО «НПО Здоровое питание» (г. Кемерово). Далее с помощью набора стандартных методов машинного обучения (таких как искусственные нейронные сети, линейная регрессия случайный лес, регрессионные деревья, метод k-ближайших соседей, многовыходная регрессия, метод регрессионных цепочек, градиентный бустинг и стекинг) разработаны и обучены модели искусственного интеллекта. Модели сравнивались по абсолютной и относительной погрешностям, коэффициенту детерминации, средней квадратической ошибке. Для трех наиболее точных моделей (приоритет по оценке точности отдавался средней относительной ошибке) спрогнозированы рецептуры арониево-черничного морса с добавлением премикса с витаминов *D*. Далее по прогнозам построены модельные морсы и с помощью органолептической оценки технологов компании выбрана наиболее удачная рецептура. После чего официально утверждена рецептура нового продукта.

Annotation. This study examines a method for designing food concentrate recipes using artificial intelligence methods. The training dataset was formed from a reference book on the chemical composition of Russian food products and granulated fruit drink recipes used at NPO Zdorovye Pitanie LLC (Kemerovo). Next, using a set of standard machine learning methods (such as artificial neural networks, linear regression, random forests, regression trees, k-nearest neighbors, multi-output regression, regression chains, gradient boosting, and stacking), artificial intelligence models were developed and trained. The models were compared for absolute and relative errors, determination coefficients, and root mean square error. The three most accurate models (priority for accuracy assessment was given to the average relative error) were used to predict the recipes for chokeberry-blueberry fruit drinks with the addition of a vitamin *D* premix. Model fruit drinks were then created based on the predictions, and the most successful recipe was selected through organoleptic evaluation by the company's technologists. The new product's recipe was then officially approved.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, пищеконцентраты, гранулированные продукты, проектирование продуктов.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, food concentrates, granulated products, product design.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00136, https://rscf.ru/project/25-26-00136/.

Funding. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 25-26-00136, https://rscf.ru/en/project/25-26-00136/.

© А.В. Шафрай, 2026

В ходе развития пищевой инженерии было разработано много теорий питания, среди основных можно отметить: теорию сбалансированного питания (академика А.А. Покровского), адекватного питания (академика А.М. Уголева), оптимального питания (академика В.А. Тутельяна) и ее японского аналога – функционального питания, а также наиболее позднюю - персонализированного питания. В качестве инструментов для проектирования продуктов питания они используют различные математические аппараты: алгебраический метод расчета, матричный метод расчета, методы линейного программирования, компьютерного проектирования, системного моделирования и некоторые другие.

Одним из современных быстроразвивающихся математических аппаратов является искусственный интеллект (ИИ), а именно машинное обучение (МО). Оно активно используется во всех направлениях научных исследований, с каждым годом растет количество публикаций в международных и отечественных базах данных рецензируемой научной литературы. Современная теория питания – теория персонализированного питания использует технологии МО, больших данных. Поэтому попытки использовать ИИ для проектирования различных видов продуктов лишь обогащают общий задел его использования в пищевой инженерии [1-10, 12].

В текущем исследовании применены методы машинного обучения для проектирования пищеконцентратов для производства компании ООО «НПО Здоровое питание» (г. Кемерово). Целью работы явилась разработка рецептуры морса с помощью методов искусственного интеллекта. Задачи работы были следующие:

- создание набора данных для обучения;
- подбор методов машинного обучения;
- разработка и обучение моделей ИИ;
- проектирование рецептуры морса на основе предсказания модели ИИ.

Базой для МО являются данные. Для построения моделей необходимо собрать и обработать набор данных для обучения, который также называется датасетом. Он был создан на основе базы данных рецептур пищеконцентратов, имеющихся в компании, также в него вошли усредненные данные химического состава фруктов и овощей, используемых в производстве. Значения показателей химического состава были взяты из справочника по химическому составу российских пищевых продуктов под редакцией И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна [15].

Таким образом, датасет состоял из рецептурного соотношения ингредиентов, и их химического состава, а именно:

- энергетическая ценность (содержание воды, Ккал, КДж, белки, жиры, углеводы, клетчатка, сахар);
- минералы (кальций, железо, магний, фосфор, калий, натрий, цинк, медь, марганец, селен, фтор);
- витамины (A – ретинол, B1 – тиамин, B2 – рибофлавин, B3 – ниацин, B4 – холин, B5 – пантотеновая кислота, B6 – пиридоксин, B9 – фолаты, B12 – кобаламин, C – аскорбиновая кислота, D (D2 + D3), E - α-токоферол, K – филлохинон, бетаин);
- жирные кислоты (насыщенные жиры, мононенасыщенные жиры, полиненасыщенные жиры, омега-3, омега-6, холестерин);
- аминокислоты (треонин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, цистин, фенилаланин, тирозин, валин, аргинин, гистидин, аланин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глицин, пролин, серин).

В исследовании не рассматривались психоактивные элементы, такие как алкоголь, кофеин, теобромин, в виду их отсутствия в анализируемых ингредиентах.

Дальнейшую идею исследования можно концептуально изобразить в виде рисунка 1. Нужно было построить такие модели МО, которые по химическому

составу ингредиентов могли предсказывать химический состав конечного продукта и рецептуру для его получения.

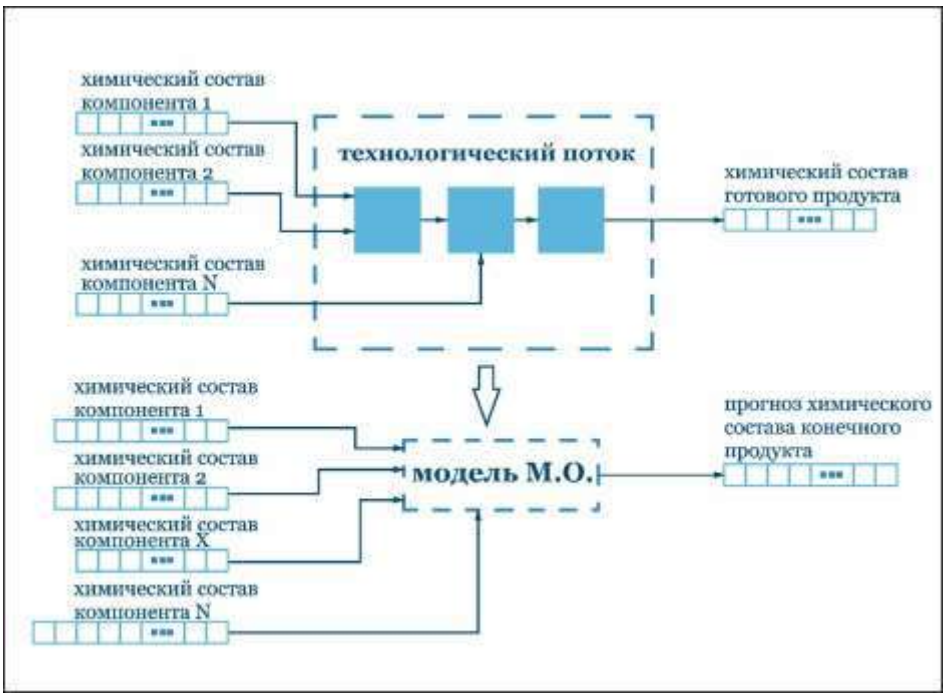


Рис. 1. Концепция проектирования нового продукта

Поскольку входные данные представляли из себя наборы чисел, отражающих химический состав ингредиентов, а выходные данные - химический состав конченого продукта и рецептуру, то описать их можно было многомерными матрицами (в контексте языка программирования – тензорами) и вектором, а саму задачу ИИ сформулировать как задачу многомерной регрессии.

Задача многомерной регрессии может быть решена следующими классическими алгоритмами МО: искусственными нейронными сетями, линейной регрессией, случайным лесом, регрессионными деревьями, методом k-ближайших соседей, многовыходной регрессией, методом регрессионных цепочек, градиентным бустингом и стекингом. Исследование проводилось на языке Python в среде Google Colab с использованием библиотеки Scikit-learn.

Далее датасет разбивался на тренировочные и тестовые части. На тренировочных частях применялись методы машинного обучения, приведенные выше. Для алгоритмов, у которых это возможно, был сделан подбор параметров. Данный процесс был настроен автоматически на выбор значения, достигающего наилучшего результата.

Например, в алгоритмах «Случайный лес» и «Регрессионные деревья» была возможность рассмотреть различное количество деревьев, количество образцов в качестве листа и количество образцов, необходимое для дальнейшего разбиения. Алгоритм регрессии k-ближайших соседей позволяет менять количество соседей и веса функции, используемой для предсказания.

Многовыходная регрессия и метод цепочки регрессий используют возможности других регрессоров, позволяя предсказывать не одну, а несколько целевых переменных. Таким образом, единственным параметром данных алгоритмов является регрессор, на основе которого производится обучение и предсказание.

Похожая ситуация наблюдается и у стекинга. Данный алгоритм позволяет использовать набор регрессоров для работы с несколькими целевыми переменными. В данном случае параметрами являются набор регрессоров и конечный регрессор. Для выявления наилучшего результата перебираются все возможные комбинации.

После обучения набором метрик оценивалась точность моделей на тестовой части датасета. В качестве метрик оценки функционала качества использовались коэффициент детерминации (R^2), среднеквадратичная ошибка (Mean Squared Error, MSE), средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error, MAE) и средняя относительная ошибка (Mean Relative Error, MRE). Причем, первичная оценка модели происходила с помощью MRE.

Основными компонентами при производстве морсов является сахарная пудра и экстракт разнообразных ягод, также часто добавляют различные премиксы, состоящие из витаминов и минеральных компонентов.

Содержание экстракта составляет 17%, содержание сахарной пудры от 82,25 до 83%. Производимые продукты имеют два или три компонента, если добавляется премикс. В качестве премиксов используются витаминные добавки с различным содержанием витаминов и минеральных веществ. Всего на производстве имеется 105 различных рецептур на основе 21 фрукта или ягоды. Также для морсов имеются данные о содержании углеводов и энергетической ценности. Пример рецептуры морса приведен в таблице 1.

Таблица 1

Рецептура морса, используемая на производстве

Наименование и обозначение рецептуры морса	Наименование и расход сырья на 100 кг морса, кг (без учета потерь)	
	Экстракт	Сахарная пудра
Морс арониевый с витаминами, РЦ 9197-007-05	17,0	83,0

После обучения сравнили метрики моделей и выделили наиболее точные (таблица 2). Наиболее подходящими регрессорами являются многовыходная регрессия с финальным регрессором в виде метода опорных векторов, метод цепочки регрессий с методом опорных векторов, а также стекинг. Только у перечисленных регрессоров метрика R^2 наиболее близка к единице, а относительная погрешность близка к нулю.

