

ISSN 2304-5682
ISSN online 2710-0839



2, 2026

**АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

Ғылыми журнал

**ВЕСТНИК
АЛМАТИНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**
Научный журнал

**THE JOURNAL
OF ALMATY TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY**
Scientific journal



ISSN 2304-5682
ISSN online 2710-0839

**АЛМАТЫ
ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

Басылым 2 (152)



**ALMATY
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY**

**ВЕСТНИК
АЛМАТИНСКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск 2 (152)

**THE JOURNAL
OF ALMATY
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY**

Issue 2 (152)



АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

1996 жылдан бастап шығарылады

№2 (152) 2026

Бұл журнал ҚР Ғылым және жоғарғы білім Министрлігінің білім және ғылым саласындағы бақылау Комитеті ұсынған техника ғылымдары бойынша ғылыми қызметтің негізгі нәтижелері жарияланатын басылымдар тізіміне енгізілді және импакт- факторы нөлден жоғары Қазақстанның дәйексөз алу бағасы бойынша (ҚазДҚ).

МЕНШІК ИЕСІ:

АҚ «Алматы технологиялық университеті»

РЕДАКТОРЛЫҚ АЛҚА:

Кулажанов Т.К. – Бас редактор, техника ғылымдарының докторы, Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Алматы технологиялық университетінің ректоры Алматы, Қазақстан
Мардар Марина – техника ғылымдарының докторы, Одесса ұлттық тамақ технологиялары академиясының профессоры, Одесса, Украина
Корженевск, Малгожата – Вроцлав қоршаған орта және тіршілік ғылымдары университетінің философия докторы, Вроцлав, Польша
Шухратжон Назаров – тәжік технологиялық университетінің доценті, Душанбе, Тәжікстан
Хейс Стивен Джордж – Манчестер университетінің профессоры, Манчестер, Ұлыбритания
Джованна Феррари – Салерно университетінің профессоры, Италия
Алия Занниера бинти Мохсин – Малайзияның Путра университетінің PhD докторы, Серданг, Малайзия
Набиева Ирода – Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институтының профессоры, Ташкент, Өзбекстан
Калаоглу, Фатма – Стамбул техникалық университетінің профессоры, Стамбул, Түркия
Аббазов Ильхом – техника ғылымдарының кандидаты, Джизак политехникалық институтының доценті, Джизак, Өзбекстан
Акбаров Рустам – Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институтының профессоры, Ташкент, Өзбекстан
Ізтаев Әуелбек – техника ғылымдарының докторы, Ұлттық Ғылым академиясының академигі, тамақ технологиялары АТУ Ғылыми-зерттеу институтының директоры, Алматы, Қазақстан
Чоманов Уришбай – техника ғылымдарының докторы, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының академигі, қазақ тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институтының зертхана меңгерушісі, Алматы, Қазақстан
Меньков Николай – техника ғылымдарының докторы, Пловдив тағамдық технологиялар университетінің профессоры, Пловдив, Болгария;
Инга Чипровица – техника ғылымдарының докторы, Латвия жаратылыстану ғылымдары және технологиялар университетінің профессоры, Елгава, Латвия

Тоты Онгар – PhD докторы, Дрезден технологиялық университетінің аға оқытушысы, Дрезден, Германия
Ташпулатов Салих – техника ғылымдарының докторы, профессор, Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институтының халықаралық байланыстар жөніндегі проректоры, Ташкент, Өзбекстан

РЕДАКЦИЯ ӨКІЛДЕРІ:

Жанаева Алтынай – ғылыми жұмысты ұйымдастыру бөлімінің бастығы, жауапты редактор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
Андреева Валентина – жауапты хатшы ғылыми жұмысты ұйымдастыру бөлімінің жетекші маманы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

Шығарылымға жауапты – Ж.М. Тусупова
Компьютерлік беттеуші – Ұ.А. Абдукарим

Алматы технологиялық университетінің Ғылыми – техникалық кеңесі шешімімен басылымға шығарылады.

Жылына 4 рет шығарылады

Журнал байланыс және ақпарат Министрлігінің ақпарат және мұрағат Комитетінде тіркелген.

Тіркелу туралы куәлік:

№13928-Ж 08.10.2013ж.

Басылымның тілдері: қазақ, орыс, ағылшын

Негізгі тақырыптық бағыты: тамақ және қайта өңдеу, жеңіл (тоқыма) өнеркәсібі бағыттары бойынша техника мен технология саласындағы өзекті мәселелерді жариялау

Жазылу индексі: 75907

Редакцияның мекен-жайы:

050012, Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100
Тел.: 8(727) 2935319 (ішкі 145,208)
Факс: 8(727)2924758
E-mail: vestnik@atu.edu.kz
Сайт адресі: <http://www.vestnik-atu.kz>

Баспа мекен-жайы:

050012, Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100
Тел.: 8(727)2935287, 2935289
Факс: 8(727)2935292
E-mail: rector@atu.kz
Журнал ашық түрде АТУ сайтында пайдалануға берілді
<http://www.vestnik-atu.kz>

© Алматы технологиялық университеті, 2026



**ВЕСТНИК
АЛМАТИНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Издается с 1996 г.

№2 (152) 2026

Журнал включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МНиВО РК для публикации основных результатов научной деятельности по техническим наукам и имеет ненулевой импакт-фактор по Казахстанской базе цитирования (КазБЦ).

СОБСТВЕННИК:

АО «Алматинский технологический университет»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Кулажанов Т.К. – д.т.н., академик НАН РК, ректор Алматинского технологического университета, главный редактор, Алматы, Казахстан

Марина Мардар – д.т.н., профессор Одесской национальной академии пищевых технологий, Одесса, Украина

Корженевская Маргарет – PhD Вроцлавского университета наук об окружающей среде и жизни, Вроцлав, Польша

Шухратджон Назаров – доцент Технологического университета Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

Хейс Стивен Джордж – профессор Манчестерского университета, Манчестер, Великобритания

Джованна Феррари - профессор Университета Салерно, Салерно, Италия

Алия Заннира бинти Мохсин – PhD Университет Путра Малайзии, Серданг, Малайзия

Набиева Ирода – профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан

Калаоглы Фатма – профессор Стамбульского технического университета, Стамбул, Турция

Аббазов Ильхом – PhD, доцент Джизакского политехнического института, Джизак, Узбекистан

Акбаров Рустам - профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан

Издаев Ауелбек Издаевич – д.т.н., академик НАН РК, директор НИИ пищевых технологий АТУ, Алматы, Казахстан

Чоманов Уришбай Чоманович – д.т.н., академик НАН РК, зав. лаб. Казахского научно-исследовательского института пищевой и перерабатывающей промышленности, Алматы, Казахстан

Менков Николай Димитров – д.т.н., профессор Университета пищевых технологий –Пловдив, Болгария

Ципровича Инга – PhD, профессор Латвийского университета естественных наук и технологий, Рига, Латвия

Онгар Тоты – PhD, сениор-лектор Дрезденского технического университета, Дрезден, Германия

Ташпулатов Салих Шукурович – д.т.н., профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, проректор по международным связям Ташкент, Узбекистан

ПРЕДСТАВИТЕЛИ РЕДАКЦИИ:

Жанаева Алтынай Бактыкерейқызы – начальник отдела организации научной работы Алматинского технологического университета, ответственный редактор, Алматы, Казахстан

Андреева Валентина Ивановна – ведущий специалист отдела организации научной работы Алматинского технологического университета, ответственный секретарь, Алматы, Казахстан

Ответственный за выпуск – Ж.М. Тусупова
Компьютерная верстка – У.А. Абдукарим

Печатается по решению Научно-технического совета Алматинского технологического университета.

Выходит 4 раза в год

Журнал зарегистрирован в Комитете информации и архивов Министерства связи и информации Республики Казахстан.

Свидетельство о регистрации:
№13928-Ж от 08.10.2013г.

Языки публикации: казахский, русский, английский

Основная тематическая направленность: освещение актуальных проблем в области техники и технологии по направлениям пищевой и перерабатывающей, легкой (текстильной) промышленности

Подписной индекс: 75907

Адрес редакции:

050012, г.Алматы, ул.Толе би, 100
Тел.: 8(727) 2935319 (вн.145,208)
Факс: 8(727)2924758
E-mail: vestnik@atu.edu.kz
Адрес сайта: <http://www.vestnik-atu.kz>

Адрес издателя:

050012, г.Алматы, ул.Толе би, 100
Тел.: 8(727)2935287, 2935289
Факс: 8(727)2935292
E-mail: rector@atu.kz

Журнал представлен в открытом доступе на сайте:
<http://www.vestnik-atu.kz>

© Алматинский технологический университет, 2026



THE JOURNAL OF ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Published since 1996

№2 (152) 2026

The Journal is included in the List of publications recommended by the Committee for Control of Education and Science, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for publication of the main results of scientific activities in the Technical Sciences and has a non-zero impact factor according to the Kazakhstan base of citation.

THE OWNER:

«Almaty Technological University» JSC

EDITORIAL BOARD:

Kulazhanov T. – Editor-in-Chief, Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences, Rector of Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

Mardar Maryna – Doctor of Technical Sciences, Professor of Odesa National Academy of Food Technologies, Odesa, Ukraine

Korzeniowska, Małgorzata – Ph.D. of Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland

Shuhratjon Nazarov – Associate Professor of the Technological University of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

Hayes, Steven George – Professor of the University of Manchester, Manchester, United Kingdom

Giovanna Ferrari - Professor at the University of Salerno, Italy

Aliah Zannierah binti Mohsin – PhD of Putra University of Malaysia, Serdang, Malaysia

Nabieva, Iroda – Professor of Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

Kalaoglu, Fatma – Professor of Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

Abbazov Ilkhom – Ph.D., Associate Professor of the Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan

Akbarov Rustam - Professor of Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

Iztayev Auelbek – Doctor of Technical Science, Academician of the National Academy of Sciences, Director of the Research Institute of Food Technologies ATU, Almaty, Kazakhstan

Chomanov Urishbay – Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of the Laboratory of the Kazakh Scientific Research Institute of Food and Processing Industry, Almaty, Kazakhstan

Menkov Nikolay D. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the University of Food Technologies Plovdiv, Bulgaria

Inga Ciprova – Dr. Sc. Ing, Professor of Latvia University of Life Sciences and Technologies, Riga, Latvia

Toty Ongar – PhD, senior lecturer of Dresden University of Technology, Dresden, Germany

Tashpulatov Salikh – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for International Relations of Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan;

REPRESENTATIVES OF THE EDITORIAL:

Zhanayeva Altyнай – Executive Editor, Head of the Department of Scientific work organization, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;

Andreyeva Valentina Executive Secretary, leading specialist of the Department of Scientific work organization, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan.

Responsible for issue – Zh.M. Tusupova

Computer Imposition – U.A. Abdukarim

Printed according to the Resolution of the Scientific and Technical Council of Almaty Technological University

Publication frequency: 4 issues per year

The Journal's ID is registered by the Information and Archives Committee of the Ministry of Communication and Information of the Republic of Kazakhstan

Registration certificate:

№13928-Ж from October 08, 2013

Publication languages: Kazakh, Russian, English

The Scope of the Journal: coverage of topical problems of engineering and technology in the areas of food and processing, light (textile) industries

Subscription index: 75907

Editorial address:

050012, Almaty city, 100, Tole bi str.

Tel.: 8(727) 2935319 (ext. 145,208)

Fax: 8(727)2924758

E-mail: vestnik@atu.kz

Web-site:<http://www.vestnik-atu.kz>

Address of the Publisher:

050012, Almaty city, 100, Tole bi str.

Tel.: 8(727)2935287, 2935289

Fax: 8(727)2935292

E-mail: rector@atu.edu.kz

The Journal is available on-line:

<http://www.vestnik-atu.kz>

© Almaty Technological University, 2026

ТАҒАМ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚҰНДЫЛЫҒЫН АРТТЫРУҒА БАҒЫТТАЛҒАН ИТМҰРЫН ТҮРЛЕРІНЕН АЛЫНҒАН ЭКСТРАКТИЛЕРДІҢ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ

¹Г. МӘЖИТ* , ¹Н.С. МАШАНОВА , ¹Б. КАЛЕМШАРИВ ,
¹Л.Г. КУДРЕНОВА , ²Б.Қ. ОСПАНОВА 

(¹«С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғылы 62.

²«Alikhan Bokeikhan University» ББМ, Қазақстан, 071411, Семей қ., Мәңгілік Ел 11)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: mazitgulmira1@gmail.com*

Бұл мақалада тағам өнімдерінің функционалдық және биологиялық құндылығын арттыру мақсатында итмұрын (*Rosa spp.*) өсімдігінің үш түрінен – *Rosa acicularis*, *Rosa davurica*, және *Rosa rugosa* алынған экстрактілердің сапалық және сандық құрамына салыстырмалы түрде бағалау жүргізілген. Зерттеудің негізгі мақсаты – түрлі итмұрын түрлерінен алынған табиғи экстрактілердің құрамындағы биологиялық белсенді заттарды анықтап, олардың тағамдық құндылығын айқындау және функционалдық тағам өнімдерінде қолдану мүмкіндігін негіздеу болып табылады. Зерттеу барысында экстрактілердің физико-химиялық көрсеткіштері (рН, тығыздық, ерігіштік, құрғақ зат мөлшері), дәрумендер (әсіресе С дәрумені), минералдық элементтер (темір, калий, кальций және т.б.), көмірсулар (глюкоза, фруктоза, сахароза) және органикалық қышқылдар (лимон, алма, шарап қышқылдары) мөлшері анықталды. Экстракция екі түрлі әдіс арқылы – мацерация және ультрадыбыстық өңдеу – жүзеге асырылды, бұл әдістердің тиімділігі де салыстырмалы түрде талданды. Нәтижесінде барлық үш түрден алынған экстрактер биологиялық белсенді заттардың жоғары концентрациясымен ерекшеленіп, олардың табиғи антиоксидант, иммуномодулятор және адаптогендік қасиеттерге ие екендігі анықталды. Салыстырмалы талдау нәтижелері бойынша, *Rosa acicularis* түрінен алынған экстракт С дәруменінің, көмірсулардың және темірдің жоғары мөлшерімен ерекшеленіп, тағамдық мақсатта қолдануға ең тиімді нұсқа ретінде танылды. Аталған экстракт функционалдық тағамдар, профилактикалық өнімдер, сондай-ақ биологиялық белсенді қоспалар (ББК) құрамында қолдануға ғылыми негізделген табиғи ингредиент ретінде ұсынылады. Бұл зерттеу нәтижелері тағам өнеркәсібінде отандық өсімдік шикізатын пайдаланудың тиімділігін арттыруға, сондай-ақ халықтың салауатты тамақтануын қамтамасыз етуге бағытталған инновациялық шешімдерге жол ашады.

Негізгі сөздер: итмұрын экстрактісі, *Rosa spp.*, С дәрумені, органикалық қышқылдар, мацерация, ультрадыбыстық экстракция, биологиялық белсенді заттар, тағам өнімдерінің құндылығы.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА ЭКСТРАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ШИПОВНИКА, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДУКТОВ

¹Г. МАЖИТ*, Н.С. МАШАНОВА, ¹Б. КАЛЕМШАРИВ,
¹Л.Г. КУДРЕНОВА, ²Б.К. ОСПАНОВА

(¹НАО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Победа 62.

² УО «Alikhan Bokeikhan University», Казахстан, 071411, г.Семей, ул. Мангелик Ел 11)

Электронная почта автора-корреспондента: mazitgulmira1@gmail.com*

В данной статье представлена сравнительная оценка качественного и количественного состава экстрактов, полученных из трёх видов шиповника (*Rosa spp.*) — *Rosa acicularis*, *Rosa davurica* и *Rosa rugosa*, с целью повышения функциональной и биологической ценности пищевых продуктов. Основной целью исследования является выявление биологически активных веществ в натуральных экстрактах различных видов шиповника, определение их пищевой ценности и обоснование возможности использования в составе

функциональных пищевых продуктов. В ходе исследования были определены физико-химические показатели экстрактов (рН, плотность, растворимость, содержание сухих веществ), содержание витаминов (особенно витамина С), минеральных элементов (железо, калий, кальций и др.), углеводов (глюкоза, фруктоза, сахароза) и органических кислот (лимонная, яблочная, винная кислоты). Экстракция проводилась двумя методами — мацерацией и ультразвуковой обработкой, эффективность которых также была сравнительно проанализирована. Результаты показали, что все три вида экстрактов обладают высокой концентрацией биологически активных веществ и характеризуются природными антиоксидантными, иммуномодулирующими и адаптогенными свойствами. По результатам сравнительного анализа экстракт из *Rosa acicularis* выделяется высоким содержанием витамина С, углеводов и железа, что делает его наиболее подходящим вариантом для пищевого использования. Указанный экстракт рекомендуется в качестве научно обоснованного природного ингредиента для применения в составе функциональных продуктов питания, профилактических средств, а также биологически активных добавок (БАД). Полученные результаты открывают перспективы для повышения эффективности использования отечественного растительного сырья в пищевой промышленности и способствуют разработке инновационных решений, направленных на обеспечение здорового питания населения.

Ключевые слова: экстракт шиповника, *Rosa spp.*, витамин С, органические кислоты, мацерация, ультразвуковая экстракция, биологически активные вещества, пищевая ценность.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE COMPOSITION OF ROSEHIP EXTRACTS AIMED AT ENHANCING THE NUTRITIONAL VALUE OF FOOD PRODUCTS

¹G. MAZHIT*, ¹N.S. MASHANOVA, ¹B. KALEMSHARIV, ¹L.G. KUDRENOVA, ²B.K. OSPANOVA

(¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, NJSC, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, Zhenis Avenue 62,

²BBM “Alikhan Bokeikhan University”, Republic of Kazakhstan, 071411, Semey, Mangilik EI 11)

Corresponding author's e-mail: mazitgulmira1@gmail.com*

*This article presents a comparative assessment of the qualitative and quantitative composition of extracts obtained from three species of rosehip (*Rosa spp.*) — *Rosa acicularis*, *Rosa davurica*, and *Rosa rugosa* — aimed at enhancing the functional and biological value of food products. The main objective of the study is to identify biologically active compounds in natural extracts of various rosehip species, determine their nutritional value, and substantiate the feasibility of their use in functional food formulations. During the study, physicochemical parameters of the extracts were determined (pH, density, solubility, total solids), as well as the content of vitamins (particularly vitamin C), mineral elements (iron, potassium, calcium, etc.), carbohydrates (glucose, fructose, sucrose), and organic acids (citric, malic, and tartaric acids). Extraction was carried out using two methods — maceration and ultrasonic treatment — and their efficiency was also comparatively analyzed. The results demonstrated that all three types of extracts are rich in biologically active compounds and possess natural antioxidant, immunomodulatory, and adaptogenic properties. According to the comparative analysis, the extract derived from *Rosa acicularis* showed the highest levels of vitamin C, carbohydrates, and iron, making it the most suitable option for food applications. This extract is recommended as a scientifically substantiated natural ingredient for use in functional food products, preventive formulations, and biologically active supplements (BAS). The findings of the study offer promising opportunities for increasing the efficiency of utilizing domestic plant raw materials in the food industry and contribute to the development of innovative solutions aimed at promoting healthy nutrition among the population.*

Keywords: rosehip extract, *Rosa spp.*, vitamin C, organic acids, maceration, ultrasonic extraction, biologically active compounds, food value.

Kіpіcne

Функционалдық мақсаттағы азық-түлік өнімдері дені сау халықтың барлық жас топтарының рацион құрамында жүйелі түрде тұтынуына арналған. Осы өнімдерді мақсатты жүйелі пайдалану алиментарлық аурулардың даму қаупін азайтады және байытылған тамақ

өнімдерінің құрамында қандай да бір функционалдық ингредиентінің тәуліктік физиологиялық қажеттілігінің кемінде 15%-ы болуы тиіс. Функционалды, профилактикалық және емдік бағыттағы сүтқышқылды, ақуызды, кондитерлік және т.б өнімдердің рецептурасын әзірлеу кезінде негізінен өсімдік тектес шикізат

ақуыз және минералды заттардың, дәрумендердің, өсімдік майларының, сондай-ақ сіңімді және сіңірілмейтін көмірсулардың көзі ретінде қолданылады. Функционалдық өнімдердің рецептурасында қолдану тұрғысынан ерекше қызығушылық тудырып отырған өсімдік бұл жабайы және мәдени түрде өсетін итмұрынының (*Rosa majalis*) әр түрлі сорттарының жемістері. Итмұрынның жемістері жоғары физиологиялық және антиоксидантты белсенділігі бар. Итмұрын жемістері С, Е, К, В тобы дәрумендеріне, фенолдық қосылыстарға, флавоноидтарға, органикалық қышқылдарға және минералды заттарға бай. Бұл компоненттер адам денсаулығын нығайтуға, иммунитетті күшейтуге, қартаю үдерістерін баяулатуға ықпал етеді [1, 2]. Итмұрын экстрактілері функционалды тағамдар өндірісінде кеңінен қолданылып, өнімдердің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, итмұрынның әртүрлі түрлері мен өсіп-жетілу жағдайларына байланысты олардың химиялық құрамы мен пайдалы қасиеттері әртүрлі болуы мүмкін. Осыған орай, әртүрлі итмұрын түрлерінен алынған экстрактілердің құрамын салыстыра отырып бағалау — тағам өнімдеріне тиімді әрі сапалы функционалды қоспаларды таңдауда маңызды қадам болып табылады. Соңғы жаңалықтарға негізделген ғылыми дәлелдерге сүйене шолу жасасақ итмұрын негізінен диетаға шұғыл енгізуге лайық және жаңа "функционалды тағам" жасауға өте қолайлы фиторесурс болып табылады. Алайда ғылыми-техникалық әдебиеттерде ақуыз, талшық, С дәрумендері, β-каротин және басқада пайдалы қоспалар қосылған өнімдердің антиоксиданттық қасиеттерімен байыту мақсатында жеміс-көкөніс (концентрацияланған шырындар, пасталар), өсімдік және дәрілік-техникалық шикізатты бірлесіп пайдалануға негізделген тәсілдер жоқ. Осыған байланысты, функционалдық мақсаттағы өнімдерді өндірудің сапасы мен экономикалық тиімділігіне әсер ететін шикізат компоненттерінің технологиялық, функционалдық, тұтынушылық ерекшеліктерін зерттеу өзекті болып табылады [3, 4]. Бұл мақалада итмұрынның бірнеше түрінен алынған экстрактілердің химиялық құрамын салыстырмалы талдау арқылы олардың тағамдық құндылыққа ықпал ету әлеуеті қарастырылады. Зерттеу нәтижелері тағам өнеркәсібінде қолдануға ұсынылатын перспективті шикізат көздерін анықтауға бағытталған.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысының мақсаты — тағам өнімдерінің функционалдық және биологиялық құндылығын арттыру мақсатында итмұрын (*Rosa* spp.) фиторесурсының әртүрлі түрлерінен алынған экстрактілердің сапалық және сандық құрамын зерттеу арқылы олардың химиялық құрамы мен биологиялық белсенділік көрсеткіштерін кешенді түрде бағалау.