Таблица 2

Сравнение работы алгоритмов регрессии для морсов

Модель	R^2	MSE	MAE	MRE, %
Многовыходная регрессия	0,78	1,05	0,34	0,46
Метод цепочки регрессий	0,78	1,05	0,34	0,39
Стекинг	0,67	1,17	0,40	1,05
Линейная регрессия	-73,60	243,282	5,15	88,74
Случайный лес	-29,21	215,88	2,32	7,69
Регрессионные деревья	-0,51	6,25	0,54	10,50
k-ближайших соседей	-232,34	50,63	1,81	173,06
Градиентный бустинг	-23,64	181,14	1,99	0,60

Обученные модели были интегрированы в программный комплекс [13]. В качестве практического примера выполнено проектирование рецептуры морса.

Кемеровская область – Кузбасс – это регион с высокой антропогенной нагрузкой ресурсного типа. Главной отраслью экономики является угольная промышленность, насчитывающая порядка 70 тысяч шахтеров, которые работают

в опасных условиях труда, способных формировать профессиональные заболевания органов дыхания, многофакторные заболевания, такие как атеросклероз. Учеными Кемеровского государственного университета совместно с учеными Кемеровского кардиологического центра проведены исследования [11, 14] здоровья, питания, генетики шахтеров с выработкой рекомендаций. К одной из главных рекомендаций стоит отнести разработку персонализированных рационов и функциональных продуктов питания из многочисленных биологических ресурсов Сибири.

Особое внимание исследователи уделили положительному влиянию ягод [11], в том числе произрастающих на территории Кемеровской области. Их потребление подавляло функцию тромбоцитов, увеличивало концентрацию ЛПВП-Х, снижало систолическое артериальное давление. Отдельно выделены арония и черника. Черника способствовала экспрессии генов, участвующих в окислительном стрессе, воспалении или клеточной адгезии/миграции; снижению гиперхолестеринемии; антиоксидантному эффекту. Потребление аронии повышало иммунитет организма, улучшало работу дыхательной и эндокринной систем.

Отмечен недостаток витамина *D* [14]. Потребление обогащенными им продуктов питания сопровождалось общим снижением риска развития профессиональных заболеваний, к числу которых относятся хронический пылевой бронхит, пневмокониоз, хроническая обструктивная болезнь легких и др. Вследствие этого была спроектирована рецептура обогащенного витамином *D* арониево-черничного морса. На основе трех наиболее эффективных алгоритмов сгенерированы три варианта рецептуры (таблица 3).

Таблица 3

Варианты рецептурных композиций арониево-черничного морса

Компонент	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Экстракт сока аронии, %	9,12	3,01	6,87
Экстракт сока черники, %	8,50	13,24	10,13
Сахарная пудра, %	81,63	83,33	82,10
Витаминный премикс 730/4, %	0,75	0,42	0,9

С помощью сгенерированных рецептур были созданы модельные варианты морсов и проведена их органолептическая оценка. Вкусу и запаху выделено 10 баллов, цвету 4 балла и внешнему виду и консистенции 6 баллов. Органолептическая оценка проведена технологами ООО «НПО Здоровое питание», а ее результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Сравнительная органолептическая оценка качества различных вариантов быстрорастворимых морсов

Наименование показателя	Варианты		
	1	2	3
Вкус и запах	9,28±0,24	8,96±0,16	9,61±0,23
Внешний вид и консистенция	5,42±0,17	5,41±0,27	5,92±0,07
Цвет	3,74±0,09	3,34±0,16	3,94±0,06
Комплексная оценка	18,44±0,16	17,71±0,18	19,47±0,15

На основании оценки оформлена рецептура нового продукта (таблица 5).

Таблица 5

Рецептура арониево-черничного морса

Наименование и обозначение рецептуры морса	Наименование и расход сырья на 100 кг морса, кг (без учета потерь)			
	Экстракт сока аронии	Экстракт сока черники	Сахарная пудра	Витаминный премикс 730/4
Морс арониево-черничный	6,87	10,13	82,10	0,9

В ходе исследования создан набор данных для обучения моделей ИИ на основе имеющихся на производстве технологических инструкций и справочных данных, сформулирована задача и выбраны методы машинного обучения, обучены модели МО, с их помощью сгенерированы варианты рецептур быстрорастворимого морса, приготовлены и оценены модельные образцы морсов, составлена рецептура нового продукта. Таким образом в работе продемонстрирована возможность применения методов искусственного интеллекта для проектирования пищеконцентратов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является распространение полученного опыта на иные пищевые продукты, составление базы данных химического состава ингредиентов не на справочных данных, а на данных лабораторных исследований растительного сырья определенного региона, а также лабораторного исследования проектируемых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ali, A.; Kadri, S.; Mashwani, U.K.; Brahim Belhauari, S.; Naim, S.; Rafik, S.; Jamal, F.; Chesno, S.; Anam, S. Machine learning approach for classifying corn seeds using hybrid traits. Int. J. Food Prop. 2020, 23, 1097–1111. https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1778724.

2. Bhargava, A.; Barisal, A. Automatic detection and sorting of multiple fruits using machine learning. Analysis of food products. Methods 2020, 13, 751–761. https://doi.org/10.1007/s12161–019–01690–6/.

3. Chen, J.D.; Zhang, D.F.; Nanehkaran, Y.A.; Li, D.L. Identification of rice plant diseases based on deep transfer learning. J. Sci. Food Agric. 2020, 100, 3246–3256. https://doi.org/10.1002/jsfa.10365.

4. Ekiz, B.; Baigul, O.; Yalchintan, H.; Ozkan, M. Comparison of decision tree, artificial neural network and multiple regression methods for predicting the composition of goat carcass tissues. Meat science. 2020, 161, 108011.https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108011.

5. Galanis, Nikolaos-Ioannis & Papakostas, George. (2022). An update on cooking recipe generation with Machine Learning and Natural Language Processing. 739–744. 10.1109/AIC55036.2022.9848929.

6. K. Neha, P. Sanjan, S. Hariharan, S. Namitha, A. Jyoshna and A.B. Prasad, "Food Prediction based on Recipe using Machine Learning Algorithms," 2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS), Trichy, India, 2023, pp. 411–416, doi: 10.1109/ICAISS58487.2023.10250758.

7. Marlies De Clercq, Michiel Stock, Bernard De Baets, Willem Waegeman, Data-driven recipe completion using machine learning methods, Trends in Food Science & Technology, Volume 49, 2016, Pages 1–13, ISSN 0924–2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.010.

8. Shafrai AV, Prosekov AY, Vechtomova EA. Modeling the Biocatalytic Method of Lipid Extraction Using Artificial Neural Networks. Information. 2023; 14(8):452. https://doi.org/10.3390/info14080452.

9. Shafray, A.V.; Permyakova, L.V.; Borodulin, D.M.; Sergeeva, I.Y. Modeling of physiological parameters of brewer's yeast during storage with natural zeolite-containing tuffs using artificial neural networks. Information 2022, 13, 529. https://doi.org/10.3390/info13110529.

10. Torshizi, M.V.; Asgari, A.; Tabarsa, F.; Danesh, P.; Akbarzade, A. Classification by an artificial neural network of mushroom color changes under UV – A irradiation. Karpatiets J. Food science. Technology. 2020, 12, 157–167. https://doi.org/10.34302/crpjfst/2020.12.2.16.

11. Vesnina, A.; Prosekov, A.; Atuchin, V.; Minina, V.; Ponasenko, A. Tackling Atherosclerosis via Selected Nutrition. Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 8233. https://doi.org/10.3390/ijms23158233.

12. Vivek, M.B., Manju, N., Vijay, M.B. (2018). Machine Learning Based Food Recipe Recommendation System. In: Guru, D., Vasudev, T., Chethan, H., Kumar, Y. (eds) Proceedings of International Conference on Cognition and Recognition. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 14. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978–981–10–5146–3_2.

13. Программа определения химического состава гранулированных морсов /Шафрай А.В., Попов А.М., Косинов В.С. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202468805922.

14. Соболева О.А., Минина В.И., Торгунакова А.В., Титов Р.А., Яковлева А.А., Милентьева И.С., Асякина Л.К., Просеков А.Ю. Обеспеченность витамином D работников угольных шахт в зависимости от носительства полиморфных вариантов генов VDR и GC // Вопросы питания. 2024. Т. 93, № 4. С. 74–83. DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-4-74-83.

15. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под редакцией академиков РАН В. А. Тутельяна [и др.]. — Москва : ДеЛи, 2024. — 192 с. : табл. : 30 см.; ISBN 978-5-6051148-5-7.

REFERENCES

1. Ali, A.; Kadri, S.; Mashwani, U.K.; Brahim Belhauari, S.; Naim, S.; Rafik, S.; Jamal, F.; Chesno, S.; Anam, S. Machine learning approach for classifying corn seeds using hybrid traits. Int. J. Food Prop. 2020, 23, 1097–1111. https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1778724.

2. Bhargava, A.; Barisal, A. Automatic detection and sorting of multiple fruits using machine learning. Analysis of food products. Methods 2020, 13, 751–761. https://doi.org/10.1007/s12161–019–01690–6/.

3. Chen, J.D.; Zhang, D.F.; Nanehkaran, Y.A.; Li, D.L. Identification of rice plant diseases based on deep transfer learning. J. Sci. Food Agric. 2020, 100, 3246–3256. https://doi.org/10.1002/jsfa.10365.

4. Ekiz, B.; Baigul, O.; Yalchintan, H.; Ozkan, M. Comparison of decision tree, artificial neural network and multiple regression methods for predicting the composition of goat carcass tissues. Meat science. 2020, 161, 108011.https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108011.

5. Galanis, Nikolaos-Ioannis & Papakostas, George. (2022). An update on cooking recipe generation with Machine Learning and Natural Language Processing. 739–744. 10.1109/AIC55036.2022.9848929.

6. K. Neha, P. Sanjan, S. Hariharan, S. Namitha, A. Jyoshna and A.B. Prasad, "Food Prediction based on Recipe using Machine Learning Algorithms," 2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS), Trichy, India, 2023, pp. 411–416, doi: 10.1109/ICAISS58487.2023.10250758.

7. Marlies De Clercq, Michiel Stock, Bernard De Baets, Willem Waegeman, Data-driven recipe completion using machine learning methods, Trends in Food Science & Technology, Volume 49, 2016, Pages 1–13, ISSN 0924–2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.010.

8. Shafrai AV, Prosekov AY, Vechtomova EA. Modeling the Biocatalytic Method of Lipid Extraction Using Artificial Neural Networks. Information. 2023; 14(8):452. https://doi.org/10.3390/info14080452.

9. Shafray, A.V.; Permyakova, L.V.; Borodulin, D.M.; Sergeeva, I.Y. Modeling of physiological parameters of brewer's yeast during storage with natural zeolite-containing tuffs using artificial neural networks. Information 2022, 13, 529. https://doi.org/10.3390/info13110529.

10. Torshizi, M.V.; Asgari, A.; Tabarsa, F.; Danesh, P.; Akbarzade, A. Classification by an artificial neural network of mushroom color changes under UV – A irradiation. Karpatiets J. Food science. Technology. 2020, 12, 157–167. https://doi.org/10.34302/crpjfst/2020.12.2.16.

11. Vesnina, A.; Prosekov, A.; Atuchin, V.; Minina, V.; Ponasenko, A. Tackling Atherosclerosis via Selected Nutrition. Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 8233. https://doi.org/10.3390/ijms23158233.

12. Vivek, M.B., Manju, N., Vijay, M.B. (2018). Machine Learning Based Food Recipe Recommendation System. In: Guru, D., Vasudev, T., Chethan, H., Kumar, Y. (eds) Proceedings of International Conference on Cognition and Recognition. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 14. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978–981–10–5146–3_2.

13. Programma opredelenija himicheskogo sostava granulirovannyh morsov [Program for determining the chemical composition of granulated fruit drinks], Shafraj A.V., Popov A.M., Kosinov V.S., Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM No 202468805922 (Russian).

14. Soboleva O.A., Minina V.I., Torgunakova A.V., Titov R.A., Jakovleva A.A., Milent'eva I.S., Asjakina L.K., Prosekov A.Ju. Obespechennost' vitaminom D rabotnikov ugol'nyh shaht v zavisimosti ot nositel'stva polimorfnyh variantov genov VDR i GC [Vitamin D status of coal mine workers depending on the carriage of polymorphic variants of the VDR and GC genes], Voprosy pitanija, 2024, T. 93, No 4, pp. 74–83, DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-4-74-83 (Russian).

15. Himicheskij sostav rossijskih pishhevyh produktov: spravochnik [Chemical composition of Russian food products: reference book], pod redakciej akademikov RAN V. A. Tutel'jana [i dr.], Moskva : DeLi, 2024, 192 p. : tabl. : 30 sm.; ISBN 978-5-6051148-5-7 (Russian).

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 58.562.018.2:663.25 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-315-322

Система показателей качества производственных процессов на винодельческом производстве с учетом коэффициентов весомости показателей

A system of quality indicators for production processes in winemaking, taking into account the weighting factors of the indicators

Студент В.В. Медведев, доцент И.В. Оселедцева,
Кубанский Государственный технологический университет

Student V.V. Medvedev, Associate Professor I.V. Oseledtseva,
Kuban State Technological University

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и методологические основы формирования системы показателей качества производственных процессов на винодельческих предприятиях. Обосновывается необходимость применения квалиметрического подхода с учетом коэффициентов весомости показателей для объективной оценки результативности процессов. На основе анализа отраслевой специфики и современных подходов к управлению качеством предложена структура системы показателей, включающая операционно-технологические, экономико-производственные и управленческие группы показателей. Разработаны рекомендации по определению коэффициентов весомости с использованием метода экспертных оценок.

Abstract. The article discusses the theoretical and methodological foundations of forming a system of quality indicators for production processes at wineries. The necessity of applying a qualimetric approach, taking into account the weighting coefficients of indicators, for an objective assessment of the effectiveness of processes is substantiated. Based on the analysis of industry specifics and modern approaches to quality management, a structure of the system of indicators is proposed, which includes operational, technological, economic, production, and managerial groups of indicators. Recommendations for determining the weighting coefficients using the expert assessment method are developed.

Ключевые слова: качество процессов, винодельческое производство, система показателей, коэффициенты весомости, квалиметрия, управление качеством.

Keywords: process quality, wine production, indicator system, weighting coefficients, qualimetry, quality management.

Винодельческая промышленность является одной из стратегически значимых отраслей агропромышленного комплекса, функционирующей в условиях высокой конкуренции и постоянно возрастающих требований потребителей к качеству продукции. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция роста спроса на высококачественные вина, что актуализирует проблему совершенствования систем управления качеством на винодельческих предприятиях [1, с. 1].

Современные подходы к управлению качеством базируются на принципе, согласно которому качество продукции является производной от качества процессов, участвующих в ее создании. Как отмечается в исследованиях по управлению качеством, «управлять можно лишь тем, что можно измерить» [2, с. 2].

В полной мере это утверждение относится и к управлению качеством процессов: отсутствие объективных методов количественной оценки затрудняет идентификацию проблемных зон, принятие обоснованных управленческих решений и реализацию мероприятий по улучшению.

© В.В. Медведев, И.В. Оселедцева,, 2026

Особую актуальность проблема оценки качества процессов приобретает для винодельческих предприятий, характеризующихся сложной многоуровневой структурой технологических операций, высокой степенью влияния природно-климатических факторов, а также наличием значительного количества показателей, подлежащих контролю. При этом традиционные подходы, ориентированные преимущественно на контроль параметров готовой продукции, не позволяют в полной мере оценить эффективность и результативность самих производственных процессов.

Целью настоящей работы является разработка системы показателей качества производственных процессов на винодельческом производстве с обоснованием коэффициентов весомости показателей для их последующего использования в квалиметрической оценке.

Процессный подход является фундаментальным принципом современного менеджмента качества. Согласно требованиям стандарта ISO 9001:2015, организация должна определить процессы, необходимые для системы менеджмента качества, обеспечить их управление и взаимодействие [3, с. 1].

В контексте винодельческого производства к основным процессам могут быть отнесены: приемка и переработка винограда, ферментация, выдержка, фильтрация, розлив и другие технологические операции.

В работах, посвященных управлению качеством на винодельческих предприятиях, подчеркивается, что системное выполнение операций по контролю и измерению технологических процессов позволяет обеспечить стабильный рост предприятия на основе выпуска конкурентоспособной продукции независимо от изменения внешних условий среды [4, с. 2].

При этом ключевым требованием является обеспечение не просто описания процессов, а их результативности — способности достигать запланированных результатов.

Квалиметрия как наука о количественной оценке качества предоставляет математический аппарат для интеграции разнородных показателей в комплексную оценку. Как показано в работе Триша Р. и соавторов, «развитие квалиметрических подходов к процессам системы менеджмента качества позволяет повысить объективность и достоверность оценок» [2, с. 1].

В исследованиях по квалиметрии выделяются следующие основные этапы формирования системы показателей:

1. Идентификация и систематизация единичных показателей качества;
2. Определение номенклатуры показателей, подлежащих оценке;
3. Установление коэффициентов весомости показателей;
4. Выбор метода интегральной оценки.

Применительно к винодельческому производству, как отмечается в исследованиях Киселева В.М. и соавторов, возможно построение многоуровневых квалиметрических моделей, позволяющих однозначно определять степень аутентичности продукции на основе системно сгруппированных индивидуальных характеристик [1, с. 1].

Анализ практического опыта внедрения современных методов управления качеством на винодельческих предприятиях свидетельствует о высокой эффективности системного подхода к оптимизации процессов. Так, на винодельне «Собер Баш» в результате внедрения стандартов операционных процедур и инструментов бережливого производства удалось снизить время производственных процессов на 15,2%, повысить производительность на 20%, а простои оборудования сократить на 28,2% [5, с. 2].

На предприятии «Новотерра» реализация проекта по оптимизации процессов позволила сократить время производственного цикла на 39,6%, повысить производительность труда на 67%, снизить внеплановые простои на 23% [6, с. 2]. Ключевыми факторами успеха стали стандартизация процессов, внедрение производственного анализа для ежедневного мониторинга показателей и развитие компетенций персонала.

На винодельне «Шато ле Гран Восток» в рамках проекта по повышению производительности проведена диагностика процесса приемки и переработки винограда, составлена карта текущих процессов для дальнейших улучшений [7, с. 2]. Особое внимание уделяется выявлению скрытых потерь и созданию эталонной последовательности операций, которая становится стандартом для последующих производственных циклов.

Формирование системы показателей качества процессов на винодельческом производстве должно основываться на следующих принципах:

1. Принцип измеримости — каждый показатель должен иметь количественное выражение, допускающее объективное измерение.
2. Принцип репрезентативности — система показателей должна адекватно отражать существенные свойства оцениваемых процессов.
3. Принцип чувствительности — показатели должны реагировать на изменения параметров процессов, позволяя своевременно выявлять отклонения.
4. Принцип экономической целесообразности — затраты на измерение и мониторинг показателей должны быть оправданы получаемыми результатами.
5. Принцип системности — показатели должны быть взаимоувязаны и образовывать иерархическую структуру.

Для системного подхода к оценке деятельности винодельческих предприятий целесообразно структурировать виды деятельности на праймаративные (основные) и кондъюзивные (способствующие) [8, с. 3].

К праймаративным видам деятельности, которые непосредственно влияют на формирование финансового результата и качество продукции, относятся:

- операционная деятельность (производство и реализация продукции);
- технологические процессы (переработка винограда, ферментация, выдержка, розлив);
- контроль качества на всех этапах производства.

К кондъюзивным видам деятельности, способствующим обеспечению нормального функционирования основных процессов, относятся:

- организационная деятельность (обеспечение сырьевой базы, организация производства);
- инновационная деятельность (разработка новых технологий и видов продукции);
- стандартизация и документирование процессов.

На основе анализа отраслевой специфики и практического опыта внедрения систем управления качеством на винодельческих предприятиях предлагается следующая система показателей качества процессов, сгруппированная по трем основным категориям.

Представленная в таблице 1 система показателей охватывает три ключевых аспекта оценки качества производственных процессов на винодельческом предприятии. Операционно-технологические показатели позволяют контролировать соблюдение режимных параметров (температура, длительность выдержки, дозировка), что непосредственно влияет на формирование органолептических свойств вина. Экономико-производственные показатели характеризуют эффективность использования ресурсов и оборудования, обеспечивая связь между качеством процессов и экономическими результатами.

Таблица 1

Система показателей качества процессов винодельческого производства

Группа показателей	Наименование показателя	Единица измерения
Операционно-технологические	Стабильность температурного режима ферментации	°С, коэффициент вариации
	Продолжительность мацерации	часы/сутки
	Соблюдение временных параметров выдержки	сутки
	Точность дозирования компонентов	%, мг/л
	Контроль содержания кислорода	мг/л
	Воспроизводимость технологических операций	коэффициент
Экономико-производственные	Коэффициент использования мощностей	%
	Удельный расход энергоресурсов	кВт•ч/дал
	Производительность оборудования	дал/час
	Выход годной продукции	%
	Затраты на обеспечение качества	руб./дал
Управленческие	Частота корректирующих воздействий	количество/смену
	Уровень стандартизации операций	%
	Степень автоматизации контроля	%
	Выполнение плановых показателей	%

Управленческие показатели отражают степень стандартизации, автоматизации и дисциплины выполнения операций, что особенно важно для обеспечения воспроизводимости результатов в условиях сезонного характера производства. Таким образом, предложенная трехуровневая структура позволяет комплексно оценивать качество процессов с технологической, экономической и организационной точек зрения, что создаёт основу для последующего определения коэффициентов весомости и расчёта интегрального показателя.

Коэффициенты весомости отражают относительную значимость отдельных показателей в интегральной оценке качества процессов. Для их определения могут использоваться различные методы: метод экспертных оценок, метод парных сравнений, метод ранговой корреляции, статистические методы.

Наиболее широкое распространение в квалиметрических исследованиях получил метод экспертных оценок, основанный на привлечении квалифицированных специалистов, имеющих опыт работы в соответствующей области. Как отмечается в исследовании Мирошникова В.В. и соавторов, «применение экспертных методов позволяет учесть специфику оцениваемых процессов и обеспечить обоснованность весовых коэффициентов» [9, с. 3].