Зерттеу нысаны: тікенді итмұрын (лат. *Rosa acicularis*), даур итмұрыны (лат. *Rosa davurica*), әжімді итмұрын (лат. *Rosa rugosa*). Зерттеу жұмысы Алматы технологиялық университетінің азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау жөніндегі ғылыми-зерттеу зертханасында жүргізілді.

Зерттеу жұмысына Солтүстік Қазақстан, Тәжікстан және Өзбекстан аймақтарынан жиналған әртүрлі итмұрын түрлерінің жемістері пайдаланылды. Атап айтқанда тікенді итмұрын (*Rosa acicularis*) — Солтүстік Қазақстан облысында тамыз айының соңында — қыркүйек айының басында жиналды. Бұл кезеңде өсімдіктің жемістері толық піскен күйге жетіп, биологиялық белсенді заттардың концентрациясы ең жоғары деңгейге жетеді. Даур итмұрыны (*Rosa davurica*) — Тәжікстан аумағында қыркүйек айының екінші жартысында жиналды. Таулы климаттық жағдайларда бұл түрдің вегетациялық кезеңі ұзарып, жемістер қыркүйек айының ортасына қарай толық піседі [5, 6]. Әжімді итмұрын (*Rosa rugosa*) — Өзбекстанда қазан айының басында жиналды. Бұл аймақтағы жылы климаттық жағдайлар жемістің кеш пісуіне ықпал етеді, сондықтан жиналу уақыты басқа аймақтарға қарағанда сәл кейінірек орын алды. Жемістер таңертеңгі уақытта, күн ысымаған мезгілде, тек қана толық піскен үлгілерден іріктеліп алынды.

Жоғарыда аталған аймақтардан белгілі мерзімдерде жиналған итмұрын жемістері экстракция жүргізу үшін алдын ала дайындалып, олардан спирттік экстрактылар алынды. Итмұрын экстрактісін алуда мацериация мен ультрадыбыстық экстракция әдістері қолданылды. Мацериация әдісінің мәні — ұсақталған шикізат алдын-ала есептелген экстрагент мөлшерімен арнайы мацериация ыдысына салынып, мерзімді түрде араластырылып, бөлме температурасында тұрады. Ультрадыбыстық экстракция әдістің мәні — экстракция үдерісінде өсімдік шикізатына ультрадыбыстық толқындардың әсерінен диффузияны күшейтеу болып табылады [7-9].

Экстракцияға дейін итмұрын жемістері ағын сумен жуылып, механикалық қоспалардан тазартылды. Тазартылған жемістер бөлме температурасында 10–12 сағат бойы көлеңкелі жерде кептірілді. Кептірілген шикізат 0,25–0,5 мм фракциясына дейін ұсақталып, әрі қарай мацерация және ультрадыбыстық экстракция әдістеріне жіберілді. Экстрагент ретінде 70%-дық этил спирті (C₂H₅OH) қолданылып, 1:1 қатынастағы қоспа ультрадыбыстық ваннада 70°C температурада, 35 кГц жиілікте және 90 Вт қуатта 2 сағат бойы тұндырылды. Алынған сығынды кеуек мөлшері 8–12 мкм болатын қағаз сүзгі арқылы сүзілді. Сүзінді айналмалы

вакуумдық буландырғышта (қысым 175 Па, айналу жылдамдығы 99 айн/мин, су моншасы – 40°C) этанолдан айдалып, концентрлі экстракт түрінде алынды. Соңғы өнім – итмұрын сығындысы тікелей күн сәулесі түспейтін, құрғақ, қара шынылы ыдыста 12 айға дейін сақталды [5,8].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Жүргізілген зерттеу барысында дайын итмұрын экстрактілерінің сапалық және сандық құрамын сипаттайтын бірқатар көрсеткіштер анықталды (1 кесте, 2 кесте, 3 кесте).

Кесте 1. Тікенді итмұрын (*Rosa acicularis*) экстрактісінің сапалық және сандық құрамы

Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірлігі	Нақты нәтижелер	Зерттеу әдістері
Физико-химиялық көрсеткіштер: - Майда еритін антиоксидант, мг/дм ³ - Суда еритін антиоксидант, мг/дм ³ - β-каротин мөлшері, мг/100 г	1,58±0,012 3,22±0,023 0,238±0,005	МемСТ Р 54058-2010
Көмірсулар құрамы, г/100 г - Глюкоза - Сахароза - Фруктоза - Мальтоза	29,79 Анықталмады Анықталмады Анықталмады	МемСТ 31669-2012
Дәрумендер: - С дәрумені, мг/100 г	342,95±2,38	МемСТ 24556-89
Минералдық элементтер, мг/100 г: - Темір - Мырыш - Магний	20,38±0,05 2,13±0,02 18,91±0,02	МемСТ 32343-2013 МемСТ 32343-2013 МемСТ 32343-2013
Улы элементтер, мг/кг: - Қорғасын - Кадмий - Мышьяк - Сынап	Анықталмады Анықталмады Анықталмады Анықталмады	МемСТ 30178-96
Органикалық қышқылдар және фосфат ионы, мг/л: Қымыздық қышқылы (щавелевая) Құмырсқа қышқылы Шарап қышқылы Лимон қышқылы Янтарь қышқылы Сүт қышқылы Фосфат ионы	345 ± 69 885 ± 177 390 ± 78 3600 ± 720 6150 ± 1230 780 ± 156 180 ± 36	МемСТ Р 56373-2015

Тікенді итмұрын (*Rosa acicularis*) экстрактісі биологиялық белсенді заттарға бай, табиғи антиоксидант көзі ретінде ерекшеленеді. Экстракт құрамында майда және суда еритін антиоксиданттардың болуы, β-каротиннің және С дәруменінің айтарлықтай мөлшері оның антиоксиданттық және иммуномодуляторлық қасиеттерін айқындайды. Бұл заттар жасушалық деңгейде тотығу процесін баяулатып, ағзаны бос радикалдардан қорғай алады [10-12]. Көмірсу құрамы энергетикалық құндылықты қамтамасыз етеді, ал минералдық элементтер – темір, мырыш және магний – қан тұзу, ферменттік белсенділік пен жүйке жүйесінің қызметін қалыпты деңгейде

ұстап тұруда маңызды рөл атқарады. Органикалық қышқылдардың болуы экстрактінің метаболизмді реттеудегі маңызын арттырады, сонымен қатар өнімнің органолептикалық қасиеттерін жақсартады. Улы элементтердің табылмауы экстрактінің экологиялық қауіпсіздігін және тұтынуға жарамдылығын көрсетеді. Тікенді итмұрыннан алынған экстракт жоғары тағамдық және физиологиялық белсенділікке ие табиғи өнім ретінде сипатталып, оны функционалдық тағамдарда, диеталық қоспаларда және фармацевтикалық мақсаттарда қолдануға ғылыми негіз береді.

Кесте 2. Даур итмұрыны (*Rosa davurica*) экстрактісінің сапалық және сандық құрамы

Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірлігі	Нақты нәтижелер	Зерттеу әдістері
Физико-химиялық көрсеткіштер: - Майда еритін антиоксидант, мг/дм ³ - Суда еритін антиоксидант, мг/дм ³ - β-каротин мөлшері, мг/100 г	1,74±0,015 3,66±0,029 0,366±0,007	МемСТ Р 54058-2010
Көмірсулар құрамы, г/100 г - Глюкоза - Сахароза - Фруктоза - Мальтоза	6,65 Анықталмады 5,27 12,46	МемСТ 31669-2012
Дәрумендер: - С дәрумені, мг/100 г	228,13±2,05	МемСТ 24556-89
Минералдық элементтер, мг/100 г: - Темір - Мырыш - Магний	18,91±0,06 2,05±0,03 23,47±0,02	МемСТ 32343-2013 МемСТ 32343-2013 МемСТ 32343-2013
Улы элементтер, мг/кг: - Қорғасын - Кадмий - Мышьяк - Сынап	Анықталмады Анықталмады Анықталмады Анықталмады	МемСТ 30178-96
Органикалық қышқылдар және фосфат ионы, мг/л: Қымыздық қышқылы (щавелевая) Құмырсқа қышқылы Шарап қышқылы Лимон қышқылы Янтарь қышқылы Сүт қышқылы Фосфат ионы	315 ± 63 720± 144 675 ± 135 2700 ± 540 6750 ± 1350 780 ± 156 117 ± 23,4	МемСТ Р 56373-2015

Даур итмұрыны (*Rosa davurica*) экстрактісі антиоксиданттарға, дәрумендерге, көмірсулар мен минералдық элементтерге бай табиғи өнім ретінде ерекшеленеді. Құрамындағы майда және суда еритін антиоксиданттар мен β-каротин ағзаны тотығу стрессінен қорғайды, ал С дәрумені иммундық жүйені қолдайды. Глюкоза, фруктоза және мальтоза секілді көмірсулар энергия көзі ретінде маңызды рөл атқарады. Темір, мырыш және магний сияқты

микроэлементтер зат алмасу мен жүйке жүйесіне оң әсер етеді. Органикалық қышқылдардың көптүрлілігі экстрактінің дәмдік және тұрақтандырушы қасиеттерін арттырады. Улы элементтердің болмауы өнімнің экологиялық қауіпсіздігін растайды [13,14]. Жалпы алғанда, бұл экстракт – функционалдық тағамдар мен профилактикалық құралдар жасауға лайықты құнды табиғи ресурс.

Кесте 3. Әжімді итмұрын (*Rosa rugosa*) экстрактісінің сапалық және сандық құрамы

Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірлігі	Нақты нәтижелер	Зерттеу әдістері
Физико-химиялық көрсеткіштер: - Майда еритін антиоксидант, мг/дм ³ - Суда еритін антиоксидант, мг/дм ³ - β-каротин мөлшері, мг/100 г	1,83±0,021 3,35±0,020 0,294±0,005	МемСТ Р 54058-2010
Көмірсулар құрамы, г/100 г - Глюкоза - Сахароза - Фруктоза - Мальтоза	1,32 Анықталмады 3,61 10,79	МемСТ 31669-2012
Дәрумендер: - С дәрумені, мг/100 г	198,57±1,58	МемСТ 24556-89
Минералдық элементтер, мг/100 г: - Темір - Мырыш - Магний	17,63±0,07 2,24±0,02 20,12±0,03	МемСТ 32343-2013 МемСТ 32343-2013 МемСТ 32343-2013
Улы элементтер, мг/кг: - Қорғасын - Кадмий - Мышьяк - Сынап	Анықталмады Анықталмады Анықталмады Анықталмады	МемСТ 30178-96
Органикалық қышқылдар және фосфат ионы, мг/л: Қымыздық қышқылы (щавелевая) Құмырсқа қышқылы Шарап қышқылы Лимон қышқылы Янтарь қышқылы Сүт қышқылы Фосфат ионы	270 ± 54 720 ± 144 435 ± 87 2100 ± 420 9000 ± 1800 810 ± 162 108 ± 21,6	МемСТ Р 56373-2015

Әжімді итмұрын (*Rosa rugosa*) экстрактісі жоғары антиоксиданттық белсенділігімен және физиологиялық тұрғыда белсенді заттардың теңгерімді құрамымен сипатталады. Құрамындағы антиоксиданттар, β-каротин және С дәрумені экстрактіні ағзаны тотығу стрессінен қорғауға және иммундық жүйені

қолдауға қабілетті табиғи өнім ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Төмен көмірсу мөлшері оны диеталық мақсатта қолдануға жарамды етсе, минералдық құрам (темір, магний, мырыш) зат алмасу мен жүйке жүйесінің қызметіне жағымды әсер етеді. Органикалық қышқылдардың алуан түрлілігі

дәмдік және тұрақтандырушы қасиеттерін арттырады. Улы элементтердің болмауы өнімнің экологиялық қауіпсіздігін дәлелдейді [15,16]. Осылайша, бұл экстракт тағамдық, профилактикалық және фармакологиялық бағыттарда қолдануға әлеуетті.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері итмұрын (*Rosa spp.*) фиторесурсының үш түрінен — тікенді итмұрын (*Rosa acicularis*), даур итмұрыны (*Rosa davurica*) және әжімді итмұрын (*Rosa rugosa*) — алынған экстрактілердің химиялық және биологиялық құрамы жағынан елеулі айырмашылықтарға ие екенін көрсетті. Барлық үлгілер антиоксиданттық белсенді заттардың, дәрумендердің, органикалық қышқылдар мен минералдық элементтердің көзі ретінде бағалы болып табылды. Сонымен қатар, экстрактілер құрамынан улы элементтердің анықталмауы олардың экологиялық қауіпсіздігін дәлелдеді. Салыстырмалы талдау нәтижесінде тікенді итмұрын экстрактісі құрамындағы С дәруменінің жоғары мөлшерімен, энергетикалық құндылығы жоғары көмірсу құрамымен және темір мен магнийдің теңгерімді концентрациясымен ерекшеленді. Бұл көрсеткіштер оны функционалдық және профилактикалық бағыттағы тағам өнімдерін байыту үшін ең тиімді өсімдік тектес экстракт ретінде таңдауға негіз болды. Зерттеу жұмысының мақсатына сай, итмұрын фиторесурсының экстрактілерін кешенді бағалау нәтижесінде тағам өнімдерінің биологиялық белсенділігін арттыру мақсатында тікенді итмұрыннан алынған экстракті қолдану ғылыми тұрғыда негізделіп ұсынылады. Бұл экстракт табиғи антиоксиданттық, иммуномодуляторлық және метаболизмге оң әсер етуші қасиеттерімен ерекшеленетін, экологиялық таза әрі функционалды компонент ретінде практикалық маңызы жоғары өнім болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Использование продуктов переработки дикорастущих плодов в производстве кондитерских изделий / Г.Н. Дубцова [и др.] // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: мат-лы XX Между нар. науч.-практ. конф., Барнаул, 14–15 марта 2019 г. Барнаул: Алтайский гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, 2019.— С. 123–127.
2. Типсина Н.Н., Присухина Н.В. Пищевые волокна в кондитерском производстве // Вестник КрасГАУ.— 2009. № 9 (36).— С. 166–171.
3. Петрова С.Н., Ивкова А.В. Химический состав и антиоксидантные свойства видов рода *Rosa*

L. // Химия растительного сырья. — 2014. — № 2. — С. 13–19.

4. Хасанова С.Р., Плеханова Т.И., Гашимова Д.Т. и др. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов. [Электронный ресурс] URL:<http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/01-33.pdf>.

5. Келдибекова Д.А. Перспективы использования биологически активного комплекса шиповника в технологии функционального сывороточного напитка [Электронный ресурс]. URL: [file:///C:/Users/Пользователь/Downloads/perspektivy-ispolzovaniya-biologicheskii-aktivnogo-kompleksa-shipovnika-v-tehnologii-funktsionalnogo-syvorotochnogo-napitka%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Пользователь/Downloads/perspektivy-ispolzovaniya-biologicheskii-aktivnogo-kompleksa-shipovnika-v-tehnologii-funktsionalnogo-syvorotochnogo-napitka%20(1).pdf).

6. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова, В.В. Арасимовича, Н.П. Яроша. Л.: Агропромиздат, 2010- 430 с.

7. Brainina Kh.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation // Talanta. 2007. V. 71. — № 1. — P. 13–18.

8. Магомедов, Г.О. Полуфабрикаты из шиповника и сроки годности жироемких изделий [Текст] / Г.О. Магомедов, Т.Н. Мирошникова, О.В. Абдулгалимова // Кондитерское производство. — 2003. — №4. — С. 26-27.

9. Маркова И.К. Обоснование выбора плодово-ягодного сырья и способов его переработки в желе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Улан-Удэ, 2007. — 21 с.

10. Матисон, В.М. Клиентно-ориентированное конструирование продуктов питания / В. М. Матисон, В. М. Кантере // Пищевая промышленность. — 2012. — № 2. — С. 8-11.

11. Аврач, А. С. Изучение состава органических кислот плодов шиповника различных способов консервации / А. С. Аврач, И. А. Самылина, Е. В. Сергунова // Сборник научных трудов научно-методической конференции « П Гаммермановские чтения». — Спб., 2014. — С. 14 – 15.

12. Аврач, А. С. Изучение фенольных соединений плодов и настоев малины обыкновенной различных способов консервации / А. С. Аврач, И. А. Самылина, Е. В. Сергунова // Сеченовский вестник. — 2014. - №1 (15). — С. 114 – 115.

13. Чечета, О. В. Определение флавоноидов в плодах шиповника (*Rosasp.*) / О. В. Чечета, Е. Ф. Сафонова, А. И. Сливкин, С. В. Снопов // Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. — 2011. — № 1. — С. 205 – 209.

14. A triterpenoid glucoside and phenolic compounds from *Rosa davurica* / Jong Cheol Park [et al.] // Natural product sciences. — 2003. — № 9(1).—P. 31 – 33.





15. Beekwilder, J. Identification and dietary relevance of antioxidants from raspberry //J. Beekwilder, R. D. Hall, C. H. de Vos // Biofactors. — 2005. — № 23(4). —P. 197 – 205.

16. Георгиевский, В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В.П. Георгиевский, Н.Ф. Комисаренко, С.Е. Дмитрюк. — Новосибирск: Наука, 2010. — 333 с.

REFERENCES

1. Dubtsova G.N. et al. Ispol'zovanie produktov pererabotki dikorastushchikh plodov v proizvodstve konditerskikh izdeliy [Use of Wild Fruit Processing Products in Confectionery Production]. *Sovremennye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevykh proizvodstv: materialy XX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Problems of Engineering and Food Production Technologies: Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference]. Barnaul, 2019, pp. 123–127. (In Russian).
2. Tipsina N.N., Prisukhina N.V. Pishchevye volokna v konditerskom proizvodstve [Dietary Fibers in Confectionery Production]. *Vestnik KrasGAU*, 2009, no. 9(36), pp. 166–171. (In Russian).
3. Petrova S.N., Ivkova A.V. Khimicheskiy sostav i antioksidantnye svoystva vidov roda Rosa L. [Chemical Composition and Antioxidant Properties of Rosa L. Species]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 2, pp. 13–19. (In Russian).
4. Khasanova S.R., Plekhanova T.I., Gashimova D.T. et al. Sravnitel'noe izuchenie antioksidantnoy aktivnosti rastitel'nykh sborov [Comparative Study of Antioxidant Activity of Herbal Mixtures]. Available at: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/01-33.pdf> (accessed: DD.MM.YYYY). (In Russian).
5. Keldibekova D.A. Perspektivy ispol'zovaniya biologicheskii aktivnogo kompleksa shipovnika v tekhnologii funktsional'nogo syvorotochnogo napitka [Prospects for the Use of a Biologically Active Rosehip Complex in Functional Whey Beverage Technology]. Electronic resource. (In Russian).
6. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. (eds.). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of Biochemical Research of Plants]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 2010. 430 p. (In Russian).
7. Brainina K.H., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N. Potentiometry as a Method of Antioxidant Activity Investigation. *Talanta*, 2007, vol. 71, no. 1, pp. 13–18.
8. Magomedov G.O., Miroshnikova T.N., Abdulgalimova O.V. Polufabrikaty iz shipovnika i sroki godnosti zhiroemkikh izdeliy [Rosehip Semi-Finished Products and Shelf Life of Fat-Rich Products]. *Konditerskoe proizvodstvo*, 2003, no. 4, pp. 26–27. (In Russian).
9. Markova I.K. Obosnovanie vybora plodovoyagodnogo syr'ya i sposobov ego pererabotki v zhele [Substantiation of the Choice of Fruit and Berry Raw Materials and Methods for Their Processing into Jelly]. Extended abstract of PhD thesis. Ulan-Ude, 2007. 21 p. (In Russian).
10. Matison V.M., Kantere V.M. Kliento-orientirovannoe konstruirovaniye produktov pitaniya [Customer-Oriented Food Product Design]. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2012, no. 2, pp. 8–11. (In Russian).
11. Avrach A.S., Samylina I.A., Sergunova E.V. Izuchenie sostava organicheskikh kislot plodov shipovnika razlichnykh sposobov konservatsii [Study of Organic Acid Composition in Rosehip Fruits Preserved by Different Methods]. *II Gammermanovskie chteniya: sbornik nauchnykh trudov nauchno-metodicheskoy konferentsii* [II Gammerman Readings: Proceedings of the Scientific and Methodological Conference]. Saint Petersburg, 2014, pp. 14–15. (In Russian).
12. Avrach A.S., Samylina I.A., Sergunova E.V. Izuchenie fenol'nykh soedineniy plodov i nastoev maliny obyknovennoy razlichnykh sposobov konservatsii [Study of Phenolic Compounds in Raspberry Fruits and Infusions Preserved by Different Methods]. *Sechenovskiy vestnik*, 2014, no. 1(15), pp. 114–115. (In Russian).
13. Checheta O.V., Safonova E.F., Slivkin A.I., Snopov S.V. Opredeleniye flavonoidov v plodakh shipovnika (Rosa sp.) [Determination of Flavonoids in Rosehip Fruits (Rosa sp.)]. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2011, no. 1, pp. 205–209. (In Russian).
14. Park J.C. et al. A Triterpenoid Glucoside and Phenolic Compounds from Rosa davurica. *Natural Product Sciences*, 2003, vol. 9, no. 1, pp. 31–33.
15. Beekwilder J., Hall R.D., de Vos C.H. Identification and Dietary Relevance of Antioxidants from Raspberry. *BioFactors*, 2005, vol. 23, no. 4, pp. 197–205.
16. Georgievskiy V.P., Komissarenko N.F., Dmitryuk S.E. Biologicheskii aktivnye veshchestva lekarstvennykh rasteniy [Biologically Active Substances of Medicinal Plants]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2010. 333 p. (In Russian).

EFFECT OF APPLE POMACE POWDERS ON THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND AMINO ACID PROFILE OF COOKED SAUSAGES

¹AIGERIM KOISHYBAYEVA *, ¹YASIN UZAKOV ,
²LEILA KAIMBAYEVA , ¹AKMARAL KURMANBEKOVA 

¹Almaty technological university, 050012, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh national agrarian research university, 050010, Almaty, Kazakhstan)

Corresponding author's e-mail: aigerim.koishybayeva@atu.edu.kz*

This study investigated the effects of incorporating apple pomace powder from 3 apple varieties (Aidared, Simirenko, and Golden Delicious) at two inclusion levels (3% and 5%) on the physicochemical properties and amino acid composition of cooked sausages. Results showed that apple pomace powders significantly influenced moisture, protein, fat, ash content, water holding capacity (WHC), water binding capacity (WBC), and fat retention capacity (FRC). Notably, 3% Golden Delicious apple pomace powder (CSG3) enhanced WHC and FRC most effectively, while 5% Simirenko apple pomace powder (CSS5) resulted in the highest protein content (41,3±0,58%). Apple pomace powder inclusion also increased the pH of sausages and positively affected the amino acid profile, with improvements in lysine, valine, phenylalanine, and alanine levels. The type and concentration of apple pomace powder influenced the enhancement of both nutritional and functional attributes. These findings suggest that apple pomace powder can be utilized as a functional ingredient in sausage formulations to improve nutritional quality and functional performance.

Keywords: meat products, poultry sausage, by-products, proximate composition, functional food products.

АЛМА СЫҒЫНДЫСЫ ҰНТАҚТАРЫНЫҢ ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚТАРДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН АМИНҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫНА ӘСЕРІ

¹А.Т. КОЙШЫБАЕВА*, ¹Я.М. УЗАКОВ, ²Л.А. КАЙМБАЕВА, ¹А.К. КУРМАНБЕКОВА

¹Алматы технологиялық университеті, 050012, Алматы, Қазақстан Республикасы

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы, Қазақстан Республикасы)

Электронная почта автора-корреспондента: aigerim.koishybayeva@atu.edu.kz

Бұл зерттеуде үш түрлі алма сортының (Айдаред, Симиренко және Голден Делишес) алма сығындысы ұнтағын 3% және 5% мөлшерде қосу арқылы пісірілген шұжықтардың физика-химиялық қасиеттері мен аминқышқылдық құрамына әсері зерттелді. Нәтижелер алма сығындысы ұнтақтарының ылғалдылық, ақуыз, май, күл мөлшері, суды ұстау қабілеті (WHC), суды байланыстыру қабілеті (WBC) және майды ұстап тұру қабілетіне (FRC) айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Атап айтқанда, 3% Голден Делишес сортының алма сығындысы ұнтағы (CSG3) суды ұстау және майды ұстау қабілетін ең тиімді арттырды, ал 5% Симиренко алма ұнтағы (CSS5) ақуыздың ең жоғары мөлшерін көрсетті (41,3±0,58%). Сондай-ақ, алма ұнтағын қосу шұжықтардың рН көрсеткішін жоғарылатып, аминқышқылдар құрамына оң әсерін тигізді – лизин, валин, фенилаланин және аланин мөлшері артты. Алма сығындысы ұнтағының түрі мен концентрациясы өнімнің тағамдық және функционалдық сипаттарын жақсартуға әсер етті. Бұл нәтижелер алма сығындысы ұнтағын шұжық рецептурасына функционалды қоспа ретінде қосу оның тағамдық құндылығы мен технологиялық сапасын арттыра алатынын көрсетеді.

Негізгі сөздер: ет өнімдері, құс етінен жасалған шұжық, жанама өнімдер, негізгі құрам, функционалды тағамдар.

ВЛИЯНИЕ ПОРОШКОВ ИЗ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И АМИНОКИСЛОТНЫЙ ПРОФИЛЬ ВАРЁНЫХ КОЛБАС

¹А.Т. КОЙШЫБАЕВА*, ¹Я.М. УЗАКОВ, ²Л.А. КАЙМБАЕВА, ¹А.К. КУРМАНБЕКОВА

¹Алматинский технологический университет, 050012, Алматы, Республика Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Алматы, Республика Казахстан)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: aigerim.koishybayeva@atu.edu.kz

В данном исследовании изучено влияние добавления порошка из яблочных выжимок трёх сортов яблок (Айдаред, Симиренко и Голден Делишес) в двух концентрациях (3% и 5%) на физико-химические свойства и аминокислотный состав варёных колбас. Результаты показали, что порошок из яблочных выжимок оказывает значительное влияние на влажность, содержание белка, жира, золы, водоудерживающую способность (WHC), влагосвязывающую способность (WBC) и способность удерживать жир (FRC). Особенно эффективен 3% порошок из яблочных выжимок сорта Голден Делишес (CSG3), который повышал WHC и FRC, в то время как вариант с 5% порошка из сорта Симиренко (CSS5) обеспечивал наивысшее содержание белка (41,3±0,58%). Добавление порошка из яблочных выжимок также увеличивало pH колбас и положительно влияло на аминокислотный профиль, улучшая содержание лизина, валина, фенилаланина и аланина. Вид и концентрация порошка из яблочных выжимок определяли степень улучшения как питательных, так и функциональных характеристик. Полученные данные свидетельствуют о том, что порошок из яблочных выжимок может использоваться в качестве функционального ингредиента в рецептурах колбас для повышения их пищевой ценности и технологических свойств.

Ключевые слова: мясные продукты, колбаса из мяса птицы, побочные продукты, химический состав, функциональные пищевые продукты.

Introduction

The increasing global emphasis on sustainability and waste reduction has spurred interest in utilizing food by-products as functional ingredients in various industries, including meat production. Apple pomace, the solid residue remaining after juice extraction, represents a rich source of dietary fiber, polyphenols, and natural antioxidants. Its incorporation into meat products, particularly sausages, offers a promising avenue to enhance their nutritional profile while mitigating oxidative degradation.

Recent research highlights the growing interest in utilizing fruit and vegetable pomaces in meat and sausage products as functional ingredients to improve their nutritional, sensory, and preservation qualities. Studies have demonstrated the effectiveness of various pomaces, such as apple, grape, tomato, carrot, and pineapple, in enhancing antioxidant activity, increasing dietary fiber content, and improving sensory attributes like texture and flavor [1-6]. For instance, apple pomace has been successfully incorporated into buffalo meat sausages, boosting their antioxidant properties and nutritional value [7], while tomato pomace has shown promise in reducing nitrite levels and enhancing the microbiological stability of fermented sausages [8]. Similarly, combinations like wheat bran with apple or carrot pomace have led to the development of fiber-rich chicken sausages with acceptable sensory profiles [9]. These findings

underscore the potential of fruit and vegetable pomaces not only as sustainable solutions for food waste management but also as innovative components to enhance the quality and shelf life of meat products.

The application of apple pomace in meat products aligns with the dual goals of product innovation and environmental sustainability. By repurposing fruit by-products, the meat industry can reduce reliance on synthetic additives and minimize food waste. However, understanding the physicochemical interactions between pomace components and meat matrices is crucial to optimizing these formulations for both quality and cost-efficiency.

The aim of this study is to investigate the effects of incorporating different types and concentrations of apple pomace powder on the proximate composition, pH, techno-functional properties, and amino acid profile of cooked sausages. By evaluating the influence of Aidared, Simirenko, and Golden Delicious apple pomace at 3% and 5% inclusion levels, this research seeks to determine the potential of apple pomace as a functional ingredient to enhance the nutritional and technological quality of meat products.

Materials and methods

Cooked Sausage Production

The study comprised 7 treatments of cooked sausage, all with the following ingredients: turkey breast meat (45-47 %), turkey skin (30 %), ice water (20 %), curing salt (1.6 %), soy protein (1.5 %), paprika (0.25 %). The differences between treatments

concern the amount of 3 different apple pomace powders (Table 1).

Table 1. Cooked sausage formulations with 3 different apple pomace powder levels (units: g/100 g).

Ingredients	Treatments*						
	Control	CSA3	CSA5	CSS3	CSS5	CSG3	CSG5
Turkey breast meat	50	47	45	47	45	47	45
Turkey skin	30	30	30	30	30	30	30
Ice water	20	20	20	20	20	20	20
Apple pomace powder	-	3	5	3	5	3	5
Total	100	100	100	100	100	100	100
Curing salt	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Soy protein	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Paprika	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

*Control, cooked sausage with 50% turkey breast meat and without apple pomace powder; CSA3, CSA5: cooked sausages incorporated with 3% and 5% “Aidared” apple pomace powder respectively; CSS3, CSS5: cooked sausages incorporated with 3% and 5% “Simirenko” apple pomace powder respectively; CSG3, CSG5: cooked sausages incorporated with 3% and 5% “Golden Delicious” apple pomace powder respectively.

Determination pH

The pH of cooked turkey sausage samples was determined using a method based on measuring the acidity in the homogenate of the sample in water. The cooked sausages were stored at 4°C. For each measurement, a 5 g sample of sausage was taken and homogenized with 20 ml of distilled water. The resulting mixture was thoroughly blended until a uniform consistency was achieved to ensure accurate pH measurement. The pH values were measured at room temperature using a laboratory pH meter (Orion 3-Star pH Benchtop Meter, Thermo Fisher Scientific Inc.). The pH meter electrode was immersed in the homogenate, and the readings were recorded.

Determination of Water Holding Capacity (WHC)

The water holding capacity (WHC) of cooked sausage products was determined using a modified method based on the product's ability to retain moisture after exposure to water and centrifugation. A 10 g sausage sample was placed in a test tube and mixed with 40 mL of distilled water. The mixture was carefully stirred to form a uniform solution.

The test tube was then placed in a water bath at 30°C for 30 minutes to allow moisture equilibrium between the product and water. After the water bath treatment, the samples were

centrifuged at 3000 rpm for 30 minutes, separating the liquid (supernatant) from the product.

The supernatant was carefully removed, and the remaining sample in the test tube was weighed.

The WHC (%) was calculated using Equation 1.1:

$$WHC (\%) = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (1.1)$$

m_1 - mass of the sample after removing the supernatant, g; m_2 - mass of the sample mixed with distilled water, g.

Determination of Water Binding Capacity (WBC)

To determine the Water Binding Capacity (WBC), 4 g samples of the designed meat modules were taken from each composition and placed into centrifuge tubes equipped with perforated inserts. The inserts were positioned to allow proper drainage of the released liquid. The samples were centrifuged for 20 minutes at a rotational speed of 100 s⁻¹.

After centrifugation, the samples were weighed, and the mass of substances in the separated liquid was added to the sample mass. The mass of these substances was determined by drying the liquid at 105°C to a constant weight. The percentage of bound water was calculated using the following Equation 1.2:

$$\text{WBC (\%)} = \frac{m_1 + m_3 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (1.2)$$

m_0 - initial weight of the sample before centrifugation, g; m_1 - weight of the sample after centrifugation, g; m_2 - weight of the dry residue in the sample, g; m_3 - weight of the dry residue in the separated liquid, g.

Determination of Fat Retention Capacity (FRC)

After calculating the Water Binding Capacity (WBC) of each meat module using Equation 1.2, the mass of the meat remaining in the fat analyzer was determined. The meat was placed in a crucible and dried to a constant weight at 150°C for 1.5 hours. Following the drying process, a 2 g sample of each meat module was taken, placed in a porcelain mortar, and mixed with 2.5 g of pre-calcined sand and 6 g of α -monobromonaphthalene. The mixture was ground thoroughly for 4 minutes and filtered through folded filter paper.

The resulting solution was uniformly applied to the lower prism of a refractometer, and the refractive index was measured. Simultaneously, the refractive index of α -monobromonaphthalene was determined as a reference.

After the experiment, the Fat Retention Capacity (FRC) was calculated using Equation 1.3:

$$\text{FRC (\%)} = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (1.3)$$

m_1 - mass fraction of fat in the sample after thermal processing, %; m_2 - mass fraction of fat in the sample before thermal processing, %.

Determination of Moisture Content

The moisture content in the samples was determined using the drying method. For this purpose, the initial weight of the samples was measured before drying, followed by drying them in a convection dryer at 105°C for 12 hours.

After drying, the weight of the samples was measured again. The difference between the initial and final weights represented the amount of moisture lost, which allowed for the calculation of the percentage of moisture in the product.

Determination of Fat Content

The fat content was determined using the Soxhlet method, which is based on fat extraction using a solvent. The extraction process was carried out using the Universal Extractor E-800 (BUCHI, Switzerland), an automated system that ensures high precision. During the analysis, 2 g of pre-prepared samples were placed into a paper thimble

and then inserted into the extraction apparatus. Ethyl ether or petroleum ether was used as the solvent. After the extraction was completed, the fat residue was dried to a constant weight. The fat mass was then measured using a high-precision analytical balance. The fat content in the product was calculated as a percentage by relating the mass of the extracted fat to the initial sample mass. Each measurement was performed at least three times, and the average values along with standard deviations were calculated. This method provides high accuracy in determining the total fat content in the product.

Determination of Protein Content

The protein content was determined using the Kjeldahl method, which is based on converting total nitrogen into ammonium and accurately quantifying it. The analysis was conducted using the Kjeltac™ 2300 Nitrogen Analyzer (FOSS, Hilleroed, Denmark).

The protein content was calculated using the following Equation (1.4):

$$\text{Protein, (\%)} = \left(\text{Nitrogen content} \times \text{Nitrogen coefficient} \right) \times \frac{100}{\text{Sample weight}} \times 100\% \quad (1.4)$$

Determination of Ash Content

The ash content was measured using the incineration method in a muffle furnace, following AOAC standards. The samples were heated at high temperatures to eliminate organic matter, leaving behind the mineral residue, which was then weighed to determine its mass.

Determination of Amino Acid Composition in Cooked Sausages

The determination of amino acid composition in cooked sausages was carried out following the requirements of GOST R 55569-2013. The samples were hydrolyzed using 6 M hydrochloric acid at 110°C for 24 hours. The resulting hydrolysates were analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC) using an amino acid analyzer equipped with cation exchange columns and post-column derivatization. The concentrations of amino acids were determined by comparison with calibration standards.

Statistical Analysis of Results

To ensure the reliability of the data obtained from each experiment, no fewer than three repetitions were conducted. All results were presented as mean values \pm standard error. The Duncan multiple comparison test was used to determine significant differences between the means. A significance level of 5% ($p < 0.05$) was adopted. One-way analysis of variance (ANOVA)

was performed to evaluate the statistical significance of factors and their interactions. Data analysis was performed using the Statistica software, version 13.0 (StatSoft Inc., Poland).

Results and discussion

Physicochemical properties of cooked sausages

The addition of apple pomace powder at 3% and 5% levels from different apple varieties (Aidared, Simirenko, and Golden Delicious) significantly influenced the physicochemical and functional properties of cooked sausages. The findings are given in Table 2.

Table 2 Physicochemical properties of cooked sausages incorporated with different levels of different apple pomace powder, n=3, mean±SD

Treatment	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Water holding capacity (%)	Water binding capacity (%)	Fat retention capacity (%)	pH
Control	71,23±0,25 ^a	36,21±0,44 ^d	35,43±0,43 ^{ce}	2,38±0,08 ^a	47,98±0,61 ^e	80,51±1,03 ^a	69,38±0,88 ^b	5,46±0,04 ^e
CSA3	69,59±0,18 ^b	37,9±0,49 ^c	40,1±0,52 ^a	1,88±0,02 ^e	50,87±0,71 ^d	76,33±0,99 ^b	67,86±0,85 ^b	5,94±0,03 ^c
CSA5	68,95±0,58 ^c	39,89±0,53 ^b	35,08±0,45 ^e	2,02±0,01 ^d	45,38±0,62	72,16±0,95 ^c	65,23±0,83 ^c	5,78±0,02 ^d
CSS3	70,1±0,10 ^b	36,31±0,46 ^d	36,54±0,5 ^c	1,87±0,02 ^e	52,45±0,70 ^c	72,06±0,93 ^c	66,18±0,81 ^c	5,94±0,04 ^c
CSS5	68,82±0,30 ^c	41,3±0,58 ^a	38,1±0,53 ^b	2,24±0,05 ^b	48,88±0,65 ^e	76,89±0,98 ^b	68,54±0,80 ^b	6,04±0,06 ^b
CSG3	69,71±0,13 ^b	40,13±0,55 ^b	36,09±0,49 ^{cd}	1,96±0,01 ^d	67,88±088 ^a	71,6±0,90 ^c	71,13±0,97 ^a	6,26±0,01 ^a
CSG5	68,74±0,23 ^c	39,73±0,51 ^b	38,77±0,57 ^b	2,07±0,19 ^c	56,30±076 ^b	76,33±0,94 ^b	70,95±0,91 ^a	6,3±0,02 ^a

All values are mean ±standard deviation of 3 replicates (n=5).

^{a-c}Means within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

Control: cooked sausage without apple pomace powder; CSA3, CSA5: cooked sausages incorporated with 3% and 5% “Aidared” apple pomace powder respectively; CSS3, CSS5: cooked sausages incorporated with 3% and 5% “Simirenko” apple pomace powder respectively; CSG3, CSG5: cooked sausages incorporated with 3% and 5% “Golden Delicious” apple pomace powder respectively.

The moisture content of sausages decreased with the incorporation of apple pomace powder compared to the control, reflecting the water-absorbing properties of dietary fibers present in apple pomace powder. The control sample had the highest moisture content (71.23±0.25%), while CSA5 and CSS5 exhibited the lowest 68.95±0.58% and 68.82±0.30% values, respectively. Among the treatments, CSG3 showed higher moisture retention (69.71±0.13%), suggesting a better water-holding capability of Golden Delicious apple pomace powder at 3%. This follows the results obtained by Yadav et al. [10] and Huda et al. [11], who reported that the moisture content of dietary fiber-enriched chicken sausages and the protein content of treated mutton nuggets decreased with the increasing level of dried apple pomace.

Apple pomace powder incorporation resulted in an increase in protein content due to the protein contribution of the apple pomace itself. The highest protein content was observed in CSS5 (41.3±0.58%) and CSA5 (39.89±0.53%), while the control had significantly lower protein levels (36.21±0.44%). This enhancement indicates the protein-binding capability of apple pomace powder when incorporated at higher levels.

A significant variation in fat content was observed among the samples. Apple pomace powder at 3% addition (CSA3, CSS3, and CSG3) tended to reduce fat retention, while the 5% addition (CSA5 and CSS5) showed a moderate increase in fat binding compared to the control. The highest fat content was recorded in CSA3 (40.1±0.52%), indicating its efficacy in fat

retention during cooking. These results are in agreement with data reported by Younis & Ahmad with respect to the melted fat gets absorbed by apple pomace powder because of its good fat holding capacity in buffalo meat patties [7].

Ash content, indicative of mineral presence, was slightly reduced in most apple pomace powder treatments compared to the control, except for CSS5 ($2.24 \pm 0.05\%$) and CSG5 ($2.07 \pm 0.19\%$), which showed higher values. This could be attributed to the mineral composition of the respective apple pomace powders. This was in agreement with the findings of Verma et al. who reported that the ash content of low-fat chicken nuggets decreased with the increasing levels of apple pulp [12].

The WHC was significantly improved by apple pomace powder addition, with CSG3 demonstrating the highest WHC ($67.88 \pm 0.88\%$), indicating the superior hydration capacity of Golden Delicious apple pomace powder. Conversely, CSA5 exhibited the lowest WHC ($45.38 \pm 0.62\%$), potentially due to the higher incorporation level affecting the matrix structure. As the level of apple pomace powder increased, the WHC of patties increased from 6.69% to 20.03%, indicating that apple pomace powder enhances the WHC of meat patties [7].

The control had the highest WBC count ($80.51 \pm 1.03\%$), which decreased with the addition of apple pomace powder. Among the treatments, CSA3 and CSG5 showed comparable WBC values ($76.33 \pm 0.99\%$ and $76.33 \pm 0.94\%$, respectively), maintaining functional water retention properties despite the addition of apple pomace powder.

The FHC was generally enhanced with apple pomace powder addition, with CSG3 and CSG5 showing the highest values ($71.13 \pm 0.97\%$ and $70.95 \pm 0.91\%$, respectively). This improvement highlights the role of dietary fibers in stabilizing fat during thermal processing.