Определение коэффициентов весомости показателей качества процессов винодельческого производства предлагается осуществлять в следующей последовательности:

1. Формирование экспертной группы из числа технологов, специалистов по качеству и руководителей производственных подразделений.
2. Проведение индивидуального анкетирования экспертов с целью оценки значимости каждого показателя по шкале от 1 до 10.
3. Обработка результатов анкетирования с расчетом средних значений оценок (например, с использованием коэффициента конкордации Кендалла для оценки согласованности экспертов).
4. Нормирование полученных значений для приведения суммы коэффициентов весомости к единице.
5. Согласование результатов и утверждение итоговых коэффициентов.

На основе анализа отраслевой практики и рекомендаций экспертов предлагаются следующие коэффициенты весомости для групп показателей и отдельных показателей.

Таблица 2

Рекомендуемые коэффициенты весомости показателей

Группа показателей	Вес группы	Показатель	Вес внутри группы	Итоговый вес
Операционно-технологические	0,50	Стабильность температуры ферментации	0,30	0,150
		Соблюдение временных параметров	0,25	0,125
		Точность дозирования	0,20	0,100
		Контроль содержания кислорода	0,15	0,075
		Воспроизводимость операций	0,10	0,050
Экономико-производственные	0,30	Коэффициент использования мощностей	0,35	0,105
		Удельный расход энергоресурсов	0,30	0,090
		Производительность оборудования	0,20	0,060
		Выход годной продукции	0,15	0,045
Управленческие	0,20	Уровень стандартизации операций	0,40	0,080
		Выполнение плановых показателей	0,30	0,060
		Степень автоматизации контроля	0,20	0,040
		Частота корректирующих воздействий	0,10	0,020
ИТОГО	1,00		1,00	1,000

Наибольший итоговый вес имеют операционно-технологические показатели (суммарно 0,50), что отражает приоритет стабильности и точности технологических процессов в виноделии. Среди единичных показателей максимальной значимостью обладают стабильность температуры ферментации (0,150) и соблюдение временных параметров выдержки (0,125), что соответствует отраслевым приоритетам управления качеством.

Для получения комплексной оценки качества процессов предлагается использовать аддитивную свертку с учетом коэффициентов весомости. Интегральный показатель качества процессов (K) рассчитывается по формуле:

$$K = \Sigma (g_i \times Q_i)$$

где: g_i — коэффициент весомости i-го показателя (из Таблицы 2); Q_i — относительное (безразмерное) значение i-го показателя; n — количество показателей.

Расчет относительного показателя Q_i:

- Для стимуляторов (чем больше, тем лучше, например, «Выход годной продукции»): Q_i = Факт / Норматив
- Для дестимуляторов (чем меньше, тем лучше, например, «Удельный расход ресурсов»): Q_i = Норматив / Факт

Примечание: Значение Q_i ограничивается диапазоном от 0 до 1 (или до 1,2 при наличии обоснованного допуска на перевыполнение). Если фактическое значение превышает норматив для стимулятора, Q_i принимается равным 1.

В системе оценки качества процессов необходимо предусмотреть учет так называемых вето-факторов — показателей, неудовлетворительное значение которых не может быть компенсировано высокими значениями других показателей. К таким показателям для винодельческого производства относятся:

- содержание остаточного сахара (для тихих вин);
- содержание летучих кислот;
- наличие посторонних примесей и дефектов;
- соблюдение требований безопасности продукции.

При выходе любого из этих показателей за установленные предельные значения интегральный показатель качества процессов принимается равным нулю, что сигнализирует о необходимости срочного вмешательства.

Результаты интегральной оценки качества процессов предлагается интерпретировать в соответствии со следующей шкалой.

Таблица 3

Шкала интерпретации интегральной оценки качества процессов

Значение интегрального показателя	Уровень качества	Рекомендуемые действия
0,95 – 1,00	Отличный	Поддержание достигнутого уровня
0,85 – 0,94	Хороший	Мониторинг, плановые улучшения
0,70 – 0,84	Удовлетворительный	Анализ проблем, корректирующие действия
0,50 – 0,69	Неудовлетворительный	Внеплановый анализ, разработка мероприятий
< 0,50	Критический	Остановка процесса, экстренные меры

Предложенная система показателей качества процессов винодельческого производства позволяет комплексно оценивать результативность производственной деятельности, выявлять проблемные зоны и обосновывать направления совершенствования. При этом следует отметить, что представленные коэффициенты весомости являются ориентировочными и могут уточняться для конкретных предприятий с учетом их технологической специфики и

стратегических приоритетов.

Направления дальнейших исследований включают:

1. Разработку дифференцированных систем показателей для различных типов винодельческих производств (тихие, игристые, крепленые вина).
2. Создание методики расчета коэффициентов весомости с использованием методов многомерного статистического анализа, позволяющих выявить объективные взаимосвязи между показателями процессов и качеством продукции.
3. Интеграцию системы показателей качества процессов в цифровые платформы управления производством на основе технологий Industry 4.0.
4. Разработку методики прогнозирования качества продукции на основе мониторинга показателей процессов с применением методов искусственного интеллекта.

В результате проведенного исследования разработана система показателей качества производственных процессов на винодельческом производстве, включающая три группы показателей: операционно-технологические, экономико-производственные и управленческие. Обоснованы коэффициенты весомости показателей, определенные на основе анализа отраслевой специфики и экспертных оценок.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной системы показателей для:

- объективной оценки результативности производственных процессов;
- выявления проблемных зон и приоритетных направлений улучшения;
- обоснования управленческих решений в области качества;
- повышения конкурентоспособности винодельческих предприятий.

Предложенный подход соответствует современным тенденциям развития систем менеджмента качества, ориентированным на количественную оценку и непрерывное улучшение процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев В.М., Керимова Р.И., Орлов А.А., Каленская А.В., Бастрон Е.В. Разработка квалиметрической модели оценки ароматизированных вин // Виноделие и виноградарство. – 2013. – № 6. – С. 1-2.
2. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 1/3 (79). – С. 1-8.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.
4. Иваниди О.В., Ильина И.А., Мачнева И.А. Руководство по процессам системы менеджмента качества «Мониторинг и измерения продукции и процессов» для малого винодельческого предприятия // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015. – № 32 (2). – С. 113–130.
5. Винодельня «Собер Баш» повысила производительность на 20% [Электронный ресурс] // Официальный сайт администрации Павловского сельского поселения. – 2026. – URL: https://pavlovskoe-sp.ru (дата обращения: 31.03.2026).
6. «Время розлива тихих вин на предприятии «Новотерра» сократили на 40%» [Электронный ресурс] // Сетевое издание sred-sp.ru. – 2025. – URL: https://www.sred-sp.ru (дата обращения: 31.03.2026).
7. Винодельня Крымского района улучшает показатели с программой «Бережливый регион» [Электронный ресурс] // Кубань 24. – 2025. – URL: https://kuban24.tv (дата обращения: 31.03.2026).

8. Дойчева К.С. Система оценки эффективности деятельности предприятий винодельческой промышленности // Научный журнал «Экономика и бизнес». – 2014. – С. 1-8.

9. Мирошников В.В., Борбаць Н.М., Школина Т.В. Квалиметрико-статистическая оценка процессов менеджмента качества // Компетентность. – 2019. – № 2. – С. 2-6.

10. Bettini R., Giorgetti A., Cini E., Citti P. The Lean Six Sigma approach for process improvement: a case study in a high quality Tuscany winery // Journal of Agricultural Engineering. – 2012. – Vol. 41, No. 4. – P. 1-8.

REFERENCES

1. Kiselev V.M., Kerimova R.I., Orlov A.A., Kalenskaya A.V., Bastron E.V. Development of a qualimetric model for evaluating flavored wines // Winemaking and viticulture. – 2013. – No. 6. – pp. 1-2.

2. Trish R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to quality management system processes at enterprises in accordance with international standards of the ISO 9000 series // Eastern European Journal of Advanced Technologies. – 2016. – No. 1/3 (79). – Pp. 1–8.

3. GOST R ISO 9001-2015. Quality Management Systems. Requirements. – Moscow: Standartinform, 2015. – 32 p.

4. Ivanidi O.V., Ilyina I.A., Machneva I.A. Quality Management System Process Guide “Monitoring and Measurement of Products and Processes” for a Small Winery // Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia. – 2015. – No. 32 (2). – Pp. 113–130.

5. The Sober Bash Winery increased its productivity by 20% [Electronic resource] // Official website of the administration of the Pavlovsky rural settlement. – 2026. – URL: https://pavlovskoe-sp.ru (date of reference: 03/31/2026).

6. "The bottling time of still wines at the Novoterra enterprise was reduced by 40%" [Electronic resource] // Online publication sred-sp.ru . – 2025. – URL: https://www.sred-sp.ru (date of access: 03/31/2026).

7. The winery of the Crimean region improves its performance with the help of the Lean Region program [Electronic resource] // Kuban 24. – 2025. – URL: https://kuban24.tv (date of reference: 03/31/2026).

8. Doycheva K. S. A system for evaluating the effectiveness of enterprises in the wine industry // Scientific Journal "Economics and Business". – 2014. – Pp. 1–8.

9. Miroshnikov V.V., Borbat N.M., Shkolina T.V. Qualimetric and statistical assessment of quality management processes // Competence. – 2019. – No. 2. – Pp. 2–6.

10. Bettini R., Giorgetti A., Cini E., Citti P. The “lean production + six sigma” approach for process improvement: a case study of a winery in Tuscany // Journal of Agricultural Engineering. – 2012. – Vol. 41, No. 4. – Pp. 1-8.

Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК-продукты здорового питания, № 3, 2026

УДК 663.42:66.067.5 DOI 10.24412/2311-6447-2026-3-323-334

Исследование процесса микрофильтрации пива и разработка практических рекомендаций для создания аппаратурно-технологических комплексов пивоварен

Research of the beer microfiltration process and development of practical recommendations for creating brewery apparatus and technology complexes

Профессор А.И. Ключников,
Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)
a.klychnikov@mgutm.ru

Профессор В.Ю. Овсянников, доцент А.И. Потапов,
Воронежский государственный университет инженерных технологий

Доцент Д.В. Ключникова,
Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова

Professor A.I. Klyuchnikov,
Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University)
a.klychnikov@mgutm.ru

Professor V.Yu. Ovsyannikov, Associate Professor A.I. Potapov,
Voronezh State University of Engineering Technologies

Associate Professor D.V. Klyuchnikova,
Plekhanov Russian University of Economics

Аннотация. Проведены экспериментальные и теоретические исследования микрофильтрации пива с использованием керамических мембран. Исследовано влияние размера пор мембраны (0,2; 0,4; 1,2; 3,0; 5,0; 7,0 мкм) на физико-химические и микробиологические свойства осветленного пива. Установлено, что для окончательной микрофильтрации предпочтительна керамическая мембрана с размером пор 0,45 мкм, обеспечивающая полное удаление микроорганизмов при сохранении органолептических свойств продукта. Разработаны схемы оборудования и технологические схемы мембранной фильтрации для пивоварен различной мощности (мини-пивоварни производительностью 50 – 500 гл/сут. и крупные пивоварни производительностью 500 – 2000 гл/сут.). Показано, что использование мембранных технологий позволяет отказаться от пастеризации, продлить срок хранения пива до 12 – 18 мес. и сохранить сортовые характеристики продукта.