The pH of sausages increased with apple pomace powder addition, reflecting the buffering properties of dietary fibers. CSG5 recorded the

highest pH (6.30 ± 0.02), while the control exhibited the lowest (5.46 ± 0.04). The increase in pH could potentially influence microbial stability and sensory attributes. The mean pH values at the beginning of the experiment ranged between 6.73 and 6.82 and remained almost constant during storage, reaching values between 6.60 and 6.64 after 96 hours for control and burgers with 4% and 8% apple pomace [13].

The incorporation of apple pomace powder from different apple varieties significantly improved the functional properties of cooked sausages. Specifically, Golden Delicious apple pomace powder demonstrated superior performance in enhancing WHC, FHC, and overall functionality, making it a promising functional ingredient in sausage formulations. Higher levels of apple pomace powder (5%) generally resulted in slightly reduced moisture content and WBC, likely due to the excessive fiber content disrupting the protein matrix.

Amino Acid Composition of Cooked Sausages

The amino acid profile of cooked sausages with the addition of apple pomace powder from different apple varieties at 3% and 5% levels is presented in Figure 1. The inclusion of apple pomace powder had a notable impact on the concentration of essential and non-essential amino acids. Arginine content (Figure 1, a) was slightly lower in apple pomace powder-treated sausages, with the highest value observed in CSA5 (1.129), followed by CSG5 (0.93). Lysine content (Figure 1, b), an essential amino acid, was significantly increased in all apple pomace powder treatments, particularly in CSG5 (1.394), reflecting the potential of apple pomace powder to enrich the lysine profile of sausages. The phenylalanine content (Figure 1, d) increased with higher apple pomace powder levels, as seen in CSS5 (0.696) and CSA5 (0.658). Tyrosine (Figure 1, c) followed a similar trend, with CSA5 recording the highest concentration (0.611).

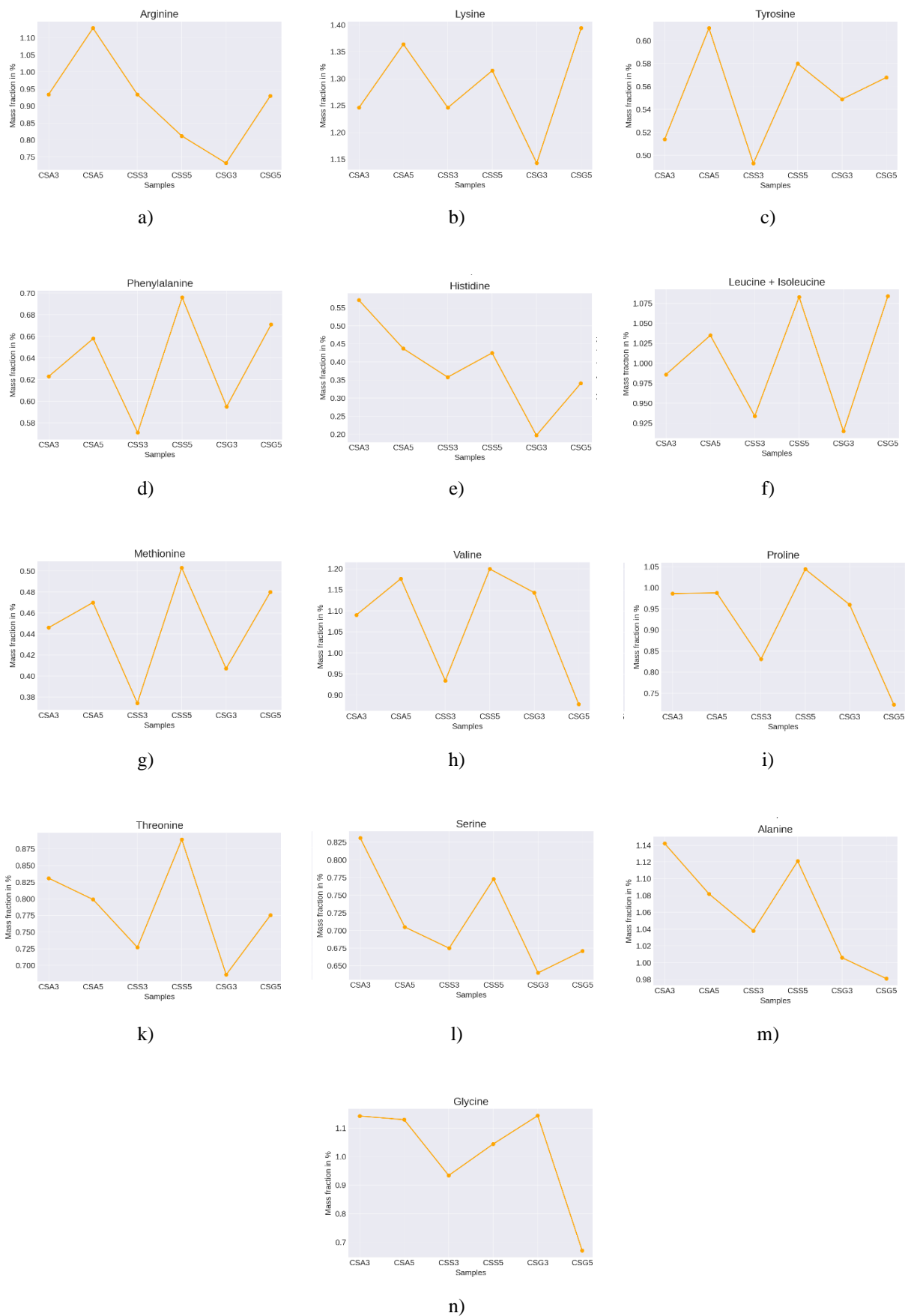


Figure 1. The amino acid compositions of cooked sausages

These results suggest that apple pomace powder contributes to enhancing aromatic amino acids in the sausage matrix, potentially improving flavor and nutritional value. Histidine levels (Figure 1, e) were significantly reduced with the inclusion of apple pomace powder, especially in CSG3 (0.197) and CSS3 (0.358). This may be attributed to the interaction of histidine with the fiber and phenolic compounds in apple pomace powder. Leucine and isoleucine concentrations (Figure 1, f) were slightly higher in sausages with apple pomace powder. The maximum levels were observed in CSG5 (1.084) and CSS5 (1.083), indicating that apple pomace powder did not negatively affect these essential branched-chain amino acids. Methionine levels (Figure 1, g) varied slightly among the samples, with a noticeable increase in CSA5 (0.470) and CSS5 (0.503). This demonstrates that apple pomace powder inclusion maintains methionine content, an important amino acid for protein synthesis and antioxidant activity. Valine concentrations (Figure 1, h) were higher in apple pomace powder-treated samples. CSS5 (1.199) had the highest valine content, followed by CSA5 (1.176), showcasing the contribution of apple pomace powder to enhancing branched-chain amino acid levels. Proline and threonine, both associated with structural protein stability, showed moderate variations across treatments. CSG3 had the highest proline (0.960) (Figure 1, i), while CSS5 recorded the highest threonine (0.889) (Figure 1, k). These variations may be due to the interaction of apple pomace powder with sausage proteins during cooking. Serine, alanine, and glycine levels (Figure 1, l, m, n) were generally higher in apple pomace powder-treated sausages. Notably, CSA3 (1.142) and CSG3 (1.143) exhibited the highest alanine and glycine content. These amino acids are known for their contributions to flavor and sweetness, which may enhance the sensory properties of the sausages. The inclusion of apple pomace powder from Aidared, Simirenko, and Golden Delicious apples enriched the amino acid profile of cooked sausages. Particularly, apple pomace powder at 5% levels (CSA5, CSS5, and CSG5) significantly improved the concentrations of essential amino acids such as lysine, phenylalanine, and valine. The observed variations among different apple varieties highlight the influence of apple pomace type on amino acid composition. Furthermore, the increase in alanine and glycine levels suggests potential improvements in flavor characteristics, while the reduction in histidine may influence antioxidant properties. This was in agreement with the findings of

Campagnol et. al. who reported that the volatile compounds from carbohydrate and amino acid catabolism were increased in the modified fermented sausages [14] and also with findings Skwarek, P. and & Karwowska, M., who reported that Statistical analysis showed significant differences in the content of Ala, Pro, Arg, and Leu in the control sample on the 0 and 90 days [15]. Overall, the use of apple pomace powder, particularly from Golden Delicious apples, demonstrated promising potential as a functional ingredient for enhancing the nutritional qualities of cooked sausages.

Conclusion

The incorporation of apple pomace powder derived from different apple cultivars into cooked sausages significantly enhanced their functional and nutritional characteristics. The results demonstrated that apple pomace powder at both 3% and 5% levels positively influenced protein content, fat retention, and fat holding capacity while modifying moisture and ash content. Golden Delicious apple pomace powder, particularly at 3%, exhibited superior performance in improving water holding and fat retention capacities. Furthermore, the amino acid profile of sausages was enriched through apple pomace powder addition, with increased levels of lysine, valine, alanine, and glycine, indicating improved nutritional value and potential flavor enhancement. Conversely, reductions in histidine suggest possible interactions with phenolic compounds and fiber components. Overall, apple pomace powder serves as a promising clean-label ingredient for enhancing both the quality and functionality of meat products. Future research should focus on sensory evaluation and shelf-life analysis to validate consumer acceptance and industrial applicability.

Funding





This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No AP22684574).

REFERENCES

1. Ramírez-Bernabé, M., J. Delgado-Adámez, M. Sánchez-Ordóñez, M. Martín-Mateos, M. D'Arrigo, and E. Valdés. "Process of Obtaining an Antioxidant Ingredient from Red Grape Pomace var. Tempranillo and Its Application in Fresh and Dry-Cured Meat Products." Proceedings of the 5th International Electronic Conference on Foods, October 28–30, 2024. MDPI: Basel, Switzerland. <https://doi.org/10.3390/Foods2024-15834>.

2. Bobko, Marek, et al. "Red Grape Pomace Addition Effect on Sensory Properties of Pork Sausages." *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality* 8, no. 2 (2024). <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2024.0021>.
3. Tóth, Tomáš, et al. "The Inorganic Components Content in Raw-Cooked Meat Products Enhanced with the Grape Pomace." *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* (2025): e11895. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11895>.
4. Mesárošová, Andrea, et al. "The Tomato Pomace as a Potential Natural Antioxidant in the Raw Cooked Meat Product." *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 14, no. 3 (2024): e11731. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11731>.
5. Yadav, S., A. K. Pathera, and R. U. Islam. "Development of Chicken Sausage Using Combination of Wheat Bran with Dried Apple Pomace or Dried Carrot Pomace." *Asian Journal of Dairy and Food Research* 39, no. 1 (2020): 79–83. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1503>.
6. Yadav, Sanjay, A. K. Pathera, R. U. Islam, and D. Sharma. "Effect of Wheat Bran and Dried Carrot Pomace Addition on Quality Characteristics of Chicken Sausage." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31, no. 5 (2017): 729. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0214>.
7. Younis, Khurshid, and Shabir Ahmad. "Waste Utilization of Apple Pomace as a Source of Functional Ingredient in Buffalo Meat Sausage." *Cogent Food & Agriculture* 1, no. 1 (2015). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1115640>.
8. Skwarek, P., and M. Karwowska. "The Effect of Tomato Pomace on the Oxidative and Microbiological Stability of Raw Fermented Sausages with Reduced Addition of Nitrites." *International Journal of Food Science* (2025). <https://doi.org/10.1155/2025/6146090>.
9. Yadav, S., A. K. Pathera, and R. U. Islam. "Development of Chicken Sausage Using Combination of Wheat Bran with Dried Apple Pomace or Dried Carrot Pomace." *Asian Journal of Dairy & Food Research* 39, no. 1 (2020): 79–83.
10. Yadav, S., A. Malik, A. Pathera, R. U. Islam, and D. Sharma. "Development of Dietary Fibre Enriched Chicken Sausages by Incorporating Corn Bran, Dried Apple Pomace and Dried Tomato Pomace." *Nutrition & Food Science* 46, no. 1 (2016): 16–29.
11. Huda, A. B., S. Parveen, S. A. Rather, R. Akhter, and M. Hassan. "Effect of Incorporation of Apple Pomace on the Physico-Chemical, Sensory and Textural Properties of Mutton Nuggets." *International Journal of Advanced Research* 2, no. 2 (2014): 974–983.
12. Verma, A. K., B. D. Sharma, and R. Banerjee. "Effect of Sodium Chloride Replacement and Apple Pulp Inclusion on the Physico-Chemical, Textural and Sensory Properties of Low Fat Chicken Nuggets." *LWT—Food Science and Technology* 43, no. 4 (2010): 715–719.
13. Pollini, L., F. Blasi, F. Ianni, L. Grispoldi, S. Moretti, A. Di Veroli, and B. T. Cenci-Goga. "Ultrasound-Assisted Extraction and Characterization of Polyphenols from Apple Pomace, Functional Ingredients for Beef Burger Fortification." *Molecules* 27, no. 6 (2022): 1933. <https://doi.org/10.3390/molecules27061933>.
14. Campagnol, P. C. B., B. A. Dos Santos, R. Wagner, N. N. Terra, and M. A. R. Pollonio. "The Effect of Soy Fiber Addition on the Quality of Fermented Sausages at Low-Fat Content." *Journal of Food Quality* 36, no. 1 (2013): 41–50.
15. Skwarek, P., and M. Karwowska. "The Effect of Tomato Pomace on the Oxidative and Microbiological Stability of Raw Fermented Sausages With Reduced Addition of Nitrites." *International Journal of Food Science* 2025, no. 1 (2025): 6146090. <https://doi.org/10.1155/2025/6146090>.

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL HORSE-MEAT ROULADE USING PLANT-DERIVED COMPONENTS

¹SH.Y. KENENBAY* , ¹B.A. RSKELDIYEV ,
¹A.S. KRASNIKOV , ²Z.N. NIYAZBEKOVA 

(¹JSC «Almaty Technological University», Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100,

²NPJSC «Kazakh National Agrarian Research University», Kazakhstan, Almaty)

Corresponding author e-mail: sh.kenenbai@atu.edu.kz

The aim of the study was to provide a scientific justification for the formulation and processing technology of a horse-meat roulade using plant-based functional ingredients – calamus rhizome, a humic–fulvic acid complex and pumpkin seed cake – and to evaluate their effects on the nutritional value, technological properties and sensory characteristics of the product. Within the framework of the study, control and experimental samples of horse-meat roulade were developed, for which the chemical composition, energy value, pH, TBA index, cooking loss, total viable count (TVC), amino acid profile and sensory attributes were determined. In the experimental roulade, the protein content decreased from 28,2% to 19,12%, and the fat content from 14,8% to 8,7%, while carbohydrates (5,6%) were detected, which reduced the energy value of the meat product from 246,0 to 177,2 kcal/100 g. A decrease in pH from 6,1 to 5,8 and in the TBA value from 0,45 to 0,31 mg MDA/kg was observed, and cooking loss was reduced from 32,8% to 17,01%. The TVC in the experimental roulade sample amounted to $7,2 \times 10^2$ CFU/g versus $8,1 \times 10^2$ CFU/g in the control sample, which was below the limit specified by the regulatory document (1×10^3 CFU/g). The amino acid score for key essential amino acids exceeded 130%, and the biological value of the meat product reached 139,86%. At the same time, the sensory scores for appearance, colour and taste of the experimental roulade were higher than those of the control sample.

Keywords: horse meat, meat roulade, calamus rhizome, humic–fulvic acids, pumpkin seed cake, functional meat product.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МЯСНОГО РУЛЕТА ИЗ КОНИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

¹Ш.Ы. КЕНЕНБАЙ*, ¹Б.А. РСКЕЛДИЕВ, ¹А.С. КРАСНИКОВ, ²Ж.Н. НИЯЗБЕКОВА

(¹АО «Алматинский технологический университет», Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100,

²НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
Республика Казахстан, г.Алматы)

Электронная почта автора-корреспондента: sh.kenenbai@atu.edu.kz

Цель исследования заключалась в научном обосновании рецептуры и технологии приготовления мясного рулета из конины с использованием растительных функциональных ингредиентов – корневища айра, комплекса гуминно-фульвовых кислот и жмыха тыквенных семечек, а также оценке их влияния на пищевую ценность, технологические и органолептические показатели продукта. В рамках исследования были разработаны контрольные и опытные образцы мясного рулета, для которых определяли химический состав, энергетическую ценность, pH, ТБЧ, потери массы при тепловой обработке, КМАФАНМ, аминокислотный профиль и органолептические показатели. В опытном рулете содержание белка снизилось с 28,2% до 19,12%, и жира с 14,8% до 8,7%, а также были обнаружены углеводы (5,6%), что уменьшило энергетическую ценность мясного продукта с 246,0 до 177,2 ккал/100 г. Отмечено снижение pH с 6,1 до 5,8 и ТБЧ с 0,45 до 0,31 мг МДА/кг, а потери массы сократились с 32,8% до 17,01%. КМАФАНМ в опытном образце мясного рулета составило $7,2 \times 10^2$ КОЕ/г и $8,1 \times 10^2$ КОЕ/г в контрольном образце, что было ниже нормы по НД (1×10^3 КОЕ/г). Аминокислотный скор по ключевым незаменимым аминокислотам превышал 130%, и биологическая ценность мясного продукта достигла 139,86%. при этом органолептические оценки внешнего вида, цвета и вкуса опытного рулета были выше контрольного образца.

Ключевые слова: конина, мясной рулет, корневище айра, гуминно-фульвовые кислоты, жмых тыквенных семечек, функциональный мясной продукт.

ӨСІМДІК КОМПОНЕНТТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ЖЫЛҚЫ ЕТІНЕН ФУНКЦИОНАЛДЫ ЕТ РУЛЕТІН ӘЗІРЛЕУ

¹Ш.Ы. КЕНЕНБАЙ*, ¹Б.А. РСКЕЛДИЕВ, ¹А.С. КРАСНИКОВ, ²Ж.Н. НИЯЗБЕКОВА

(«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би көш., 100,
«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: sh.kenenbai@atu.edu.kz

Зерттеудің мақсаты – өсімдік текті функционалдық ингредиенттер – аир тамырсабағы, гумин-фульвилік қышқылдарының кешені және асқабақ дәні күнжарасын пайдала отырып әзірленген жылқы етінен дайындалатын ет рулетінің рецептурасын және технологиясын ғылыми тұрғыдан негіздеу, сондай-ақ өсімдік текті функционалдық ингредиенттердің өнімнің тағамдық құндылығына, технологиялық және органолептикалық көрсеткіштеріне әсерін бағалау. Зерттеу аясында ет рулетінің бақылау және тәжірибелік үлгілері әзірленіп, олар үшін химиялық құрамы, энергетикалық құндылығы, рН, ТБК, жылулық өңдеу кезіндегі масса жоғалуы, КМАФАНМ, аминқышқылдық профилі және органолептикалық көрсеткіштері анықталды. Тәжірибелік рулетте ақуыз мөлшері 28,2%-дан 19,12%-ға, ал май мөлшері 14,8%-дан 8,7%-ға дейін төмендеді, сонымен қатар көмірсулар (5,6%) құрамы анықталды, бұл ет өнімінің энергетикалық құндылығын 246,0-ден 177,2 ккал/100 г дейін азайтты. рН мәні 6,1-ден 5,8-ге және ТБК көрсеткіші 0,45-тен 0,31 мг МДА/кг-ға дейін төмендегені байқалды, ал масса жоғалуы 32,8%-дан 17,01%-ға дейін қысқарды. Тәжірибелік ет рулетінің КМАФАНМ мәні - $8,1 \times 10^2$ КОЕ/г, ал бақылау үлгісінде - $7,2 \times 10^2$ КОЕ/г құрады, бұл НҚ бойынша қойылатын нормадан (1×10^3 КОЕ/г) төмен. Негізгі алмастырылмайтын аминқышқылдар бойынша аминқышқылдық скор 130%-дан асты, ал ет өнімінің биологиялық құндылығы 139,86%-ға жетті. Сонымен бірге тәжірибелік рулеттің сыртқы түрі, түсі және дәмі бойынша органолептикалық бағалары бақылау үлгісіне қарағанда жоғары болды.

Негізгі сөздер: жылқы еті, ет рулеті, аир тамыр сабағы, гумин-фульвилік қышқылдары, асқабақ дәні күнжарасы, функционалды ет өнімі.

Introduction

Horse meat occupies a distinctive place in the dietary culture and meat market of Kazakhstan, where it is used for traditional products such as kazy and other boiled and smoked delicacies and ranks among the leading meat types in per capita consumption. From a nutritional standpoint, horse meat is characterised by a high protein content of approximately 21–24%, relatively low intramuscular fat (4–9%) and an advantageous profile of polyunsaturated fatty acids, including linoleic and α -linolenic acids, together with elevated iron levels compared with beef and pork. These attributes position horse meat as a promising raw material for the development of functional meat products [1, 2].

Among potential phytochemical modifiers of meat quality, *Acorus calamus L.* rhizome represents an interesting bioactive source. The rhizome contains a complex mixture of essential oils (including β -asarone), phenylpropanoids and polyphenols with documented antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial effects in vitro and in vivo. Extracts of *acorus calamus* have demonstrated significant radical-scavenging activity (DPPH, ABTS) and inhibition of lipid peroxidation in model food systems and bakery matrices, while also suppressing the growth of spoilage and pathogenic microorganisms. In aquatic

species, dietary inclusion of sweet flag extract improved growth performance, blood biochemistry and meat quality, suggesting a capacity to modulate oxidative and metabolic status of animal tissues. These data indicate that *calamus* rhizome infusion may act as a natural antioxidant and antimicrobial co-factor in brines for meat curing [3-5].

Humic and fulvic acids constitute another class of biologically active substances with potential relevance for meat systems. Humic substances are heterogeneous macromolecules derived from the humification of plant and microbial biomass and are rich in aromatic, phenolic and carboxylic groups that confer strong metal-chelating and electron-donating properties. Numerous animal-nutrition studies have shown that dietary humic acid improves growth performance, immune status and antioxidant capacity, and can lower TBARS values and microbial counts in poultry meat during refrigerated storage. A recent review emphasised that humic substances enhance nutrient digestibility and mineral utilisation and may improve overall meat quality through modulation of oxidative processes and gut microbiota. Given their redox and chelating characteristics, humic–fulvic complexes added via brine may interact with muscle proteins and transition

metals, thereby influencing pH, lipid oxidation and possibly tenderness of cooked meat products [6,7].

Pumpkin seed cake, obtained as a press-cake by-product of pumpkin seed oil extraction, is increasingly recognised as a high-value functional ingredient. Pumpkin seeds and their oil cakes contain 14,05–39,75 % protein, substantial amounts of dietary fibre, minerals (Zn, Mg) and bioactive compounds such as tocopherols, carotenoids and phenolic acids. Functional studies have shown that pumpkin seed kernel flour exhibits high water- and oil-holding capacities and can act as a fat replacer and structuring agent in meatballs and beef patties, decreasing total fat and energy value while maintaining or improving texture and sensory acceptance. Moreover, incorporation of pumpkin seed oil or seed-based emulsions into cooked meat products has been reported to reduce lipid oxidation during storage and to enhance nutritional and technological quality. These findings suggest that pumpkin seed cake can serve both as a carrier of antioxidants and as a physical barrier limiting moisture and fat migration during thermal processing [8-12].

Therefore, the aim of the present study was to develop and scientifically substantiate the formulation and processing conditions of a horse-meat roulade enriched with calamus rhizome, a humic–fulvic acid complex and pumpkin seed cake, and to evaluate their combined effects on the proximate composition, pH and lipid oxidation indices, cooking loss, microbiological safety, amino-acid profile and sensory characteristics of the finished product.

Materials and methods

For the investigation of the impact of plant components on the quality attributes of meat products, horse meat-based roll (roulade) samples were prepared at the Educational and Scientific Center of Meat Processing of the Almaty Technological University.

The following components of plant origin were purchased for the experiment:

- Calamus Rhizome - dried crushed raw material with a specific aroma and bitter-spicy flavor.
- Complex of humic and fulvic acids ‘T8 Tayga Stone’ - a natural concentrated product containing active humic and fulvic acids with antioxidant properties.
- Pumpkin seed cake is a secondary plant product after oil pressing, characterized by a high content of dietary fibre, minerals and antioxidants.

For the study, horse meat was purchased from the local market. After acquisition, the meat was subjected to technological operations: cutting, deboning. Next, the meat was cut into 200 g pieces

with a weight of about 1 cm thick and prepared for the wet salting process.

A brine base including 1.5 litres of water, 75 g table salt and 0.3 g sodium nitrite was made to prepare the brine. Portions of meat were placed in a specially purchased plastic dish (GN1/6 polypropylene/Schneider/Germany) and poured 100 ml of the prepared brine base. Then, humic-fulvic acid complex and, previously brewed in hot water and cooled to room temperature, calamus rhizome (100 ml) were introduced into the brine. The amount of plant-based components was calculated according to the experimental matrix as a percentage of the meat weight (200 g). The total volume of brine for each sample was 200 ml.

The brining process was carried out at $2\pm 2^\circ\text{C}$ and lasted 24 hours.

After completion of the salting process, the meat samples were removed from the brine and further prepared for heat treatment. The pumpkin seed cake was ground to powder using a nano-crusher (Grindomix GM 200, Retsch, Germany) to obtain a homogeneous fine structure. Then, water was gradually added to the obtained powder, mixing thoroughly until a homogeneous paste-like consistency was achieved, which was convenient for application to the surface of meat.

The obtained paste from pumpkin seeds evenly covered the surface of each meat sample in the amount of 5% of the weight of meat raw material, after which the products were formed in the form of rolls. The prepared rolls were hermetically wrapped in thin aluminium foil and placed in a heat chamber (UK-3\1M100, Techtron+, Russia). Heat treatment was carried out at 110°C until the temperature in centre of the roll reached 78°C , which was monitored using a thermometer with a probe.

After completion of thermal treatment, the rolls were cooled to room temperature ($20\pm 2^\circ\text{C}$) in air. Then the finished samples were placed in storage at refrigerator temperature ($2\pm 2^\circ\text{C}$) until the organoleptic evaluation and laboratory tests aimed at studying the effect of plant components on the quality parameters of the meat product.

Laboratory analyses of the final products were conducted at the accredited testing laboratory “Food Safety” of Almaty Technological University (Certificate accreditation No.KZ. T.02.E1158).

The mass fraction of protein in the pâté samples was determined in accordance with GOST 25011-2017 “Meat and meat products. Protein determination methods”.

The mass fraction of fat was determined according to GOST 23042-2015 “Meat and meat products. Methods of fat determination”.

The mass fraction of carbohydrates was determined by the permanganometric method, the principle of which is based on the oxidation of organic reducing substances in the sample by a potassium permanganate solution in an acidic medium, with subsequent calculation of carbohydrate content from the volume of oxidant consumed relative to a standard solution.

The amino acid composition was determined by ion-exchange (or capillary) chromatography using a procedure based on GOST R 55569-2013 “Feedstuffs, compound feeds, feed raw materials. Determination of proteinogenic amino acids using capillary electrophoresis”, adapted for meat systems.

Thiobarbituric acid number (TBA) was determined according to GOST R 55810-2013. The method is based on spectrophotometric measurement of the intensity of colouration arising from the interaction of fat oxidation products with thiobarbituric acid, which allows to assess the degree of oxidative damage of the fat component of meat.

The pH value was determined by potentiometric method. The essence of the method is the direct measurement of hydrogen ion activity using a glass electrode potentiometer, which allows to quickly and accurately determine the acidity of the meat sample under study.

The mass loss of meat samples was calculated from the sample weight values before heat treatment, and the sample weight values after heat treatment. The mass loss reflected the weight of the sample after heat treatment (B) as a

percentage of the weight of the sample before heat treatment (A), as shown by the equation below:

$$Mass\ loss\ (\%) = \left[\frac{A-B}{A} \right] \times 100 \quad (1),$$

The organoleptic evaluation of the meat product was carried out in accordance with GOST 9959-2015 “Meat and meat products. General requirements for organoleptic evaluation.” This method involves the systematic assessment of sensory characteristics such as appearance, color, smell, texture, and taste. The samples were subjected to organoleptic evaluation using a 5-point scale.

The total viable count of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (TVC, KMAFAnM) was determined in accordance with GOST 21237-75 “Meat. Methods of bacteriological analysis”.

Results and discussion

The introduction of plant-derived components markedly modified the basic chemical composition of the horse-meat roulade (Table 1). In the experimental sample, protein content decreased from 28,2% to 19,12%, which corresponds to a reduction of approximately 32,2%. Fat content was reduced even more substantially – from 14,8% in the control to 8,7% in the experimental sample (–41,2%). At the same time, the incorporation of plant ingredients contributed 5,6% carbohydrates, which were absent in the control formulation. As a consequence, the calculated energy value of the control sample amounted to about 246,0 kcal/100 g, whereas the experimental roulade provided approximately 177,2 kcal/100 g, the caloric density was lowered by nearly 28,0%.

Table 1. Physicochemical and microbiological characteristics of horse meat roulade samples

Indicator	Control	Experimental
Physico-chemical parameters:		
Protein content, %	28.2±0.42	19.12±0.29
Fat content, %	14.8±0.21	8.7±0.13
Carbohydrates content, %	-	5.6
pH, units	6.1	5.8
TBA, mg MDA/kg	0,45	0,31
Mass loss, %	32,8	17,01
Microbiological parameter:		
TVC (CFU/g)	8.1×10 ²	7.2×10 ²

The use of plant components also influenced technological and oxidative stability parameters. The pH value decreased from 6,1 in the control to 5,8 in the experimental sample, indicating a slight acidification of the meat matrix, which is generally favourable for microbiological stability and colour retention. The thiobarbituric acid (TBA) index, reflecting the level of secondary lipid oxidation products, decreased from 0,45 to 0,31 mg MDA/kg, which corresponds to a reduction of about 31,1% and confirms the antioxidant potential of the added plant ingredients. Thermal losses during cooking were also markedly reduced: cook loss decreased from 32,8% in the control to 17,01% in the experimental roulade (-48,1%), indicating

improved water- and fat-binding capacity and a more stable structure during heat treatment.

Microbiological evaluation showed that the total viable count (TVC) remained within acceptable limits for ready-to-eat meat products. TVC values were $7,2 \times 10^2$ CFU/g for the control and $8,1 \times 10^2$ CFU/g for the experimental sample, both remaining below the regulatory threshold of 1×10^3 CFU/g established by the normative documentation. A slight increase in TVC in the experimental product does not exceed the permissible level and, in combination with the lower pH and reduced TBA values, indicates that the inclusion of plant components does not compromise microbiological safety under the tested storage conditions.

Table 2. Amino acid composition of a horse meat roulade experimental sample

Component	Height	Start	End	Area	Concentration, mg/L	Amino acid mass fraction, %
Arginine	1.267	3.375	4.300	15.38	22.0	1.407±0.563
Lysine	3.608	4.430	4.548	30.12	35.0	2.401±0.630
Tyrosine	0.808	4.545	4.661	13.75	13.0	0.893±0.372
Phenylalanine	0.583	4.648	4.768	15.13	18.0	0.911±0.455
Histidine	0.663	4.876	4.950	16.01	21.0	0.916±0.475
Leucine + Isoleucine	1.560	4.948	5.078	31.42	26.0	1.138±0.458
Methionine	0.770	4.995	5.103	11.42	9.5	0.786±0.267
Valine	1.157	5.078	5.162	21.06	17.0	1.703±0.396
Proline	1.630	5.105	5.182	27.49	22.0	1.736±0.569
Threonine	1.511	5.242	5.323	26.12	14.0	1.159±0.384
Serine	2.450	5.323	5.392	49.45	21.0	1.738±0.452
Alanine	2.678	5.558	5.632	50.18	17.0	1.407±0.478

Chromatographic analysis of the experimental horse-meat roulade showed a nutritionally valuable and well-balanced amino acid profile (Table 2). Among the essential amino acids, lysine had the highest mass fraction (2,401±0,630%), confirming the product as a rich source of lysine, which is critical for growth and muscle protein turnover. Noticeable contributions were also observed for valine (1,703±0,396%), threonine (1,159±0,384%) and the leucine+isoleucine fraction (1,138±0,458%), providing branched-chain amino acids involved in energy metabolism and regulation of protein synthesis. Methionine showed the lowest level among indispensable amino acids (0,786±0,267%), but

remains sufficient when the product is considered as part of a mixed diet.

The non-essential and conditionally essential amino acids further characterise the protein matrix of the roulade. Elevated levels of proline (1,736±0,569%) and serine (1,738±0,452%) suggest a significant proportion of collagen-derived and structurally organised proteins typical of horse meat. Alanine and arginine, together with histidine, complement the profile with amino acids participating in buffering, nitric oxide metabolism and maintenance of metabolic homeostasis, indicating that the incorporation of plant components did not deteriorate the overall amino acid quality of the product.

Table 3. Amino acid score of a horse meat roulade experimental sample

Amino acid	A _j , g/100 g protein	A _{ref} , g/100 g protein	AAS, %	ΔAAS, %	CAAS, %	BV, %	a _j
Lysine	12,56	5,5	228,32	174,21	98,19	139,86	1
Tyrosine + Phenylalanine	9,44	6	157,25	103,14			0,69
Leucine + Isoleucine	5,95	11	54,11	0			0,24
Methionine	4,11	3	137,03	82,92			0,6
Valine	8,91	4,8	185,56	131,45			0,81
Threonine	6,06	4	151,54	97,43			0,66

The amino acid score analysis of the experimental horse-meat roulade confirms the high biological value of its protein and highlights certain features of its limiting amino acid pattern (Table 1). Lysine shows the highest amino acid score (AAS - 228,32%), indicating a pronounced excess relative to the reference pattern and confirming the product as an excellent source of this essential amino acid. Valine, tyrosine+phenylalanine, threonine and methionine also exceed 100%, which means that their supply in 100 g protein of the roulade fully covers and even surpasses physiological requirements. In contrast, the

leucine+isoleucine pair demonstrates the lowest score (54,11%) and therefore acts as the first limiting amino acid combination in the protein system. Its normalized coefficient (a_j- 0,24) reflects the fact that the effective utilisation of other indispensable amino acids will be constrained primarily by this fraction. The coefficient of amino acid score differences (CAAS) reaches 98,19%, while the biological value calculated by the amino acid index method (BV) equals 139,86 %, which allows the protein of the experimental roulade to be classified as highly valuable.

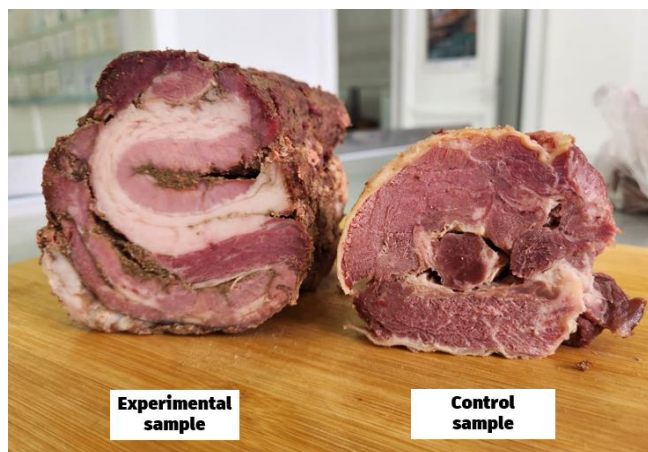


Figure 1. Cross-sectional surface of horse meat roulade samples

Evaluation of the roulade cross-sections showed clear visual differences between the control and experimental samples (Fig.1). The control sample has a more compact, irregular structure with loosely arranged muscle bundles and less clearly separated layers of lean and fatty tissue. In contrast, the experimental roulade demonstrates

a well-defined rolled architecture with distinct alternating layers of darker muscle and lighter intermuscular fat, as well as a clearly visible band of plant coating between the layers. This layered structure gives the experimental sample a more uniform shape, a cleaner cut surface and a visually “crafted” appearance.

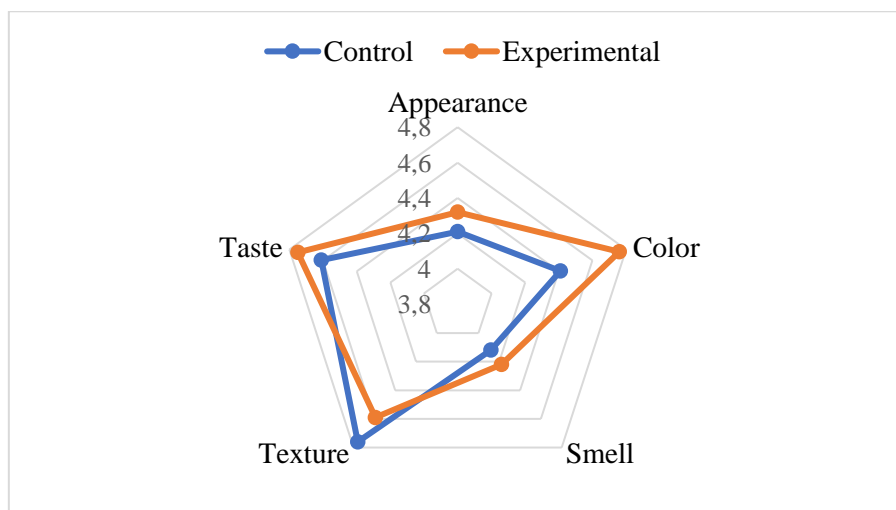


Figure 2. Profilogram of sensory profile of horse meat roulade samples

The sensory profile, assessed on a 5-point scale (Fig.2), confirms the visual impression. The experimental sample received slightly higher scores for appearance, colour and smell, indicating that the use of plant components improved surface colour intensity and aromatic perception without introducing off-flavours. Texture scores were high for control sample (control – 4,76; experimental – 4,59) but differed only marginally, suggesting that the partial replacement of animal raw material did not negatively affect perceived juiciness or tenderness. The integrated sensory score increased from 4,42 in the control to 4,53 in the experimental sample, which indicates that the experimental sample of roulade is at least not inferior, and in several attributes slightly superior, to the traditional product in overall consumer acceptability.

Partial replacement of meat and fat by plant ingredients and additional bound moisture reduced the protein content and the fat content of the experimental sample. At the same time, the appearance of carbohydrates (5,6%) is explained by the presence of non-starch polysaccharides and residual soluble carbohydrates from pumpkin seed cake and calamus infusion. As a result, the calculated energy value decreased, which indicates a successful reduction of caloric density while preserving a high amino-acid score. Similar changes in proximate composition were reported when pumpkin seed kernel flour or paste was used as a fat replacer or functional ingredient in meatballs and cooked meat batters, where Öztürk et al. and Ferrer-González et al. observed decreased fat content and energy value alongside an improved fatty-acid profile and enhanced nutritional functionality of the products[13, 14].

The slight but consistent decrease in pH in the experimental roulade reflects the cumulative

acidifying effect of the humic–fulvic complex and phenolic acids from the calamus rhizome. Humic and fulvic acids are weak polyelectrolytes rich in carboxyl and phenolic groups, which can donate protons and shift the equilibrium toward lower pH, while plant polyphenols additionally contribute to acidification and buffering of the muscle matrix. A moderate decrease of ultimate pH in this range is generally associated with improved water-holding capacity and reduced exudative losses due to more favourable protein hydration, as shown for pork and mutton by Jankowiak et al. and Moustafa et al., which is in line with the lower cooking loss observed in our experimental variant[15, 16].

Lipid oxidation, assessed by the TBA index, was substantially reduced in the experimental sample compared with the control, representing a decrease of about 31%. This effect is consistent with the high radical-scavenging capacity of calamus rhizome extracts, which are rich in phenolic compounds and asarone derivatives, and have been shown by Shukla et al. and Dinev et al. to exhibit pronounced antioxidant activity in model food systems and against mycotoxigenic fungi[17, 18].

The most pronounced technological effect of the plant complex was the almost two-fold reduction in cooking loss, from 32,8% in the control to 17,01% in the experimental sample. This can be explained by several complementary mechanisms. First, the external paste from pumpkin seed cake forms a semi-continuous plant “coating” around the roulade, which acts as a barrier to moisture and fat migration during heating, analogous to the protective effect of pumpkin seed paste and oleogel systems on yield and juiciness in cooked meat batters reported by Ferrer-González et al. Second, the slightly lower pH, together with the presence of humic–fulvic

acids capable of binding metal ions and interacting with muscle proteins, likely improves the water-holding capacity of myofibrillar structures and stabilises the gel network formed during heating, in accordance with classical relationships between pH, protein hydration and drip loss described for different types of meat. Finally, dietary fibre and protein from the pumpkin seed cake can absorb exuded juices and retain them within the plant–meat matrix, further limiting mass loss [19, 20].

Microbiological analysis showed low total viable counts in both samples, with a slight advantage of the experimental roulade and both values remain below the regulatory limit of 1×10^3 CFU/g for this category of cooked meat products, but the 11% reduction in TVC suggests a mild preservative effect of the plant complex. Calamus rhizome extracts and essential oil demonstrate broad-spectrum antifungal and antibacterial activity against food-spoiling microorganisms, as shown by Shukla et al. and other authors, due to membrane-active phenylpropanoids and phenolic compounds. Humic substances also display antibacterial properties related to their polyphenolic fragments and ability to chelate essential ions, as reported by Verrillo et al., while pumpkin seed components have been proposed as natural preservatives that improve colour and shelf-life of meat products. Thus, the slightly lower microbial load of the experimental roulade can be attributed to the synergistic antimicrobial action of calamus phenolics, humic–fulvic acids and pumpkin seed bioactives superimposed on the thermal lethality of the cooking process [21, 22].

Conclusion

The incorporation of calamus rhizome, a humic–fulvic acid complex and pumpkin seed cake into the horse-meat roulade led to a substantial reformulation of its nutritional and technological profile. Partial replacement of meat and fat by plant ingredients reduced protein from 28,2% to 19,12% and fat from 14,8% to 8,7%, while introducing 5,6% carbohydrates and lowering the calculated energy value from approximately 246,0 to 177,2 kcal/100 g. These compositional shifts were accompanied by a decrease in pH from 6,1 to 5,8 and a pronounced reduction in lipid oxidation, with TBA values declining from 0,45 to 0,31 mgMDA/kg. At the same time, cooking loss was almost halved, from 32,8 % in the control to 17,01 % in the experimental variant, indicating improved water- and fat-binding and a more stable structure during heat treatment. TVC values were $7,2 \times 10^2$ CFU/g for the control and $8,1 \times 10^2$ CFU/g for the experimental sample, both remaining below the regulatory threshold of 1×10^3

CFU/g established by the normative documentation, confirming that the plant complex did not compromise, and may modestly enhance microbiological safety under the tested conditions.

Sensory evaluation demonstrated that these technological and biochemical modifications were not achieved at the expense of consumer-relevant quality. The experimental roulade showed equal or superior scores for appearance, colour, smell and taste compared with the control, with only a minor and non-critical decrease in texture score. Taken together, the data indicate that the combined use of calamus rhizome, humic–fulvic acids and pumpkin seed cake enables the development of a horse-meat roulade with reduced caloric density, attenuated lipid oxidation, lower cooking losses and stable microbiological quality, while maintaining high sensory acceptability.