Abstract: Experimental and theoretical studies of beer microfiltration using ceramic membranes were conducted. The influence of the membrane pore size (0.2; 0.4; 1.2; 3.0; 5.0; 7.0 μm) on the physicochemical and microbiological properties of clarified beer was investigated. It was found that a ceramic membrane with a pore size of 0.45 μm is preferable for final microfiltration, ensuring the complete removal of microorganisms while preserving the organoleptic properties of the product. Equipment schemes and process flow charts for membrane filtration were developed for breweries of various capacities (mini-breweries with a capacity of 50-500 hectoliters per day and large breweries with a capacity of 500-2000 hectoliters per day). It is shown that the use of membrane technologies makes it possible to do without pasteurization, extend the shelf life of beer to 12-18 months and preserve the varietal characteristics of the product.

© А.И. Ключников, В.Ю. Овсянников, А.И. Потапов, Д.В. Ключникова, 2026

Ключевые слова: пиво, микрофильтрация, керамические мембраны, осветление пива, мембранная фильтрация, кизельгуровый фильтр, тангенциальная фильтрация, срок годности пива, асептический розлив.

Keywords: beer, microfiltration, ceramic membranes, beer clarification, membrane filtration, kieselguhr filter, tangential filtration, beer shelf life, aseptic bottling.

Современная пивоваренная промышленность ищет технологические решения, направленные на улучшение качества продукции при одновременном снижении энерго- и экономических затрат. Традиционные методы осветления и стабилизации пива (предварительная фильтрация с последующей пастеризацией) имеют ряд существенных недостатков: воздействие тепла существенно изменяет органолептические свойства продукта, а использование расходных материалов (кизельгур, фильтр-картон и др.) увеличивает производственные затраты [1].

В последние годы традиционные технологии успешно заменяются мембранными методами обработки на основе микрофильтрации с использованием мембранных картриджей, керамических и металлокерамических мембран. Эти технологии обеспечивают полное удаление дрожжевых клеток и бактерий, гарантируя микробиологическую стабильность конечного продукта без воздействия тепла. Срок хранения пива, осветленного микрофильтрацией, сопоставим, а в некоторых случаях и значительно больше, чем у пива, произведенного с использованием традиционных технологий фильтрации и пастеризации [2].

Опыт, накопленный на большинстве пивоварен, подтверждает, что пиво, осветленное микрофильтрацией, сохраняет свои органолептические свойства и остается неизменным на протяжении всего срока хранения продукта. Однако, учитывая широкий диапазон производственных условий, от мини-пивоварен до крупных промышленных пивзаводов, выбор наиболее подходящих параметров мембранной обработки (размер пор, режим микрофильтрации и конфигурация технологической линии) остается до сегодняшнего времени актуальной задачей для всестороннего рассмотрения [3, 4].

Целью исследования является изучение физико-химических и микробиологических показателей пива, полученного методом микрофильтрации, и разработка практических рекомендаций по выбору технологических схем микрофильтрации для пивзаводов различной производительности.

Предметом исследования являлось нефильтрованное, непастеризованное пиво с содержанием экстрактивных веществ 11 и 12 %, произведенное по традиционной технологии в условиях мини-пивоварни.

Использовались следующие сырьевые материалы: светлый солод с цветностью 3,7 EBC, мюнхенский солод с цветностью 12 – 18 EBC, горький и ароматный хмель сортов «Nugget» и «Saaz» соответственно, сухие пивные дрожжи «Saflager W34/70». Первичное брожение проводилось в течение 8 – 10 сут. при температуре 8 – 12 °С, за которым следовало вторичное брожение в течение 30 – 40 сут. при температуре 2 – 4 °С в зависимости от содержания экстрактивных веществ.

Применялись следующие общепринятые для пивоваренной отрасли аналитические методы анализа: ГОСТ 12786 – 80 «Пиво. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 12787 – 81 «Пиво. Методы определения спирта, действительного экстракта и расчет сухих веществ в начальном сусле», ГОСТ 12788 – 87 «Пиво. Методы определения кислотности», ГОСТ 12789 – 87 «Пиво. Методы определения цвета», ГОСТ 30060 – 93 «Пиво. Органолептические показатели и методы определения объема продукции», ГОСТ 30518 – 97 / ГОСТ Р 50474 – 93 «Пищевые продукты. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ Р 51154–98 «Пиво и пивные напитки. Методы определения двуокиси углерода и стойкости».

Объектами исследования выступали одноканальные керамические мембраны КМФЭ-1 (ООО НПО «Керамикфильтр», Россия) и «INSIDE CéRAM» («TAMI Deutschland GmbH», Германия). Конструктивные параметры керамических мембран приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Конструктивные параметры керамических мембран

Наименование	КМФЭ – 1	«INSIDE CéRAM»
Размер пор, мкм	1,2; 3,0; 5,0; 7,0	0,20; 0,45
Диаметр, мм: наружный внутренний	 10 6	 10 6
Длина, мм	800	580, 850, 1000, 1020, 1178
Площадь фильтрующей поверхности, м^2	0,015	0,02

Для оценки селективности и разделительной способности керамических мембран с различными размерами пор был проведен комплексный анализ физико-химических параметров полученного фильтрованного пива. Особое практическое значение имеет изучение физико-химических и микробиологических свойств пива после двухэтапного процесса микрофильтрации. Эта технология предполагает последовательное использование керамических мембран с различными размерами пор.

Предварительная микрофильтрация (ступень 1) проводилась с использованием керамической мембраны с крупными порами КМФЭ – 1. В эксперименте номинальные размеры пор мембран варьировались от 1,2 до 7,0 мкм. Эта ступень необходима для удаления основных взвешенных твердых частиц и снижения фильтрационной нагрузки на керамические мембраны с мелкими порами. Заключительная микрофильтрация (ступень 2) проводилась с использованием керамических мембран «INSIDE CéRAM» с размерами пор 0,20 и 0,45 мкм для обеспечения окончательного осветления и микробиологической стабильности продукта. Сводные данные, полученные в результате физико-химического анализа осветленных образцов пива, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-химические показатели пива, осветленного на керамических мембранах КМФЭ – 1

Наименование	Размер пор, мкм			
	1,2	3,0	5,0	7,0
Концентрация микроорганизмов, млн. кл./мл	0,6	1,02	1,38	3,1
Водородный показатель pH	4,38	4,38	4,38	4,38
Мутность, ед. EBC	0,77	1,22	1,27	1,64

Результаты показывают высокую фильтрующую способность во всех экспериментальных сериях, полученные образцы демонстрируют оптимальную обрабатываемость, что делает их пригодными для последующих этапов производства и розлива без риска снижения качества конечного продукта.

Результаты анализов осветленного пива с использованием керамических мембран с размером пор 0,20 и 0,45 мкм приведен в таблице 3.

Сравнительный анализ показал, что эффективность процесса микрофильтрации напрямую зависит от размера пор мембраны.

Таблица 3.

Физико-химические показатели пива, осветленного на керамических мембранах «INSIDE CéRAM»

Наименование	Размер пор, мкм	
	0,20	0,45
Концентрация микроорганизмов, млн. кл./мл	не обнаружено	не обнаружено
Водородный показатель pH	4,39	4,38
Мутность, ед. EBC	0,37	0,47
Содержание экстрактивных веществ, %	10,55	11
Содержание спирта, % об.	4	4

Использование керамических мембран с размером пор 0,20 и 0,45 мкм позволило достичь высокого уровня очистки пива. Это привело к почти полному удалению дрожжевых клеток, коллоидных белковых фракций и взвешенных веществ, что было подтверждено микробиологическим мониторингом и измерениями мутности фильтрата. Однако использование мембран с минимальным размером пор 0,20 мкм привело к изменениям органолептических и физико-химических параметров: снижению фактического содержания экстракта в готовом продукте и изменению цвета.

Это явление может быть результатом концентрационной поляризации, которая приводит к частичной адсорбции высокомолекулярных соединений на поверхности мембраны и внутри пор, а также к селективному удержанию отдельных компонентов пива.

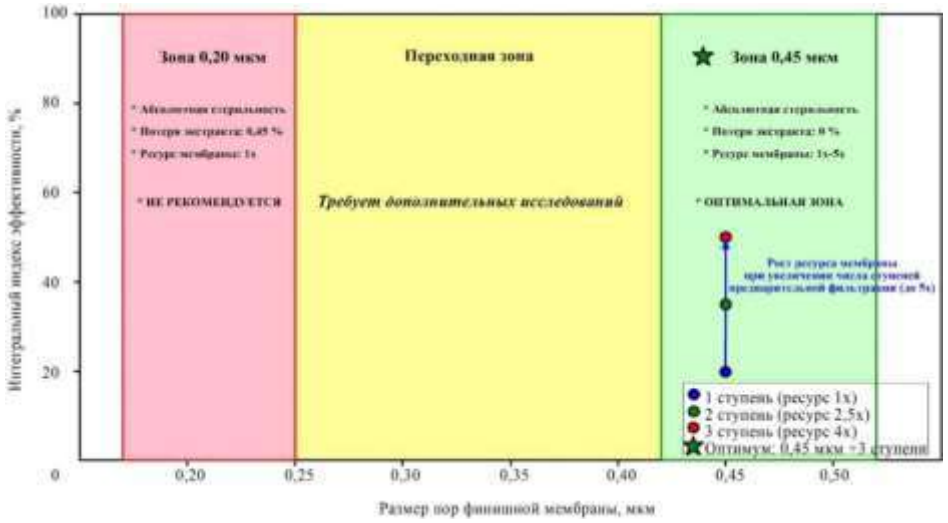


Рис. 1. Зоны выбора режима микрофильтрации пива.

На рис. 1 четко видны три зоны: нежелательная зона для мембраны 0,20 мкм (красная), переходная зона (желтая) и оптимальная зона для мембраны 0,45 мкм (зеленая). Стрелка указывает на увеличение конечной проницаемости мембраны (от 1х до 5х) с увеличением числа ступеней предварительной микрофильтрации от 1 до 3. Звездочкой обозначена оптимальная конфигурация: мембрана с размером пор 0,45 мкм и три ступени предварительной микрофильтрации.

Анализ зон микрофильтрации с низкой селективностью (рис. 1) показывает, что мембрана 0,20 мкм нежелательна для окончательного осветления пива. Хотя с помощью этой мембраны была достигнута полная микробиологическая очистка, снижение содержания экстрактивных веществ на 0,45 % (с 11,0 до 10,55 %) указывает на нежелательное осаждение на поверхности мембраны

высокомолекулярных соединений, формирующих вкусовой профиль напитка. Напротив, мембрана с размером пор 0,45 мкм обеспечивает тот же уровень очистки, но без потери экстрактивных веществ.

Увеличение количества ступеней предварительной микрофильтрации с одной до трех увеличивает срок службы мембраны до пяти раз, что напрямую влияет на экономическую эффективность процесса.