Acknowledgments, conflict of interest (funding)

The research was carried out within the framework of the project IRN BR24993234 “Innovative technologies for the production of national products: intensification and digitalization of meat and dairy products.”

REFERENCES

1. Abilmazhinov Y. et al. Physical-Chemical and Amino Acid Composition of Horsemeat //International Journal of Pharmaceutical Research (09752366). – 2020. – T. 12. – №. 3. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.03.256>
2. Stanisławczyk R., Rudy M., Rudy S. The quality of horsemeat and selected methods of improving the properties of this raw material //Processes. – 2021. – T. 9. – №. 9. – C. 1672. <https://doi.org/10.3390/pr9091672>
3. Zhao Y. et al. Ethnic, botanic, phytochemistry and pharmacology of the Acorus L. genus: A review //Molecules. – 2023. – T. 28. – №. 20. – C. 7117. <https://doi.org/10.3390/molecules28207117>
4. Kongkham B., Duraivadivel P., Hariprasad P. Acorus calamus L. rhizome extract and its bioactive fraction exhibits antibacterial effect by modulating membrane permeability and fatty acid composition //Journal of Ethnopharmacology. – 2024. – T. 331. – C. 118323. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118323>
5. Velichkova K., Sirakov I., Stoyanova S. Growth efficiency, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.), fed with supplement of sweet flag extract (*Acorus calamus* L.) //Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2020. – T. 26. URL: agrojournal.org/26/01s-22.pdf
6. Arif M. et al. Humic acid as a feed additive in poultry diets: A review //Iranian journal of veterinary research. – 2019. – T. 20. – №. 3. – C. 167. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31656520/>
7. Marcinčák S. et al. Humic substances as a feed supplement and the benefits of produced chicken meat

//Life. – 2023. – Т. 13. – №. 4. – С. 927. <https://doi.org/10.3390/life13040927> (ENG)

8. Hadidi M. et al. Pumpkin seed as a sustainable source of plant-based protein for novel food applications //Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2025. – С. 1-26. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2505235>

9. Xie Y. et al. Pumpkin Seed Proteins: The Potentially Alternative Protein Supplements for Food Applications //Foods. – 2025. – Т. 14. – №. 22. – С. 3969. <https://doi.org/10.3390/foods14223969>

10. Serdaroglu M. et al. Evaluation of the quality of beef patties formulated with dried pumpkin pulp and seed //Korean journal for food science of animal resources. – 2018. – Т. 38. – №. 1. – С. 1. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.38.1.001>

11. Kaisarova, A., Shingisov, A., Mukhametov, A., & Kenenbay, S. (2024). Development of Technology for Producing Combined Meat Chips With Reduced Sodium Content. Journal of Food Process Engineering, (Volume 47, Issue 12, December 2024) (2024), J Food Process Eng, 47: e70004. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70004>

12. Kenenbay Sh.Y., Korzeniowska M., Tortai A.N., Krasnikov A.S. Study of the influence of plant – based components on the physicochemical and organoleptic properties of meat product, Vestnik KazUTB, vol. 4, issue. 29, December 2025, doi:10.58805/kazutb.v.4.29-1119. p.485-495. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.4.29-1119>

13. Öztürk T., Turhan S. Physicochemical properties of pumpkin (Cucurbita pepo L.) seed kernel flour and its utilization in beef meatballs as a fat replacer and functional ingredient //Journal of food processing and preservation. – 2020. – Т. 44. – №. 9. – С. e14695. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14695>

14. Ferrer-González B. M., García-Martínez I., Totosaus A. Textural properties, sensory acceptance and fatty acid profile of cooked meat batters employing pumpkin seed paste or soybean oil oleogel as fat replacers //Grasas y Aceites. – 2019. – Т. 70. – №. 3. – С. e320-e320. <https://doi.org/10.3989/gya.1055182>

15. Jankowiak H., Cebulska A., Bocian M. The relationship between acidification (pH) and meat

quality traits of polish white breed pigs //European Food Research and Technology. – 2021. – Т. 247. – №. 11. – С. 2813-2820. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03837-4>

16. Moustafa A. K. et al. Effect of Plant Polyphenols and Ascorbic Acid on Physio-Chemical Characteristics of Sausage //Alexandria Journal of Veterinary Sciences. – 2021. – Т. 69. – №. 1. <https://doi.org/10.5455/ajvs.38728>

17. Shukla R. et al. Efficacy of Acorus calamus L. essential oil as a safe plant-based antioxidant, Aflatoxin B1 suppressor and broad spectrum antimicrobial against food-infesting fungi //International Journal of Food Science and Technology. – 2013. – Т. 48. – №. 1. – С. 128-135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03168.x>

18. Dinev T. et al. Antifungal and antioxidant potential of methanolic extracts from Acorus calamus L., Chlorella vulgaris Beijerinck, Lemna minuta Kunth and Scenedesmus dimorphus (Turpin) Kützing //Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 11. – С. 4745. <https://doi.org/10.3390/app11114745>

19. Hussain A. et al. A Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits //Food Chemistry Advances. – 2022. – Т. 1. – С. 100067.

20. Hricikova S. et al. Humic substances as a versatile intermediary //Life. – 2023. – Т. 13. – №. 4. – С. 858. <https://doi.org/10.3390/life13040858>

21. Verrillo M. et al. Antibacterial and antioxidant properties of humic substances from composted agricultural biomasses //Chemical and Biological Technologies in Agriculture. – 2022. – Т. 9. – №. 1. – С. 28. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00291-6>

22. Bayat H. et al. Comparative effects of humic and fulvic acids as biostimulants on growth, antioxidant activity and nutrient content of yarrow (Achillea millefolium L.) //Scientia Horticulturae. – 2021. – Т. 279. – С. 109912. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109912>

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУР ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ХЛЕБА: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР

¹А.Д. НУРМАНОВА* , ²М.Ж. КИЗАТОВА ,
³Д.А. ШАЙМЕРДЕНОВА , ¹А.Б. АБУОВА 

¹Международный инженерно-технологический университет, Республика Казахстан, 050012, Алматы, пр.Аль-Фараби, 93г/5

²НАО Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Республика Казахстан, 050012, Алматы, ул.Төле би 94

³ТОО «НПП «Инноватор», Республика Казахстан, 010000, Астана, ул.Каратал 2)
Электронная почта автора-корреспондента: nurmanovaakzharkyn@gmail.com*

В условиях возрастающего интереса к здоровому питанию и функциональным продуктам питания хлебные изделия рассматриваются как перспективный объект для целенаправленного формирования функциональных свойств. Современное развитие пищевых технологий требует перехода от эмпирического подбора рецептур к научно обоснованным методам моделирования и оптимизации состава хлебных изделий. Целью данной обзорной статьи является систематизация и анализ современных подходов к моделированию и оптимизации рецептур функционального хлеба с заданными технологическими, пищевыми и потребительскими свойствами. В работе рассмотрены основные направления исследований, связанные с использованием функциональных ингредиентов, математических, вычислительных и data-driven методов моделирования рецептур. Научная значимость исследования заключается в комплексном обобщении современных методов моделирования рецептур функционального хлеба и выявлении их преимуществ и ограничений. Практическая значимость обусловлена возможностью применения рассмотренных подходов при разработке новых хлебных изделий с прогнозируемыми свойствами и стабильным качеством. Методология исследования основана на анализе и обобщении научных публикаций, индексируемых в международных базах данных, с использованием методов системного анализа, сравнительного анализа и классификации. В результате проведенного обзора выявлены ключевые тенденции развития моделирования рецептур функционального хлеба, показана эффективность методов математической оптимизации и компьютерного моделирования при формировании заданных функциональных свойств. Сделан вывод о перспективности интеграции цифровых и интеллектуальных технологий в процессы разработки хлебных изделий. Ценность исследования заключается в формировании научной базы для дальнейших исследований в области моделирования функциональных хлебных изделий. Практическое значение результатов состоит в возможности их использования в научных исследованиях, образовательном процессе и хлебопекарной промышленности.

Ключевые слова: функциональный хлеб, моделирование рецептур, оптимизация, функциональные ингредиенты, хлебные изделия, пищевая ценность.

ФУНКЦИОНАЛДЫҚ НАН РЕЦЕПТУРАЛАРЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ: КЕШЕНДІ ШОЛУ

¹А.Д. НУРМАНОВА*, ²М.Ж. КИЗАТОВА, ³Д.А. ШАЙМЕРДЕНОВА, ¹А.Б. АБУОВА

¹Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы, Аль-Фараби даңғылы, 93г/5

²С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы, Төле би көшесі, 94

³«Инноватор» ҒӨК» ЖШС, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана, Каратал көшесі, 2)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: nurmanovaakzharkyn@gmail.com*

Салауатты тамақтану мен функционалдық тағам өнімдеріне деген қызығушылықтың артуы жағдайында нан өнімдері функционалдық қасиеттерді мақсатты түрде қалыптастыру үшін перспективалы объект ретінде қарастырылуда. Қазіргі заманғы тағам технологияларының дамуы рецептураларды эмпирикалық іріктеуден нан өнімдерінің құрамын модельдеу мен оңтайландырудың ғылыми негізделген әдістеріне көшуді талап етеді. Осы шолу мақаласының мақсаты — берілген технологиялық, тағамдық және тұтынушылық қасиеттерге ие

функционалдық нан рецептураларын модельдеу мен оңтайландырудың заманауи тәсілдерін жүйелеу және талдау. Жұмыста функционалдық ингредиенттерді қолдануға, сондай-ақ рецептураларды модельдеудің математикалық есептеуі және data-driven әдістеріне байланысты зерттеулердің негізгі бағыттары қарастырылған. Зерттеудің ғылыми маңыздылығы функционалдық нан рецептураларын модельдеудің қазіргі заманғы әдістерін кеиенді түрде жинақтау және олардың артықшылықтары мен шектеулерін анықтаумен сипатталады. Практикалық маңыздылығы қарастырылған тәсілдерді болжамды қасиеттері мен тұрақты сапасы бар жаңа нан өнімдерін әзірлеу барысында қолдану мүмкіндігімен айқындалады. Зерттеу әдіснамасы халықаралық дерекқорларда индекстелген ғылыми жарияланымдарды талдау мен жалпылауға негізделген және жүйелік талдау, салыстырмалы талдау және жіктеу әдістерін қамтиды. Жүргізілген шолу нәтижесінде функционалдық нан рецептураларын модельдеу саласының дамуының негізгі үрдістері анықталды, сондай-ақ берілген функционалдық қасиеттерді қалыптастыруда математикалық оңтайландыру және компьютерлік модельдеу әдістерінің тиімділігі көрсетілді. Нан өнімдерін әзірлеу үдерістеріне цифрлық және интеллектуалдық технологияларды интеграциялаудың перспективалығы туралы қорытынды жасалды. Зерттеудің құндылығы функционалдық нан өнімдерін модельдеу саласындағы болашақ зерттеулерге арналған ғылыми негіз қалыптастыруында. Алынған нәтижелердің практикалық маңызы оларды ғылыми зерттеулерде, білім беру үдерісінде және нан-тоқаш өнеркәсібінде қолдану мүмкіндігімен анықталады.

Негізгі сөздер: функционалдық нан, рецептураларды модельдеу, оңтайландыру, функционалдық ингредиенттер, нан өнімдері, тағамдық құндылық.

MODELING AND OPTIMIZATION OF FUNCTIONAL BREAD FORMULATIONS: A COMPREHENSIVE REVIEW

¹A.D. NURMANOVA*, ²M.ZH. KIZATOVA, ³D.A. SHAIMERDENOVA, ¹A.B. ABUOVA

¹International Engineering Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Al-Farabi avenue, 93G/5

²Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 94

³LLP “Innovator” Research and Production Enterprise, Kazakhstan, 010000, Astana, Karatal Street, 2)

Corresponding author’s e-mail: nurmanovaakzharkyn@gmail.com*

In the context of the growing interest in healthy nutrition and functional food products, bakery products are considered a promising object for the targeted formation of functional properties. The modern development of food technologies necessitates a transition from empirical recipe selection to scientifically grounded methods for modeling and optimizing the composition of bakery products. The aim of this review article is to systematize and analyze contemporary approaches to the modeling and optimization of functional bread formulations with predefined technological, nutritional, and consumer properties. The paper examines the main research directions related to the use of functional ingredients, as well as mathematical, computational, and data-driven methods for formulation modeling. The scientific significance of the study lies in the comprehensive generalization of modern methods for modeling functional bread formulations and in identifying their advantages and limitations. The practical significance is determined by the potential application of the reviewed approaches in the development of new bakery products with predictable properties and stable quality. The research methodology is based on the analysis and synthesis of scientific publications indexed in international databases, employing methods of system analysis, comparative analysis, and classification. As a result of the conducted review, key trends in the development of functional bread formulation modeling were identified, and the effectiveness of mathematical optimization and computer modeling methods in shaping targeted functional properties was demonstrated. A conclusion was drawn regarding the перспективность of integrating digital and intelligent technologies into bakery product development processes. The value of the study lies in establishing a scientific foundation for further research in the field of functional bakery product modeling. The practical relevance of the results consists in their applicability in scientific research, educational activities, and the baking industry.

Keywords: functional bread, formulation modeling, optimization, functional ingredients, bakery products, nutritional value

Введение

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к разработке функциональных продуктов питания, направленных на улучшение пищевого статуса населения и профилактику алиментарно-зависимых заболе-

ваний. В этом контексте хлебные изделия, являясь продуктами массового и ежедневного потребления, представляют собой перспективный объект для целенаправленного формирования функциональных свойств. Их рецептурный состав и технологические параметры

позволяют эффективно интегрировать функциональные ингредиенты без существенного изменения пищевых привычек потребителей [1, 2].

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых обогащению хлеба пищевыми волокнами, белковыми компонентами, витаминами, минеральными веществами и биологически активными соединениями, в большинстве случаев разработка рецептур по-прежнему основывается на эмпирическом подходе. Такой подход характеризуется высокой трудоёмкостью, ограниченной воспроизводимостью результатов и недостаточной предсказуемостью конечных свойств продукта [3]. В то же время усложнение рецептурного состава и ужесточение требований к качеству, безопасности и стабильности функциональных хлебных изделий обуславливают необходимость применения научно обоснованных методов моделирования и оптимизации [4].

Современные достижения в области математического моделирования, планирования эксперимента [5], компьютерных и data-driven технологий открывают новые возможности для рационального проектирования рецептур хлебных изделий с заданными функциональными, технологическими и потребительскими характеристиками. Однако анализ научной литературы показывает фрагментарность существующих исследований, отсутствие систематизированного обзора методов моделирования и недостаточную интеграцию полученных знаний в практику хлебопекарной промышленности [6]. Это формирует проблемную ситуацию, связанную с отсутствием единого методологического подхода к моделированию рецептур функционального хлеба.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью обобщения и анализа современных научных подходов к моделированию и оптимизации рецептур функциональных хлебных изделий, а также выявления их потенциала и ограничений с точки зрения теории и практики пищевых технологий.

Объектом исследования являются функциональные хлебные изделия как продукты питания с заданными свойствами.

Предметом исследования являются методы и подходы к моделированию и оптимизации рецептур функционального хлеба.

Целью данной обзорной статьи является систематизация и анализ современных методов моделирования и оптимизации рецептур функционального хлеба с заданными технологи-

ческими, пищевыми и потребительскими характеристиками.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

– проанализировать современные представления о функциональных хлебных изделиях и их классификации;

– обобщить данные о функциональных ингредиентах, используемых при моделировании рецептур хлеба;

– рассмотреть основные подходы к математическому, компьютерному и data-driven моделированию рецептур;

– оценить методы оптимизации рецептур функционального хлеба с учётом многокритериальных ограничений;

– определить современные тенденции и перспективы развития данной области исследований.

В качестве методов исследования использованы анализ и обобщение научной литературы, системный и сравнительный анализ, классификация и синтез научных данных. Методологической основой работы послужили труды отечественных и зарубежных исследователей, опубликованные в рецензируемых научных изданиях.

Гипотеза исследования заключается в том, что применение комплексных методов моделирования и оптимизации позволяет повысить эффективность разработки функциональных хлебных изделий, обеспечивая прогнозируемость их свойств, стабильность качества и соответствие современным требованиям питания.

Научное и практическое значение настоящей работы состоит в формировании систематизированной базы знаний, которая может быть использована для дальнейших научных исследований, разработки инновационных хлебных изделий и внедрения современных цифровых технологий в хлебопекарную промышленность.

Материалы и методы

Материалом исследования послужили научные публикации, посвящённые разработке, моделированию и оптимизации рецептур функциональных хлебных изделий, индексируемые в международных базах данных Scopus и Web of Science. В анализ включены статьи, опубликованные преимущественно в период 2010–2024 гг., что обеспечивает актуальность и современный уровень рассматриваемых данных.

Общий массив проанализированных источников составил более 120 публикаций, из которых 65 научных статей были отобраны для

детального анализа на основании следующих критериев:

– наличие экспериментального или моделируемого подхода к разработке хлебных изделий;

– количественная оценка функциональных, технологических и/или потребительских показателей;

– применение методов математического, компьютерного или data-driven моделирования;

– публикация в рецензируемых журналах.

Современные зарубежные исследования демонстрируют, что добавление функциональных ингредиентов в хлебные изделия оказывает статистически значимое влияние как на пищевую ценность, так и на технологические характеристики продукта [7]. Так, Miranda et al. (2016) показали, что введение пищевых волокон в количестве 4–8 % от массы муки повышает общее содержание диетических волокон в хлебе на 25–60 %, однако приводит к снижению удельного объёма на 10–20 % и увеличению твёрдости мякиша [8]. Аналогичные результаты получены Dziki et al. (2014), которые установили, что обогащение пшеничного хлеба антиоксидантсодержащими добавками улучшает антиоксидантную активность на 30–50 %, но требует корректировки водопоглощения теста для сохранения текстурных характеристик [9].

Фундаментальные исследования в области пищевой инженерии подчёркивают ограниченность эмпирического подхода при разработке сложных многокомпонентных рецептур. Van Boekel (2008) обосновал необходимость применения кинетического и регрессионного моделирования для прогнозирования качества пищевых продуктов, указав, что вариабельность экспериментальных данных без математической обработки может достигать 20–40 % [10]. Singh и Heldman (2014) показали, что использование математических моделей позволяет сократить число экспериментальных испытаний и повысить воспроизводимость результатов при масштабировании технологий [11].

Значительный вклад в развитие методов моделирования рецептур хлебных изделий внесли исследования Baş и Boyacı (2007), в которых применение Response Surface Methodology (RSM) и планов Box–Behnken и Central Composite Design позволило оптимизировать рецептуры при снижении количества экспериментов на 30–50 % [12]. Purlis (2019) продемонстрировал эффективность интеграции моделирования технологических параметров выпечки (температура 180–230 °С, время 20–40 мин) с показателями качества

хлеба, что позволило повысить стабильность объёмного выхода и текстуры готовых изделий [13].

В последние годы в литературе активно обсуждается применение методов машинного обучения для моделирования и оптимизации рецептур хлеба. Vevilacqua et al. (2020) показали, что использование искусственных нейронных сетей (ANN) позволяет прогнозировать текстурные характеристики хлеба с точностью $R^2 > 0,90$, превосходя традиционные регрессионные модели [14]. Zhu (2021) подчёркивает, что data-driven подходы открывают возможности многокритериальной оптимизации рецептур с учётом пищевой ценности, технологичности и сенсорных свойств, однако отмечает отсутствие унифицированных методологических схем их применения в хлебопекарной отрасли [15].

Анализ зарубежных исследований показывает, что количественные характеристики функциональных ингредиентов в рецептурах хлебных изделий варьируют в достаточно широких диапазонах, что отражает сложность обеспечения баланса между функциональностью и технологической пригодностью продукта. В работах Miranda et al. (2016) установлено, что содержание пищевых волокон в хлебных рецептурах, как правило, составляет от 2 до 12 % от массы муки [16]. При уровнях введения 2–4 % достигается умеренное повышение физиологической ценности без существенного ухудшения текстурных характеристик, тогда как при увеличении доли волокон до 8–12 % наблюдается значительное повышение общего содержания диетических волокон (до 60 %), сопровождающееся снижением удельного объёма хлеба и увеличением твёрдости мякиша. Эти данные подчёркивают необходимость применения методов моделирования для корректировки водопоглощения и структуры теста.

Белковые добавки, включая растительные белки бобовых культур и концентраты, в проанализированных исследованиях использовались в диапазоне 3–15 % от массы муки. Согласно данным Balestra и Coccì (2020), введение белковых компонентов на уровне 5–8 % способствует повышению содержания белка и улучшению аминокислотного профиля хлеба, однако при концентрациях выше 10–12 % отмечается ухудшение газодерживающей способности теста и снижение органолептической оценки продукта [17]. Это указывает на необходимость многокритериальной оптимизации рецептур с учётом как пищевой, так и технологической ценности.

Использование композитных мучных смесей, включающих цельнозерновую, бобовую и псевдозерновую муку, в зарубежных исследованиях варьировало в пределах 10–50 % замещения пшеничной муки. Dziki et al. (2014) показали, что замещение на уровне 10–30 % позволяет существенно повысить антиоксидантную активность и минеральный состав хлеба при сохранении приемлемых сенсорных характеристик [18]. В то же время увеличение доли замещения до 40–50 % требует обязательного изменения технологических параметров и применения корректирующих ингредиентов, что подчёркивает сложность разработки функциональных хлебных изделий без использования формализованных методов моделирования рецептур.

Таким образом, выявленные количественные диапазоны функциональных ингредиентов подтверждают необходимость перехода от эмпирического подбора рецептур к научно обоснованным методам моделирования и оптимизации, позволяющим учитывать нелинейные взаимосвязи между составом, технологическими параметрами и свойствами готового хлеба.

Методы и их исследования

Для обобщения и структурирования научной информации в настоящем исследовании применялись методы системного анализа, сравнительного анализа и классификации, которые являются общепринятыми при подготовке обзорных статей в области пищевых технологий и инженерии пищевых продуктов. Метод системного анализа использовался для рассмотрения хлебных изделий как многокомпонентных пищевых систем, в которых функциональные ингредиенты, технологические параметры и показатели качества находятся во взаимосвязанном и нелинейном взаимодействии. Такой подход позволил выявить причинно-следственные связи между составом рецептур и функциональными, технологическими и сенсорными свойствами хлеба.

Сравнительный анализ применялся для сопоставления результатов исследований зарубежных авторов по следующим параметрам: цели моделирования, используемые методы (эмпирические, математические, компьютерные, data-driven), входные переменные (доля функциональных ингредиентов, влажность теста, время ферментации, температура выпечки) и выходные показатели качества (объёмный выход, текстурные характеристики, пищевая и функциональная ценность). Такой подход соответствует методологии систематических и

интегративных обзоров, описанной Tranfield et al. (2003), и позволяет снизить субъективность интерпретации данных [19].

Применение указанных методов в совокупности обеспечило целостный и воспроизводимый характер анализа, позволив не только обобщить существующие научные данные, но и выявить методологические пробелы, которые дополняются в рамках настоящей обзорной статьи.

В анализируемых зарубежных исследованиях оценка качества и функциональных свойств хлебных изделий осуществлялась с использованием унифицированных международных и национальных стандартов, что обеспечивало сопоставимость и воспроизводимость полученных результатов. Влажность хлебных изделий определялась в соответствии со стандартом ISO 712:2009 (Cereals and cereal products — Determination of moisture content) и, как правило, находилась в диапазоне 35–45 % для пшеничного и функционального хлеба, при этом увеличение содержания функциональных ингредиентов требовало корректировки водопоглощения теста [20]. Кислотность мякиша оценивалась по ISO 7305:2019, что позволяло количественно характеризовать влияние заквасок и функциональных добавок на процессы ферментации и формирование вкусового профиля хлеба [21].

Объёмный выход хлеба, являющийся одним из ключевых показателей технологического качества, определялся согласно ААСС Method 10-05.01 и использовался как основной выходной параметр в моделях оптимизации рецептур [22]. В ряде исследований показано, что введение функциональных ингредиентов может снижать удельный объём на 10–25 %, что требует применения методов математического моделирования для компенсации негативных эффектов. Пористость мякиша оценивалась с использованием методов цифрового анализа изображений, позволяющих количественно определять размер, распределение и однородность пор, что широко применяется в современных исследованиях структуры хлеба.

Текстурные характеристики хлебных изделий, включая твёрдость, упругость и жевательность, определялись методом Texture Profile Analysis (TPA) в соответствии с ААСС Method 74-09.01, обеспечивающим количественную оценку механических свойств мякиша. Данные параметры широко используются как индикаторы потребительского восприятия качества хлеба и часто включаются в качестве целевых функций при многокритериальной оптимизации рецептур.

Пищевая ценность хлебных изделий в проанализированных работах рассчитывалась на основе стандартных методик АОАС (2016), включая определение содержания белков, жиров, углеводов и энергетической ценности. Функциональные свойства хлеба, такие как содержание пищевых волокон, антиоксидантная активность и гликемический индекс, оценивались с применением признанных аналитических методов. В частности, содержание пищевых волокон определялось по АОАС Method 985.29, который является эталонным методом для количественной оценки диетических волокон в зерновых продуктах [23]. Антиоксидантная активность в ряде исследований определялась методами DPPH и ABTS, а гликемический индекс — расчётным или экспериментальным путём с использованием стандартных протоколов, что позволяло объективно оценивать функциональную направленность хлебных изделий.

Применение стандартизированных методов оценки качества и функциональных свойств хлеба обеспечило достоверность сопоставления данных различных авторов и позволило использовать полученные показатели в качестве входных и выходных параметров при моделировании и оптимизации рецептур функционального хлеба.

Методы математического моделирования рецептур

Математическое моделирование рецептур хлебных изделий осуществлялось с применением:

- регрессионного анализа;
- метода отклика поверхности (Response Surface Methodology, RSM), описанного Ваş и Boyacı (2007) [24];
- планирования эксперимента типа Box–Behnken и Central Composite Design (CCD).

В качестве входных параметров моделей использовались количественные соотношения ингредиентов, влажность теста (50–65 %), время брожения (60–180 мин) и температура выпечки (180–230 °С). Выходными параметрами служили объём хлеба, текстурные показатели и функциональные характеристики.

Компьютерное и data-driven моделирование. Современные исследования включали применение методов машинного обучения, таких как:

- искусственные нейронные сети (ANN);
- методы опорных векторов (SVM);
- деревья решений.

Эти методы использовались для прогнозирования качества хлеба и оптимизации рецептур при многокритериальных ограниче-

ниях, что показано в работах Abdulwahab. 2021 [25].

Методы оптимизации рецептур. Оптимизация рецептур проводилась с использованием многокритериальных оптимизационных алгоритмов, учитывающих одновременно технологические, пищевые и сенсорные показатели. В качестве критериев оптимизации применялись:

- максимизация пищевой ценности;
- минимизация отклонений текстурных характеристик;
- соблюдение нормативных требований к качеству продукции.

Новизна применяемой методологии заключается в комплексном сравнительном анализе эмпирических, математических и интеллектуальных подходов к моделированию рецептур функционального хлеба с выделением универсальных и ограничивающих факторов их применения.

Обеспечение достоверности результатов. Достоверность выводов обеспечивалась:

- использованием проверенных стандартных методов анализа;
- сопоставлением результатов различных авторов;
- включением только рецензируемых источников;
- анализом количественных данных и воспроизводимых моделей.

Научная методология настоящего исследования основана на формулировании и последовательном решении комплекса исследовательских вопросов, направленных на выявление современных подходов к моделированию и оптимизации рецептур функциональных хлебных изделий с заданными свойствами. В рамках исследования анализировались вопросы, связанные с применяемыми методами моделирования, используемыми функциональными ингредиентами, целевыми технологическими, пищевыми и потребительскими показателями, а также с преимуществами и ограничениями существующих подходов. Особое внимание уделялось оценке степени прогнозируемости свойств функционального хлеба при использовании математических, компьютерных и data-driven методов моделирования.

Выдвигаемая гипотеза исследования заключается в том, что комплексное применение методов моделирования и оптимизации рецептур, основанных на современных математических и интеллектуальных подходах, позволяет повысить эффективность разработки функциональных хлебных изделий, обеспечивая

воспроизводимость и предсказуемость их свойств по сравнению с традиционными эмпирическими методами. Предполагается, что системный анализ и интеграция различных методологических подходов создают научную основу для рационального проектирования рецептур хлебных изделий с заданными функциональными характеристиками.

Исследование проведено в несколько последовательных этапов, включающих аналитический, систематизационный, методологический и обобщающий этапы. На начальном этапе осуществлялся сбор и критический анализ научных публикаций, посвящённых функциональным хлебным изделиям и методам моделирования рецептур. Далее выполнялась классификация функциональных ингредиентов, показателей качества и методов моделирования, применяемых в хлебопекарной промышленности. На следующем этапе проводился сравнительный анализ математических, компьютерных и data-driven методов моделирования и оптимизации рецептур, после чего формировались обобщающие выводы и перспективные направления дальнейших исследований.

В качестве методов исследования использовался комплекс общенаучных и специальных

методов, включающий анализ и обобщение научной литературы, системный и сравнительный анализ, классификацию, группировку и синтез научных данных. Методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных авторов в области пищевых технологий, математического моделирования и оптимизации рецептур функциональных продуктов питания. Такой подход обеспечил целостность исследования и сопоставимость анализируемых данных.

В результате проведённого исследования систематизированы современные научные подходы к моделированию рецептур функциональных хлебных изделий, выявлены ключевые группы функциональных ингредиентов и целевые показатели качества, а также определены наиболее эффективные методы математического и интеллектуального моделирования, применяемые для оптимизации рецептур. Полученные результаты позволили обосновать перспективность внедрения комплексных методов моделирования в процессы разработки функционального хлеба и определить направления дальнейших исследований в данной области, имеющие научную и практическую значимость.

Таблица 1. Показатели качества и функциональных свойств хлебных изделий, используемые в моделировании рецептур (обзор литературы)

Показатель	Стандарт / метод	Типичный диапазон значений	Назначение в моделировании
Влажность мякиша, %	ISO 712:2009	35–45	Входной параметр моделей реологии теста и текстуры хлеба
Кислотность	ISO 7305:2019	2,5–6,0	Индикатор ферментационных процессов и микробиологической активности
Удельный объём, см ³ /г	AACC 10-05.01	3,0–6,0	Основная целевая функция оптимизации рецептур
Пористость мякиша, %	Цифровой анализ изображений	55–80	Выходной параметр структурных моделей
Твёрдость мякиша, Н	AACC 74-09.01 (TPA)	2–10	Ограничение при оптимизации сенсорных свойств
Упругость мякиша	AACC 74-09.01 (TPA)	0,60–0,90	Сенсорный критерий в многокритериальных моделях
Пищевые волокна, %	AOAC 985.29	2–12	Ключевой функциональный целевой показатель
Антиоксидантная активность	DPPH / ABTS	+30–50 % к контролю	Функциональный выход модели

В рамках настоящего комплексного обзора указанные показатели рассматриваются не как результаты собственного эксперимента, а как наиболее часто используемые количественные параметры, применяемые зарубежными авторами при моделировании и оптимизации рецептур функциональных хлебных изделий. Их включение в анализ обусловлено тем, что именно эти показатели формируют основу большинства математических, регрессионных и интеллектуальных моделей, описанных в современной научной литературе.

Технологические показатели, такие как влажность и кислотность, в большинстве исследований используются в качестве входных переменных моделей, поскольку они напрямую зависят от состава рецептуры и режимов технологической обработки. Структурно-механические характеристики хлеба, включая удельный объём, пористость и текстурные параметры, рассматриваются авторами как ключевые выходные параметры моделирования, отражающие качество и потребительские свойства продукта.

Функциональные показатели, в том числе содержание пищевых волокон, антиоксидантная активность и гликемический индекс, в литературе чаще всего выступают в роли целевых функций оптимизации, определяющих функциональную направленность хлебных изделий. При этом анализ зарубежных работ показывает, что данные показатели редко оптимизируются изолированно и, как правило, включаются в многокритериальные модели, учитывающие компромисс между

функциональной ценностью и технологической пригодностью продукта.

Таким образом, в рамках обзорного исследования моделирование рецептур функционального хлеба рассматривается как инструмент интеграции разрозненных экспериментальных данных, полученных различными авторами, в единую методологическую систему. Это позволяет выявить общие закономерности, ограничения и перспективные направления развития моделирования и оптимизации рецептур, что формирует научную основу для дальнейших прикладных исследований.

Результаты и их обсуждение

В результате проведённого комплексного анализа зарубежных научных публикаций выявлены устойчивые закономерности и противоречия в подходах к моделированию и оптимизации рецептур функциональных хлебных изделий. Сопоставление данных различных авторов позволило не только обобщить количественные диапазоны использования функциональных ингредиентов и применяемые методы моделирования, но и выявить их методологические ограничения, связанные с фрагментарностью исследований и отсутствием единой концепции проектирования рецептур. Для наглядного представления и аналитической интерпретации полученных результатов ключевые аспекты моделирования рецептур функционального хлеба, выявленные в ходе настоящего обзорного исследования, систематизированы и представлены в таблице 2.

Таблица 2. Обобщённые результаты анализа моделирования рецептур функционального хлеба и их интерпретация

Анализируемый аспект	Результаты, выявленные в ходе обзора	Сопоставление с предыдущими исследованиями	Интерпретация и вывод автора
Количественные диапазоны функциональных ингредиентов	Пищевые волокна: 2–12 %; белковые добавки: 3–15 %; композитные смеси: 10–50 %	Miranda et al. (2016); Dziki et al. (2014) приводят схожие диапазоны, но без системного анализа	Диапазоны носят эмпирический характер и требуют формализации через моделирование
Влияние ингредиентов на структуру хлеба	↓ удельный объём на 10–25 %, ↑ твёрдость мякиша в 1,5–2 раза при превышении порогов	Подтверждено в ряде экспериментальных работ	Выявлена необходимость многокритериальной оптимизации рецептур
Доминирующие методы моделирования	Регрессия и RSM	Ваş & Воуасі (2007) подтверждают эффективность RSM	Методы эффективны, но ограничены локальной оптимизацией
Применение интеллектуальных методов	ANN, ML с $R^2 > 0,90$	Bevilacqua et al. (2020); Zhu (2021)	Высокая точность, но низкая степень методологической стандартизации
Целевые функции оптимизации	Удельный объём и текстура доминируют	В большинстве работ функциональные показатели вторичны	Требуется равноправное включение функциональных и технологических критериев
Методологические ограничения	Отсутствие единой концепции	Разрозненность подходов в литературе	Обоснована необходимость интегративной методологии

Данные, представленные в таблице 2, отражают ключевые результаты, полученные в ходе настоящего обзорного исследования, и позволяют систематизировать разрозненные выводы зарубежных авторов в единую аналитическую структуру. Анализ количественных диапазонов функциональных ингредиентов показывает, что, несмотря на их широкое использование в литературе, указанные значения не сопровождаются единым методологическим обоснованием и зачастую определяются экспериментально, без применения формализованных моделей.

Сопоставление результатов различных исследований выявило устойчивую закономерность ухудшения структурно-механических характеристик хлеба при превышении определённых концентраций функциональных ингредиентов. В отличие от предыдущих работ, в которых данные эффекты рассматривались фрагментарно, в рамках настоящего обзора они проанализированы с позиции необходимости многокритериальной оптимизации, учитывающей одновременно функциональную ценность и технологическую пригодность продукта.

Анализ применяемых методов моделирования показал, что, несмотря на широкое использование регрессионных моделей и методов отклика поверхности, их возможности ограничены локальной оптимизацией и не всегда позволяют учитывать сложные нелинейные взаимодействия факторов. Интеллектуальные методы моделирования демонстрируют более высокую точность прогнозирования, однако отсутствие стандартизированных методологических подходов ограничивает их практическое применение, что подчёркивается и в предыдущих исследованиях.

Таким образом, представленная таблица не только обобщает результаты зарубежных исследований, но и отражает авторскую позицию, заключающуюся в необходимости перехода от разрозненных методов моделирования к интегрированной методологической системе проектирования рецептур функционального хлеба. Это положение является ключевым результатом и научным выводом настоящего комплексного обзора.

Сравнительный анализ данных литературы свидетельствует о том, что увеличение содержания функциональных ингредиентов, прежде всего пищевых волокон и белковых добавок, приводит к статистически значимому росту пищевой и физиологической ценности хлебных изделий. В то же время в большинстве работ отмечается ухудшение структурно-механи-

ческих показателей: снижение удельного объёма на 10–25 % и увеличение твёрдости мякиша в 1,5–2 раза при превышении пороговых концентраций функциональных компонентов. Эти результаты согласуются с выводами Miranda et al. (2016) и Dziki et al. (2014), однако проведённый обзор показывает, что в ряде исследований данные эффекты анализируются изолированно, без учёта совокупного влияния рецептурных и технологических факторов.

Полученные в ходе обзора результаты позволяют сделать вывод о том, что количественные диапазоны использования функциональных ингредиентов, представленные в литературе, носят эмпирический характер и существенно варьируют в зависимости от используемых методов оценки и целей исследования. В отличие от предыдущих работ, в настоящем обзоре данные диапазоны проанализированы с позиции их роли в моделировании рецептур, что позволило выделить критические значения ингредиентов, при которых требуется обязательное применение методов оптимизации.

Анализ методов моделирования, применяемых в рассмотренных исследованиях, показал, что доминирующее положение по-прежнему занимают регрессионные модели и методы отклика поверхности. Эти подходы обеспечивают формализацию влияния факторов и сокращение экспериментальных затрат, что подтверждается результатами Ваş и Воуасі (2007). Вместе с тем сравнение с более поздними исследованиями выявило, что интеллектуальные data-driven методы, включая искусственные нейронные сети, демонстрируют более высокую точность прогнозирования свойств хлебных изделий ($R^2 > 0,90$), как показано Bevilacqua et al. (2020). Однако обсуждение этих работ в рамках настоящего обзора выявило отсутствие унифицированных критериев оценки эффективности моделей и ограниченность их промышленной апробации.

Сопоставление результатов различных авторов позволило установить, что в большинстве исследований оптимизация рецептур осуществляется по одному или двум показателям, чаще всего по удельному объёму или текстуре хлеба. При этом функциональные показатели нередко рассматриваются как вторичные. Полученные в ходе обзора результаты указывают на необходимость перехода к многокритериальной оптимизации, в которой функциональные, технологические и сенсорные показатели рассматриваются как равнозначные целевые функции. Данный вывод расширяет и

дополняет ранее опубликованные исследования, в которых комплексный подход к оптимизации рецептур функционального хлеба практически не реализован.

Таким образом, результаты настоящего обзорного исследования показывают, что существующие научные работы создают значительный задел в области функционализации хлебных изделий, однако их разрозненность и методологическая неоднородность ограничивают возможность формирования универсальных моделей рецептур. Проведённый анализ и обсуждение позволяют обосновать необходимость интеграции эмпирических данных, математического моделирования и интеллектуальных методов в рамках единой методологической концепции, что представляет собой основной научный вывод и вклад данной работы по сравнению с предыдущими исследованиями.

Заключение

В результате проведённого комплексного обзора зарубежных научных публикаций сформировано целостное представление о современном состоянии исследований в области моделирования и оптимизации рецептур функциональных хлебных изделий. Установлено, что, несмотря на значительный объём накопленных экспериментальных данных, большинство исследований носит фрагментарный характер и ориентировано на решение частных задач, связанных с использованием отдельных функциональных ингредиентов или ограниченного набора показателей качества.

Проведённый анализ показал, что количественные диапазоны применения пищевых волокон, белковых добавок и композитных мучных смесей, широко представленные в литературе, в основном определяются эмпирически и существенно варьируют в зависимости от целей и методологии конкретных исследований. Это ограничивает воспроизводимость результатов и их практическую применимость, особенно при переходе от лабораторных условий к промышленному производству. В отличие от большинства предыдущих работ, в настоящем обзоре данные диапазоны рассмотрены с позиции их роли в моделировании рецептур и необходимости формализации через методы оптимизации.

Сопоставление используемых в литературе методов моделирования показало, что регрессионные модели и методы отклика поверхности остаются наиболее распространёнными инструментами проектирования рецептур функционального хлеба. Вместе с тем выявлено,

что интеллектуальные data-driven подходы обладают более высоким прогностическим потенциалом, однако их внедрение сдерживается отсутствием единых методологических принципов и критериев оценки эффективности моделей. Данный вывод подчёркивает необходимость интеграции традиционных и интеллектуальных методов в рамках единой концепции моделирования.

Основным научным выводом настоящего комплексного обзора является обоснование необходимости перехода от разрозненных эмпирических и локальных моделей к системному, многокритериальному подходу к моделированию рецептур функционального хлеба. Такой подход должен учитывать одновременно функциональные, технологические и сенсорные свойства хлебных изделий, а также требования воспроизводимости и масштабируемости результатов.

Практическая значимость полученных выводов заключается в возможности их использования в качестве методологической основы для дальнейших научных исследований, разработки оптимальных моделей рецептур функционального хлеба и внедрения цифровых инструментов проектирования в хлебопекарной промышленности. Полученные результаты формируют научную базу для развития интегрированных моделей рецептур хлебных изделий с заданными функциональными свойствами и подтверждают актуальность выбранного направления моделирования рецептур функционального хлеба и их интерпретации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Siro, I., E. Kopolna, B. Kopolna, and A. Lugasi. 2008. "Functional Food: Product Development, Marketing and Consumer Acceptance." *Appetite* 51 (3): 456–467.
2. Jones, P. J., and S. Jew. 2007. "Functional Food Development: Concept to Reality." *Trends in Food Science & Technology* 18 (7): 387–390.
3. Bigliardi, B., and F. Galati. 2013. "Innovation Trends in the Food Industry: The Case of Functional Foods." *Trends in Food Science & Technology* 31 (2): 118–129.
4. Purlis, E. 2019. "Baking Process Design Based on Modelling and Simulation: Toward Optimization of Bread Quality." *Food Control* 100: 45–52.
5. Singh, R. P., and D. R. Heldman. 2014. *Introduction to Food Engineering*. Academic Press, 37–48.
6. Aguilera, J. M. 2018. "Relating Food Engineering to Cooking and Gastronomy: Modeling, Simulation, and Visualization." *Annual Review of Food Science and Technology* 9: 191–210.
7. Siro, I., E. Kopolna, B. Kopolna, and A. Lugasi. 2008. "Functional Food: Product Development, Marketing and Consumer Acceptance." *Appetite* 51 (3): 456–467.