Переходная зона между 0,25 и 0,42 мкм требует дальнейших исследований из-за отсутствия в современной литературе данных о производительности мембран при этих значениях во время микрофильтрации пива. Поэтому, зеленая зона (0,45 мкм), с наибольшим количеством ступеней предварительной фильтрации, однозначно рекомендуется для промышленного применения.

В данном исследовании оценивалась прогнозируемая коллоидная стабильность пива, осветленного с использованием керамической мембраны с размером пор 0,45 мкм (результаты представлены в таблице 4).

Таблица 4.

Прогнозируемая коллоидная стойкость пива, осветленного на керамической мембране «INSIDE CéRAM» с размером пор 0,45 мкм

Мутность, ед. ЕВС	Коллоидная стойкость, сут	
	максимальная	минимальная
1,63	90	40…55

Анализ данных показал, что предложенный режим микрофильтрации способствует созданию продуктов с увеличенным сроком хранения без признаков мутности на протяжении всего гарантийного периода, и подтверждает технологическую эффективность выбранного подхода [5, 6, 7].

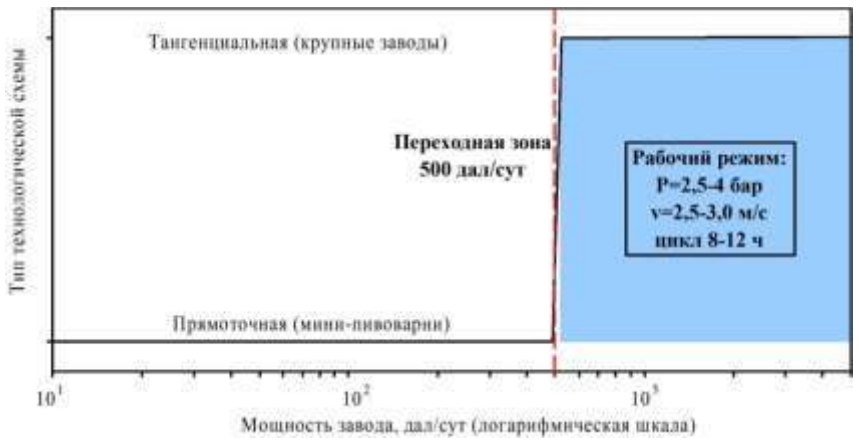


Рис. 2. Выбор схемы мембранной фильтрации в зависимости от мощности завода.

Для производительности пивзаводов до 500 гл/сут рекомендуется система прямого потока с мембранными картриджами; для производительности свыше 500 гл/сут –тангенциальная система с керамическими мембранами. Рабочие параметры тангенциальной фильтрации выделены прямоугольником (рис. 2).

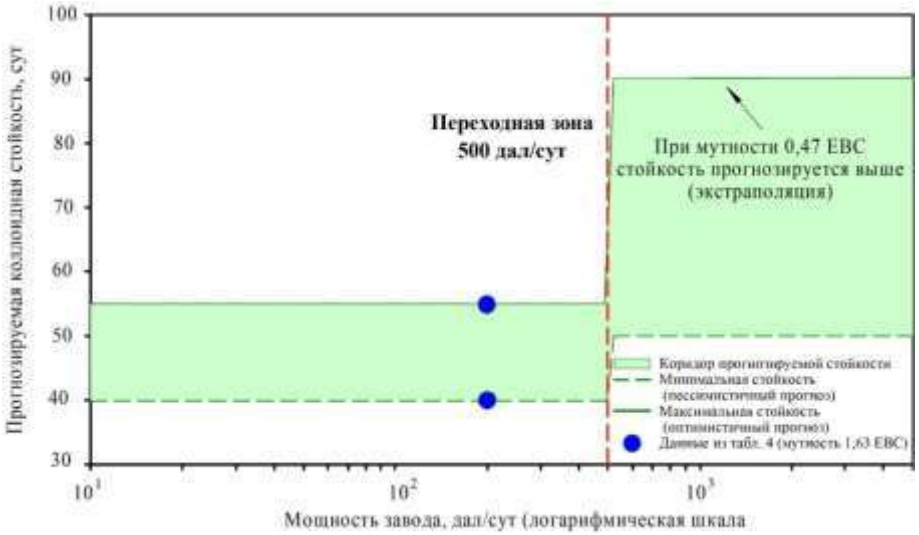


Рис. 3. Зависимость срока годности пива от мощности пивзавода и схемы микрофильтрации.

На рис. 3 наглядно показано, что прогнозируемая коллоидная стабильность составляет 40 – 55 сут. для небольших пивоварен и до 90 сут. для крупных.

Выбор процесса микрофильтрации напрямую зависит от суточной производительности пивзавода. При производительности пивзавода до 500 гл/сут. экономически целесообразна система с картриджами и мембранами, как показано на рис. 3. При производительности более 500 гл/сут. работа с картриджами и мембранами становится неэффективной из-за быстрого их загрязнения; в этом случае требуется тангенциальная фильтрация с керамическими мембранами.

В режиме тангенциального потока поддержание скорости 2,5 – 3,0 м/с и трансмембранного давления 2,5 – 4,0 бар обеспечивает 8 – 12 ч непрерывной работы без регенерации. Согласно табл. 4, прогнозируемая коллоидная стабильность достигает 40 – 55 сут. для малых пивоварен и 90 сут. для крупных заводов, при этом мутность фильтрата не превышает 1,63 EBC. Достижение мутности 0,47 EBC (табл. 3) обеспечивает срок хранения более 90 сут., что соответствует требованиям к продуктам длительного хранения, не требующим пастеризации.

Исходя из вышеизложенного, микрофильтрация с использованием керамических мембран является универсальной технологией, которая может быть интегрирована в различные этапы процесса осветления пива. В зависимости от условий производства и требований к качеству конечного продукта, процесс может осуществляться по двум основным схемам:

1. *Схема, сочетающаяся с предварительной обработкой пива.* В этом варианте механическое разделение проводится перед микрофильтрацией с использованием центробежных сепараторов или предварительно покрытых фильтров (кизельгур, перлит). Такой подход значительно снижает нагрузку на мембранные модули за счет удаления большей части дрожжевой биомассы и крупных взвешенных частиц; это положительно сказывается на продолжительности циклов между регенерациями и стабильности системы.

2. *Прямая микрофильтрация без предварительной обработки.* Этот процесс включает прямую подачу неосветленного пива к мембранным элементам. Реализация этого варианта требует более детального инженерного проектирования процесса: тщательного выбора гидродинамических условий (расход, трансмембранное давление), оптимизации частоты промывки и химической регенерации, а также учета реологических свойств фильтруемой среды. Особое внимание следует уделить предотвращению загрязнения поверхности мембраны за

счет адсорбции белковых соединений, полифенолов и коллоидных частиц, присутствующих в значительных количествах в молодом пиве.

При правильном проектировании и управлении процессом микрофильтрация обеспечивает высокую эффективность разделения при сохранении органолептических свойств продукта и отвечает современным требованиям ресурсо- и энергосбережения. Это позволяет проиллюстрировать особенности мембранной фильтрации пива в виде схем оборудования и технологических схем.

Аппаратурно-технологическая схема линии мембранной фильтрации пива в условиях предприятий малой мощности. Представленная линия (рис. 4) представляет собой компактную многоступенчатую систему осветления и стерилизации пива, специально адаптированную для мини-пивоварен производительностью 50 – 500 бут/сут.

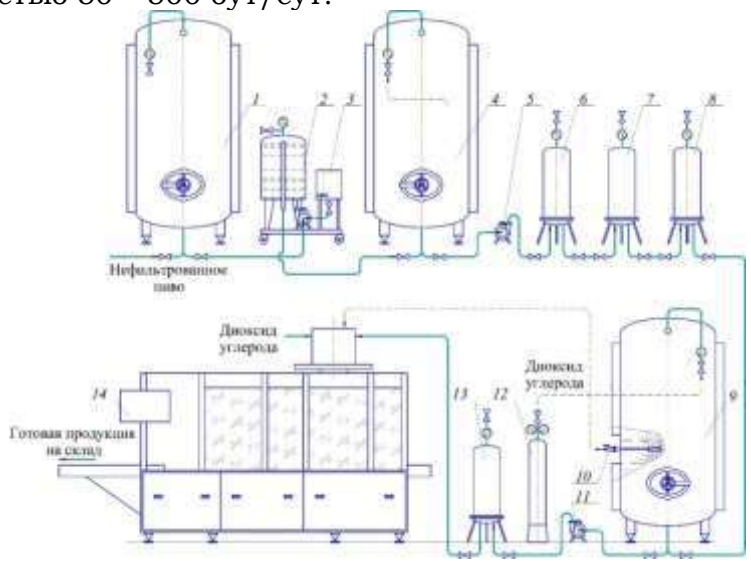


Рис. 4. Аппаратурно-технологическая схема линии мембранной фильтрации пива в условиях предприятий малой мощности: 1 – танк с нефильтрованным пивом; 5; 11 – насос; 2 – намывной кизельгуровый фильтр; 3 – бак приготовления суспензии кизельгура; 4 – танк промежуточный; 6, 7, 8 – фильтродержатель с мембранными картриджами с размерами пор 5,0; 1,0 и 0,45 мкм соответственно; 9 – сборник осветленного пива; 10 – аэрационная свеча для дополнительной карбонизации пива; 12 – баллон со сжатым диоксидом углерода; 13 – фильтродержатель с мембранными картриджами с размером пор 0,45 мкм для контрольного обеспложивания; 14 – моноблок для асептического розлива, укупоривания и этикетирования.

Технологическая схема позволяет осуществлять переход от нестабильного молодого пива к микробиологически стабильному продукту, готовому к асептическому розливу, без использования термической обработки. Следует отметить, что некоторые мини-пивоварни удаляют значительное количество дрожжевого осадка путем осветления в конце периода созревания. Далее приводится подробное описание работы линии и ее технологических преимуществ.

Процесс начинается с танка нефильтрованного пива *1*, содержащего дрожжевые клетки, белково-полифенольные комплексы и коллоидные частицы. Для снижения фильтрационной нагрузки на мембранные картриджные элементы пиво направляется на намывной кизельгуровый фильтр *2*. Перед фильтрацией в бачке *3* готовится суспензия кизельгура (диатомита) – природного фильтрующего агента, образующего на поверхности фильтрующей перегородки пористый намывной слой. Кизельгур задерживает крупные взвешенные частицы (дрожжи, хлопья белка),

обеспечивая предварительное осветление и снижение мутности пива.

2. *Промежуточное хранение.* Осветлённое на кизельгуровом фильтре *2* пиво поступает в промежуточный танк *4*. Этот этап критически важен для мини-пивоварен, т.к. он позволяет выравнивать гидродинамику потока перед мембранной обработкой, исключать гидроудары, способные повредить мембранные картриджи или их срыв с посадочных гнезд фильтродержателя, а также проводить кратковременную выдержку для дегазации избыточного диоксида углерода, снижая риск кавитации в подающем насосе *5*.

3. *Многоступенчатая мембранная фильтрация*. Из промежуточного танка *4* пиво центробежным насосом *5* подаётся на каскад из трёх фильтродержателей: фильтродержатель *6* с картриджами, размер пор которых составляет 5,0 мкм для грубой очистки, в процессе которой удаляются остаточные дрожжевые клетки и крупные коллоиды, защищая последующие ступени мембранной фильтрации от быстрого загрязнения; фильтродержатель *7* с картриджами, размер пор которых составляет 1 мкм для тонкой фильтрации, в процессе которой задерживаются мелкие белковые агрегаты и остаточные дрожжи и фильтродержатель *8* с картриджами, размер пор которых составляет 0,45 мкм для стерилизующей фильтрации в ходе которой обеспечивается полное удаление всех жизнеспособных микроорганизмов (дрожжей и бактерий), гарантируя микробиологическую стабильность.

Ступенчатое уменьшение пористости является ключевым принципом, т.к. оно продлевает эксплуатационный ресурс дорогостоящих мембранных картриджей для обеспложивания в 3 – 5 раз, что экономически оправдано для мини-предприятий с ограниченным бюджетом.

4. *Накопление продукта.* Осветлённое и стабилизированное пиво собирается в танк *9*, оснащённый аэрационной свечой *10*. Свеча, выполненная из микропористой нержавеющей стали, предназначена для поддержания необходимой концентрации диоксида углерода в напитке в пределах 0,06 – 0,1 МПа.

5. *Фасование.* Насосом *11* пиво подаётся в асептический моноблок розлива, укупорки и этикетирования *14*. Перед входом в моноблок установлен контрольный фильтр *13* с картриджами пористостью 0,45 мкм, выполняющих роль страховочной ступени, гарантирующеих стерильность даже при случайном повреждении одного из основных картриджей фильтродержателя *8*. Для создания необходимого противодавления в системе розлива (предотвращения вспенивания и потерь диоксида углерода) используется баллон *12*, подключённый к контурной магистрали моноблока. Также диоксид углерода из баллона *12* используется для питания аэрационной свечи *10* и создания противодавления не менее 0,6 бар в танках *4* и *9*, фильтродержателях *6*, *7*, *8* и *13* во избежание потерь растворенной углекислоты в промежуточном продукте.

Описанная выше линия представляет собой сбалансированное решение для мини-пивоварен, сочетающее доступность, технологическую надёжность и соответствие требованиям крафтового сегмента. Многоступенчатая мембранная фильтрация с предварительной кизельгуровой очисткой обеспечивает не только микробиологическую стабильность и длительный срок годности (до 12 мес.), но и сохранение органолептических свойств пива – значительного фактора, определяющего конкурентоспособность малых пивоваренных предприятий на современном рынке. Компактность, простота эксплуатации и отсутствие необходимости в дорогостоящей пастеризационной установке делают данную конфигурацию оптимальным выбором для стартапов и развивающихся мини-пивоварен. Производственная линия занимает малую площадь (менее 5…7 м^2), достаточно легко встраивается в ограниченные производственные помещения мини-пивоварен. Модульная конструкция позволяет увеличивать

производительность заменой картриджей или простым добавлением фильтродержателей, подключаемых параллельно. Наличие двойной стерилизующей фильтрации (основной и контрольной) и продувка линии и емкостного оборудования диоксидом углерода на всех этапах обработки минимизируют риски вторичного инфицирования – основную проблему для мини-пивоварен.

Ключевым элементом промышленных мембранных установок большой производительности является тангенциальный режим фильтрации («cross-flow»), при котором поток пива движется параллельно поверхности мембраны со скоростью 2,5 – 3,0 м/с, унося с собой задерживаемые частицы и предотвращая образование слоя осадка на поверхности мембраны. Такая конфигурация позволяет обеспечивать непрерывную работу установки в течение 8 – 12 ч без необходимости регенерации, что критически важно для крупных предприятий с непрерывным циклом производства. Однако выбор оптимальной конфигурации мембранной установки, включающей предварительную обработку (центробежную сепарацию, кизельгуровую фильтрацию) и собственно мембранный блок, остаётся актуальной задачей для проектировщиков и технологов пивоваренных предприятий. Необходимость баланса между капитальными затратами, эксплуатационными расходами и качеством конечного продукта требует научно обоснованного подхода к выбору аппаратурно-технологических схем [8, 9, 10].

Аппаратурно-технологическая схема линии мембранной фильтрации пива в условиях предприятий средней и большой мощности. Данная линия (рис. 5) предназначена для крупных пивоваренных заводов с суточной производительностью 500-2000 гл и представляет собой интегрированную систему предварительной обработки и тангенциальной микрофильтрации с использованием керамических мембран.

1. *Подготовительная стадия*. Процесс начинается с цилиндроконического танка *1*, содержащего пиво после основного созревания с концентрацией дрожжей 1 – 3 млн./мл. Подающим насосом *2* пиво направляется в центробежный сепаратор *3*, где происходит разделение потока на легкую фракцию (осветлённое пиво), поступающую в сборник сепарированного пива *4* и тяжелую фракцию (дрожжевой концентрат), отводимый на утилизацию. Предварительное сепарирование пива существенно снижает нагрузку на последующие ступени фильтрации на 60 – 70 %, удаляя до 90 % дрожжевых клеток и крупных белковых частиц.

Из сборника сепарированного пива *4* пиво насосом *5* подаётся на намывной кизельгуровый фильтр *8* с горизонтальными ситами. В бачке *6* предварительно готовится суспензия кизельгура (концентрация 3 – 5 % масс.), которая насосом *7* подаётся на формирование намывного слоя. Кизельгуровый фильтр обеспечивает удаление остаточных дрожжей и коллоидных частиц, защиту керамических мембран от быстрого загрязнения. Фильтрованное пиво собирается в сборнике *9* с температурой 1 – 2 °С, готовое к мембранной обработке.

2. *Мембранная фильтрация*. Из сборника *9* пиво насосом *10* подаётся в контур мембранной установки, где последовательно проходит пластинчатый теплообменник *11*, который поддерживает температуру пива в диапазоне 1 – 2 °С, что критически важно для предотвращения теплового воздействия на обрабатываемой напиток, минимизации риска микробиологического размножения в циркуляционном контуре и сохранения органолептических свойств продукта. Циркуляционный насос высокого давления *12* создаёт в системе рабочее давление 2,5 – 4,0 бар и необходимую скорость тангенциального потока 2,5 – 3,0 м/с вдоль поверхности мембран. Тангенциальный режим является определяющим фактором эффективности процесса, поток пива движется параллельно поверхности керамической мембраны, унося с собой частицы и предотвращая образование осадка на ее поверхности.

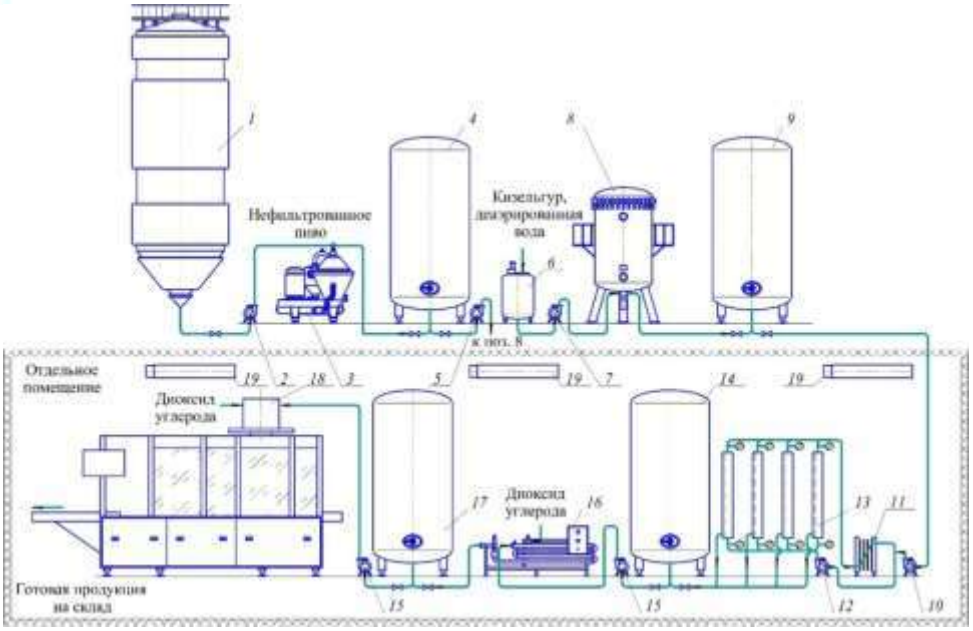


Рис. 5. Аппаратурно-технологическая схема линии мембранной фильтрации пива в условиях предприятий средней и большой мощности: 1 – цилиндроконический танк с нефильтрованным пивом; 2; 5; 7; 10; 15 – насос; 3 – центробежный сепаратор; 4 – танк сепарированного пива; 6 – бак для приготовления суспензии кизельгура; 8 – намывной кизельгуровый фильтр с горизонтальными ситами; 9 – танк фильтрованного пива; 11 – пластинчатый теплообменник; 12 – циркуляционный насос высокого давления; 13 – трубчатый мембранный модуль с керамическими мембранами; 14 – танк промежуточный; 16 – карбонизатор; 17 – танк готового пива (форфас); 18 – моноблок для асептического розлива, укупоривания и этикетирования; 19 – проточный кварцевый стерилизатор воздуха.

Керамические мембранные модули *13* подключены параллельно, что обеспечивает равномерное распределение потока между модулями, возможность вывода отдельных модулей на регенерацию без остановки линии, масштабируемость системы под требуемую производительность. При этом мембраны обеспечивают полное удаление всех жизнеспособных микроорганизмов (дрожжей, молочнокислых и уксуснокислых бактерий), задержку белково-полифенольных комплексов, ответственных за коллоидную нестабильность, сохранение низкомолекулярных компонентов (спиртов, углеводов и ароматических соединений).

3. *Накопление продукта.* Фильтрат непрерывно отводится через поры мембран и собирается в ёмкости *14*. Ретентат (концентрат с задержанными частицами) возвращается в циркуляционный контур.

4. *Карбонизация и фасование пива.* Из ёмкости *14* фильтрата пиво насосом *15* направляется в карбонизатор, где корректируется уровень растворённой углекислоты до целевых значений (0,45 – 0,55 % масс. для большинства сортов). Затем пиво поступает в форфас *17*, из которого направляется на фасование в моноблок *18* для асептического розлива, укупоривания и этикетирования. Следует отметить, что оборудование мембранной обработки пива размещается в отдельном изолированном помещении с ограничением доступа постороннего персонала. Помещение оснащено циркуляционными кварцевыми стерилизаторами воздуха *19*, обеспечивающими непрерывную дезинфекцию воздушной среды, системой положительного давления для предотвращения проникновения нестерилизованного

воздуха, системой контроля микроклимата. Более того, путь от мембранной обработки до асептического фасования должен быть минимальным во избежание вторичного обсеменения пива. Данные меры исключают риск микробиологического загрязнения стерильного фильтрата и соответствуют требованиям стандартов ISO 22000 и HACCP.

Описанная линия мембранной микрофильтрации представляет собой современное промышленное решение для крупных пивзаводов, ориентированных на выпуск продукции премиум-сегмента с расширенным сроком годности. Ключевым элементом технологии является тангенциальная фильтрация на керамических мембранах с размерами пор 0,45 мкм, обеспечивающая стерилизующий эффект без термического воздействия.

В результате проведённых экспериментально-теоретических исследований установлено следующее. Керамические мембраны с размером пор 0,45 мкм обеспечивают полное удаление дрожжевых клеток и бактерий из пива, гарантируя микробиологическую стабильность продукта. Предварительная микрофильтрация на керамических мембранах с размером пор 1,2 – 7,0 мкм позволяет эффективно снижать мутность пива и концентрацию микроорганизмов, что существенно продлевает эксплуатационный ресурс мембранных элементов, применяемых на финишных стадиях обработки. Прогнозируемая коллоидная стойкость пива, осветлённого на керамических мембранах с размером пор 0,45 мкм, составляет 40 – 90 сут., что полностью соответствует требованиям к качеству. Рассмотрены аппаратурно-технологические схемы мембранной фильтрации, адаптированные к условиям предприятий различной мощности: для мини-пивоварен производительностью 50…500 дал/сут. это компактная многоступенчатая система с картриджными мембранными фильтрами и кизельгуровой предфильтрацией; для крупных пивзаводов производительностью 500…2000 гл/сут. это интегрированная система с центробежной сепарацией, кизельгуровой фильтрацией и тангенциальной микрофильтрацией на керамических мембранах с размером пор 0,45 мкм. Комбинация предварительной обработки (сепарация, кизельгуровая фильтрация) с мембранной микрофильтрацией создаёт надёжную, экономически эффективную и технологически гибкую систему, отвечающую самым строгим требованиям современного пивоварения.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации линий осветления и стабилизации пива на предприятиях различной производительности, а также при разработке нормативно-технической документации на производство пива с участием мембранных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов, С. Т. Интенсификация процессов переработки жидких пищевых сред мембранными методами [Текст] : монография / С. Т. Антипов, А. И. Ключников; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2017. – 304 с.

2. Стогний А. Н., Рябиков В. Е. Способы восстановления пива из донных осадков // Пиво и напитки. 2007. № 4. С. 20 – 22.

3. Кудряшов В. Л., Кислов А. С., Преснякова О. П. Комплексная линия переработки вторичного сырья пивзаводов на основе мембранных процессов // Пиво и напитки. 2008. № 2. С. 22 – 25.

4. Аксенов М. М., Дубровская О. В. Современные технологии рациональной переработки отходов пивоваренного производства // Пиво и напитки. 2019. № 3. С. 44 – 47.

5. Ключников, А. И. [и др.]. Адаптация процесса микрофильтрации к технологическим процессам фильтрования пива [Текст] А. И. Ключников, Д. А.

Казарцев, С. В. Жуковская, М. В. Бабаева, Д. В. Ключникова // Агропромышленные технологии Центральной России. – вып. 4 (№30). – 2023. – С. 20 – 30.

6. Андреева О. В., Шувалова Е. Г. Факторы, влияющие на фильтрацию кваса // Пиво и напитки. 2004. №4. С. 88 – 91.

7. Ключников А. И., Полянский К. К., Ключникова Д. В. Комплексная оценка показателей качества пива, получаемого микрофильтрацией с использованием керамических мембран // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2021. – Т. 21.– № 5. – С. 764 – 773.

8. Schmitz P., Houi D., Wandelt B. Hydrodynamic aspects of crossflow microfiltration. Analysis of particle deposition at the membrane surface // Journal of Membrane Science. 1992. V. 71. P. 29.

9. Gan Q., Howell J. A., Field R. W., England R., Bird M. R., O'Shaughnessy C. L., McKechinie M. T., Beer clarification by microfiltration – product quality control and fractionation of particles and macromolecules // Journal of Membrane Science. 2001. V. 194. P. 185.

10. Hunt J. W., Brouchaert C. J., Raal J. D., Treffry-Goatley K., Buckley C. A. The unsteady-state modeling of cross-flow microfiltration // Desalination. 1987. V. 64, P. 431.

REFERENCES

1. Antipov, S. T. Intensification of liquid food media processing processes using membrane methods [Text]: monograph / S. T. Antipov, A. I. Klyuchnikov; Voronezh. state University of Engineering Technology. – Voronezh: VSUIT, 2017. – 304 p.

2. Stogniy A. N., Ryabikov V. E. Methods for beer recovery from bottom sediments // Beer and drinks. 2007. No. 4. pp. 20 – 22.

3. Kudryashov V. L., Kislov A. S., Presnyakova O. P. Integrated line for processing secondary raw materials of breweries based on membrane processes // Beer and drinks. 2008. No. 2. pp. 22 – 25.

4. Aksenov M. M., Dubrovskaya O. V. Modern technologies for rational processing of brewing waste // Beer and Drinks. 2019. No. 3. pp. 44 – 47.

5. Klyuchnikov, A. I. [et al.]. Adaptation of the microfiltration process to beer filtration processes [Text] A. I. Klyuchnikov, D. A. Kazartsev, S. V. Zhukovskaya, M. V. Babaeva, D. V. Klyuchnikova // Agro-industrial technologies of Central Russia. – issue 4 (No. 30). – 2023. – pp. 20 – 30.

6. Andreeva O. V., Shuvalova E. G. Factors influencing kvass filtration // Beer and Drinks. 2004. No. 4. P. 88 – 91.

7. Klyuchnikov A.I., Polyansky K.K., Klyuchnikova D.V. Comprehensive assessment of beer quality indicators obtained by microfiltration using ceramic membranes // Sorption and chromatographic processes. – 2021. – Vol. 21. – No. 5. – P. 764 – 773.

8. Schmitz P., Houi D., Wandelt B. Hydrodynamic aspects of crossflow microfiltration. Analysis of particle deposition at the membrane surface // Journal of Membrane Science. 1992. V. 71. P. 29.

9. Gan Q., Howell J.A., Field R.W., England R., Bird M.R., O'Shaughnessy C.L., McKechinie M.T., Beer clarification by microfiltration – product quality control and fractionation of particles and macromolecules // Journal of Membrane Science. 2001. V. 194. P. 185.

10. Hunt J. W., Brouchaert C. J., Raal J. D., Treffry-Goatley K., Buckley C. A. The unsteady-state modeling of cross-flow microfiltration // Desalination. 1987. V. 64, R. 431.

Требования к оформлению материалов для журнала «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания»

1. Материалы представляются в двух видах: на электронном носителе и распеча танные на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (1 экз.) на лазерном принте ре. Они должны быть набраны в редакторе MS Word версия не ниже 12 (Office не выше 2020) и напечатаны через одинарный интервал по ширине страницы:

основной текст - Bookman Old Style 11 с полями: левое 21 мм, правое 21 мм, верхнее и нижнее 25 мм;
колонтитулы от края - верхний и нижний 1,6 см;
заголовки по центру - Bookman Old Style 11, жирный;
красная строка -1 см; перенос слов - автоматический.
С левой стороны с абзаца в начале статьи набираются:
УДК - Bookman Old Style 11;
По центру дается название статьи - Bookman Old Style 14, жирный, строчной (без переноса) (на русском и английском языках).

2. Должность И. О. Фамилия авторов - Bookman Old Style 11 (на русском и английском языках);
место работы, кафедра и контактный телефон (можно рабочий), Email авторов - Bookman Old Style 10.
аннотация - Bookman Old Style 9 (**объем 200-250 слов** на русском и английском языках);
ключевые слова – Bookman Old Style 9, до 10 слов (на русском и английском язы ках);
Объем для статьи – 4-8 с. Структурно статья должна иметь четко выраженное *введение*, в котором ставится задача (описывается решаемая проблема), *основную часть*, где излагаются используемые авторами пути решения поставленной задачи, приводятся и обсуждаются результаты, и *заключение*, в сжатой форме подводящее итог работы. Повторение одних и тех же данных в статье, таблице и графике не до пускается. Размерность всех характеристик приводится в системе СИ.

3. К каждой статье под заглавием дается реферат на русском и английском языках через 1 строку друг от друга. Название статьи, фамилия, имя, отчество приводятся полно стью на русском и английском языке.

4. Название статьи или краткого сообщения должно быть лаконичным и точно отра жать содержание.

5. Иллюстрации в формате jpeg или gif:
• должны быть расположены после ссылки на них в тексте;
•должны выполняться на компьютере с обозначением всех необходимых букв и сим волов в соответствии с ЕСКД и Р 50-77-80. Все буквенные и цифровые обозначения, приведенные на рисунках, поясняются в основном или подрисуночном тексте. Подри суночные подписи даются Bookman Old Style Cyr 10, на формат рисунка.
Графические объекты (диаграммы, графики) должны быть активными (т.е. подлежать редактированию стандартными средствами, например, MS Excel).

6. Формулы и буквенные обозначения:
•буквы латинского алфавита, используемые в индексах, набирают курсивом;
•буквы русского и греческого алфавита - прямым шрифтом; знак вектора - полу жирным;
•нумерация формул в тексте сквозная. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Формат формул (стандартный редактор):

• стиль – «математический»;

- размер символа

Sizes (Размеры)	
Full (Обычный)	11 – 10
Subscript/Superscript (Крупный индекс)	7
Sub subscript/Superscript (Мелкий индекс)	5
Symbol (Крупный символ)	12
Subsymbol (Мелкий символ)	9

7. Таблицы (слово печатается *курсивом*) по правому краю, должны быть с заголовками и обязательно располагаться после ссылки на них в тексте. Графы в таблицах должны иметь краткие заголовки. Упоминаемые в заголовках величины сопровождаются соответствующими единицами измерений.

8. Литература (слово печатается: Bookman Old Style 11, жирный, прописной) **на русском и на английском языке** включает источники, использованные автором при написании статьи, и должна содержать не более 10 наименований. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках: [1], помещаются в конце статьи и оформляются согласно ГОСТ 7.1-2003. В список не включается литература 10-летней давности.

Журнал принимает в печать научно-теоретические, -практические, производственные оригинальные статьи по тематикам рубрик:

1. Сельскохозяйственная продукция.
2. Аквакультура.
3. Производство пищевых продуктов.
4. Машиностроение.

Журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» выходит 4 раза в год.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами.

На отдельном листе авторы указывают ФИО полностью, адрес, ученую степень, должность, место работы, контактный телефон, E-mail, а также отмечают с кем вести переписку.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- выписка из протокола заседания кафедры с рекомендацией статьи к печати;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

С аспирантов плата не взимается.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА
«ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК-
ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ»

г. Воронеж, ул. Арсенальная, д. 3, оф. 226
тел. 8(961)187-65-88
platforma-apk@mail.ru
платформа-апк.рф

Arsenalnaya St., 3 of. 226, 394036, Voronezh, Russia
8(961)187-65-88
red.platforma@mail.ru
platforma-apk.com

TECHNOLOGY PLATFORM
«TECHNOLOGIES OF FOOD AND PROCESSING INDUSTRIES
OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX – HEALTHY FOOD»