8. Miranda, J., et al. 2016. "Nutritional Enhancement of Bread with Functional Ingredients: A Review." *Food Research International* 80: 1–17.
9. Dziki, D., R. Różyło, U. Gawlik-Dziki, and M. Świeca. 2014. "Current Trends in the Enhancement of Antioxidant Activity of Wheat Bread." *Journal of Food Science and Technology* 51: 423–434.
10. Van Boekel, M. A. J. S. 2008. "Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7 (2): 144–158.
11. Singh, R. P., and D. R. Heldman. 2014. *Introduction to Food Engineering*. Academic Press.
12. Baş, D., and İ. H. Boyacı. 2007. "Modeling and Optimization I: Usability of Response Surface Methodology." *Journal of Food Engineering* 78 (3): 836–845.
13. Purlis, E. 2019. "Baking Process Design Based on Modelling and Simulation: Toward Optimization of Bread Quality." *Food Control* 100: 45–52.
14. Bevilacqua, M., et al. 2020. "Artificial Intelligence Applications in Food Process Modeling." *Journal of Food Engineering* 287: 110126.
15. Zhu, F. 2021. "Applications of Machine Learning in Food Science and Technology." *Food Chemistry* 342: 128199.
16. Miranda, J., et al. 2016. "Nutritional Enhancement of Bread with Functional Ingredients: A Review." *Food Research International* 80: 1–17.
17. Balestra, F., and E. Cocci. 2020. "Functional Bakery Products: Trends and Challenges." *Journal of Cereal Science* 93.
18. Dziki, D., R. Różyło, U. Gawlik-Dziki, and M. Świeca. 2014. "Current Trends in the Enhancement of Antioxidant Activity of Wheat Bread." *Journal of Food Science and Technology* 51: 423–434.
19. Tranfield, D., D. Denyer, and P. Smart. 2003. "Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review." *British Journal of Management* 14 (3): 207–222.
20. ISO. 2009. *ISO 712: Cereals and Cereal Products — Determination of Moisture Content*. Geneva: International Organization for Standardization.
21. ISO. 2019. *ISO 7305: Milled Cereal Products — Determination of Acidity*. Geneva: International Organization for Standardization.
22. AACC International. 2010–2019. *Approved Methods of Analysis*. 11th ed. Methods 10-05.01; 74-09.01. St. Paul, MN.
23. AOAC International. 2016. *Official Methods of Analysis*. 20th ed. Method 985.29. Gaithersburg, MD.
24. Baş, D., and İ. H. Boyacı. 2007. "Modeling and Optimization I: Usability of Response Surface Methodology." *Journal of Food Engineering* 78: 836–845.
25. Ali, Zainab N., Iman Askerzade, and Saddam Abdulwahab. 2021. "Estimation Model for Bread Quality Proficiency Using Fuzzy Weighted Relevance Vector Machine Classifier." *Applied Bionics and Biomechanics* 2021 (February 26): 6670316.

SUSTAINABLE MEAT SAFETY: ELECTRON BEAM TREATMENT ON THE QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF POULTRY MEAT

¹R.U. UAZHANOVA , ¹U.O. TUNGYSHBAYEVA , ²I.V. DANKO ,
¹S. NURDAULET , ¹A.A. SARSENOVA 

¹Almaty Technological University JSC, 100 Tole bi str., 050012, Almaty, Republic of Kazakhstan

²RSE on the REM “Institute of Nuclear Physics” of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, 050032, Almaty, 1 Ibragimov Street)

Corresponding author's email: raushan_u67@mail.ru*

Food safety has been a concern for consumers, especially when storing various types of meat. Non-thermal technology, in particular electron beam irradiation, can ensure the safety of poultry meat by inactivating food pathogens without significantly affecting its nutritional and organoleptic characteristics. Compared to other non-thermal methods, electron beam irradiation is considered a new non-thermal technology for meat due to its low cost, lack of contamination, and antibacterial effect. However, this technology still has some limitations, such as lipid oxidation (LPOD), protein oxidation (PNOD), physicochemical changes, and organoleptic changes, which limit its application in various types of meat. The aim of this scientific study is to highlight new ideas for the application of electron beam irradiation in poultry meat storage. This article focuses on the application and mechanism of electron beam irradiation sterilisation, justifies the electron beam irradiation dose, and highlights areas for future research. In addition, particular attention is paid to optimising processing parameters to minimise quality deterioration while maintaining microbiological safety and extending shelf life.

Keywords: electronic irradiation, poultry meat, microbiological safety, physicochemical properties, pH, sensory characteristics, shelf life, meat quality, food safety.

УСТОЙЧИВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МЯСА: ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУЧКАМИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ МЯСА ПТИЦЫ

¹Р.У. УАЖАНОВА, ¹У.О. ТУНГЫШБАЕВА, ²И.В. ДАНЬКО,
¹С. НУРДАУЛЕТ, ¹А.А. САРСЕНОВА

¹Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би 100,

²РГП НА ПХВ Институт ядерной физики, Республика Казахстан, 050032, г. Алматы, ул. Ибрагимова, 1)

Электронная почта автора-корреспондента: raushan_u67@mail.ru*

Безопасность пищевых продуктов была проблемой для потребителей, особенно при хранении различных видов мяса. Нетермическая технология, в частности облучение электронным пучком, может обеспечить безопасность мяса птицы за счет инактивации пищевых патогенов без существенного влияния на питательные и органолептические характеристики. По сравнению с другими нетермическими методами облучение электронным пучком считается новой нетермической технологией для мяса из-за ее низкой цены, отсутствия загрязнения и антибактериального эффекта. Однако эта технология все еще имеет некоторые ограничения, такие как окисление липидов (LPOD), окисление белков (PNOD), физико-химические и органолептические изменения, которые ограничивают ее применение в различных видах мяса. Цель научного исследования - осветить новые идеи применения облучения электронным пучком при хранении мяса птицы. В статье основное внимание уделено применению и механизму стерилизации облучения электронным пучком, обоснована доза облучения электронным пучком, а также подчеркнуты направления будущих исследований.

Ключевые слова: электронное облучение, мясо птицы, микробиологическая безопасность, физико-химические свойства, pH, сенсорные характеристики, срок хранения, качество мяса, пищевая безопасность.

ЕТ ҚАУІПСІЗДІГІН ТҰРАҚТЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ: ҚҰС ЕТІНІҢ САПАСЫ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ЭЛЕКТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕРМЕН ӨНДЕУ

¹Р.У. УАЖАНОВА, ¹У.О. ТУНГЫШБАЕВА, ²И.В. ДАНЬКО,
¹С. НУРДАУЛЕТ, ¹А.А. САРСЕНОВА

¹Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы көш. Төле би 100,
²РМК НА ПХВ Ядролық физика институты, Қазақстан Республикасы,
050032, Алматы көш. Ибрагимова, 1)

Электронная почта автора-корреспондента: raushan_u67@mail.ru*

Азық-түлік қауіпсіздігі тұтынушылар үшін, әсіресе әртүрлі ет түрлерін сақтау кезінде маңызды мәселе болып табылады. Термиялық емес технология, атап айтқанда электронды сәулемен өңдеу, қоректік және органолептикалық сипаттамаларға айтарлықтай әсер етпестен тағамдық патогендерді инактивациялау арқылы құс етінің қауіпсіздігін қамтамасыз ете алады. Басқа термиялық емес әдістермен салыстырғанда, электронды сәулелік өңдеу ет үшін жаңа термиялық емес технология болып саналады, себебі оның құны төмен, екінші реттік ластану қаупі жоқ және айқын бактерияға қарсы әсерге ие. Дегенмен, бұл технологияда липидтердің тотығуы (LPOD), ақуыздардың тотығуы (PNOD), физика-химиялық және органолептикалық өзгерістер сияқты бірқатар шектеулер бар, бұл оның әртүрлі ет түрлерінде қолданылуын шектейді. Зерттеудің мақсаты — құс етін сақтау барысында электронды сәулемен өңдеуді қолданудың жаңа ғылыми тәсілдерін негіздеу. Мақалада электронды сәулемен зарарсыздандыру механизмі қарастырылып, өңдеудің оңтайлы дозасы негізделеді, сондай-ақ өнім сапасын сақтау мен сақтау мерзімін ұзартуға бағытталған болашақ зерттеулердің перспективалық бағыттары айқындалады.

Негізгі сөздер: электрондық сәулелену, құс еті, микробиологиялық қауіпсіздік, физика-химиялық қасиеттері, РН, сенсорлық сипаттамалары, сақтау мерзімі, ет сапасы, тамақ қауіпсіздігі.

Introduction

In recent decades, food safety assurance and shelf-life extension have emerged as central challenges in the food industry [1]. Poultry meat represents a major protein source worldwide; however, its high water activity and nutrient-rich composition create favorable conditions for microbial proliferation, particularly for pathogens such as *Salmonella spp.* and *Listeria monocytogenes* [2]. The presence of these microorganisms not only accelerates spoilage processes but also increases the incidence of foodborne illnesses.

Among emerging non-thermal preservation technologies, electron beam (E-beam) irradiation has attracted considerable attention due to its capacity to inactivate microorganisms while maintaining product quality [3]. This technology involves exposure of food materials to high-energy electrons, resulting in disruption of microbial DNA and cellular structures. Compared with gamma irradiation, E-beam treatment offers lower penetration depth but enables precise dose control and reduced processing time, which is advantageous for industrial applications [4].

Previous studies have demonstrated the effectiveness of E-beam irradiation in reducing pathogenic bacteria in poultry meat [5], particularly *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, and *Campylobacter jejuni* [6]. Microbial reductions of several logarithmic cycles have been reported at

doses between 2 and 4 kGy, while higher doses can achieve near-complete inactivation [7]. Nevertheless, excessive irradiation levels may promote lipid oxidation and negatively affect sensory properties [8].

In addition to microbial control, E-beam irradiation contributes to shelf-life extension of chilled poultry products. Doses in the range of 2 - 4 kGy have been shown to prolong storage stability by up to several weeks [9], especially when combined with vacuum packaging [10,11]. However, optimization of irradiation parameters remains essential to balance microbial safety with product quality.

Therefore, comprehensive evaluation of microbiological, physicochemical, and sensory changes in poultry meat subjected to electron beam irradiation is required to establish effective and safe processing regimes.

Materials and methods

The study was carried out in several consecutive stages in order to evaluate the effect of electron beam irradiation on microbiological safety and quality of poultry meat.

At the first stage, model systems were prepared using sterile sodium chloride (NaCl) solution. The solutions were artificially inoculated with *Salmonella enterica* (strain 9842) and *Escherichia coli* (strain 47078) to obtain an initial microbial concentration of approximately 10^8 CFU. These model samples were irradiated at different dose

levels to assess the sensitivity of microorganisms to electron beam treatment. The results of this stage were used to determine irradiation doses capable of providing effective microbial inactivation.

At the second stage, real meat samples were used. Poultry meat was artificially contaminated with selected pathogenic microorganisms in order to simulate unfavorable sanitary conditions. The choice of bacterial cultures was based on common food safety requirements for ready-to-eat meat products. After irradiation, microbiological analyses were performed to evaluate the relationship between absorbed dose and microbial reduction.

At the final stage, poultry meat samples without artificial contamination were irradiated to study the influence of electron beam treatment on physicochemical properties, sensory quality, and shelf life during refrigerated storage.

Irradiation was conducted using an industrial electron accelerator ILU-10 [12]. The energy of accelerated electrons ranged from 2.5 to 5 MeV, and the beam current reached up to 10 mA. Samples were

transported through the irradiation zone using an automated roller conveyor equipped with adjustable lifting platforms. The conveyor speed varied from 2 to 8 cm/s depending on the required absorbed dose.

For experiments with model systems, irradiation was performed at the Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. Electron energy was set at 5 MeV, and absorbed doses of 2, 4, 6, and 8 kGy were applied. Dose control was achieved by adjusting the beam current while keeping the conveyor speed constant.

During processing, samples were placed horizontally on the conveyor and irradiated from both sides by rotating them 180 degrees to ensure uniform dose distribution.

Results and discussion

Poultry meat samples were treated with electron beam irradiation at doses of 2, 4, 6, and 8 kGy and stored under refrigerated conditions. During storage, sensory quality, physicochemical parameters, and microbiological safety were regularly evaluated. (Fig. 1).

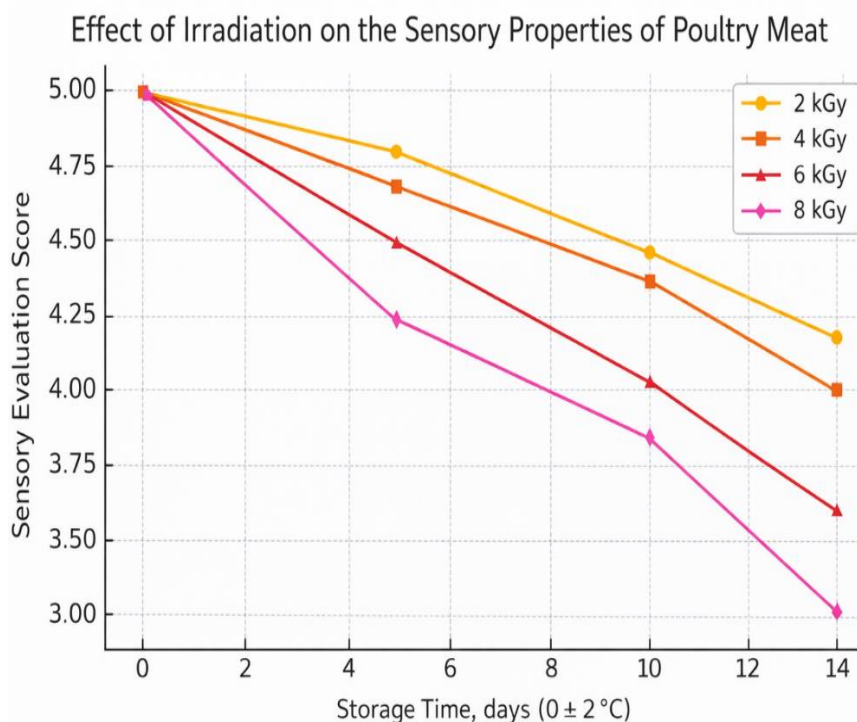


Figure 1. Effect of irradiation on the sensory properties of poultry meat

Sensory properties

Taste. Poultry meat treated at doses of 2 and 4 kGy preserved its natural taste during the first 14 days of storage. No clear differences were detected when compared with non-irradiated samples. In contrast, samples exposed to 6 and 8 kGy showed noticeable taste changes from about day 10. A mild cooked-like

flavor and slight rancid notes gradually appeared as storage progressed.

Odor. Meat irradiated at 2 and 4 kGy maintained a fresh and pleasant smell for up to 20 days. At higher doses, however, weak off-odors were detected starting from day 10 of storage. These

changes are likely related to oxidative reactions in lipids.

Color. Visual changes in meat color depended on irradiation dose. Samples treated with 6 and 8 kGy showed darkening after approximately 14 days of storage. In contrast, meat irradiated at 2 and 4 kGy remained visually stable with no noticeable discoloration throughout the storage period.

Texture. Texture remained soft and close to fresh meat in samples treated at 2 and 4 kGy for up to 30 days. At higher doses, meat gradually became firmer and drier by around day 20, which may be

explained by structural changes in muscle proteins caused by irradiation.

Overall, these results agree with previous reports indicating that high irradiation doses can negatively influence meat texture and consumer acceptance [13].

Physicochemical changes

The effect of electron beam irradiation on pH values of poultry meat is shown in Figure 2. A general decrease in pH was observed as irradiation dose increased. This trend suggests that higher doses promote oxidative processes and modifications in protein structure.

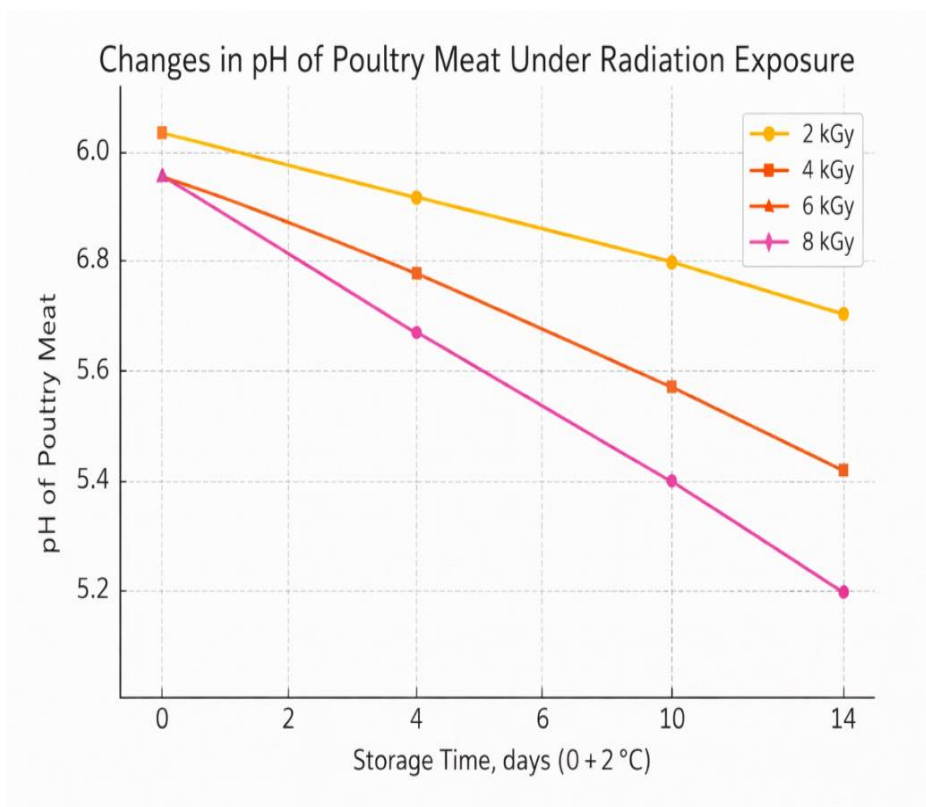


Figure 2. Changes in pH of poultry meat under irradiation

pH changes. Meat treated with irradiation doses of 2 and 4 kGy showed stable pH values between 5.8 and 6.1 during the first 20 days of storage. In contrast, samples exposed to 6 and 8 kGy experienced a faster decline in pH, reaching about 5.5 by the tenth day. This decrease is likely

linked to increased oxidation of proteins and lipids. In general, low irradiation doses caused only minor pH fluctuations, while higher doses led to a clear reduction in pH. Similar trends were reported by Hashim et al., who observed decreasing pH values with increasing irradiation intensity [14].

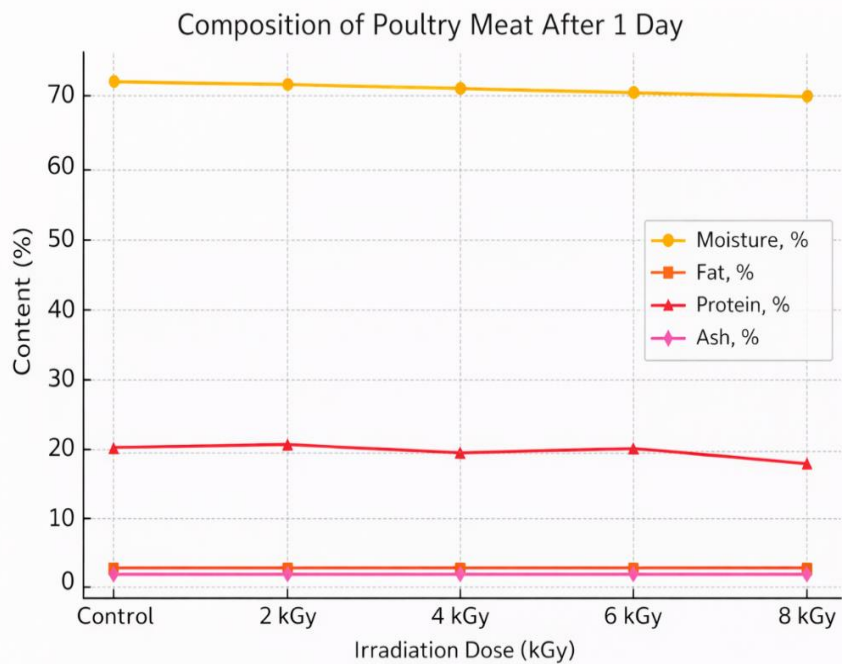


Figure 3 - Composition of poultry meat after 1 day

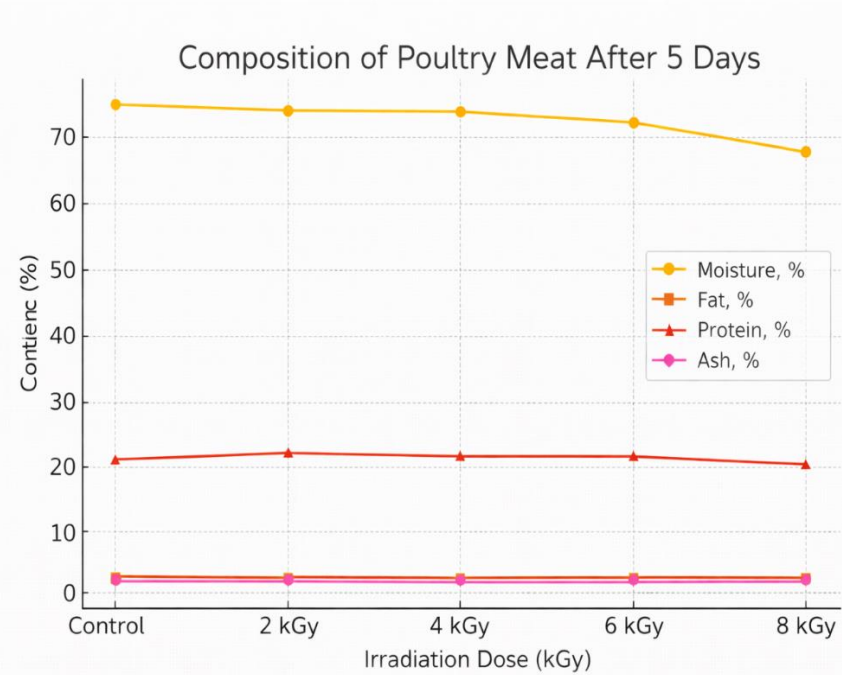


Figure 4. Composition of poultry meat after 5 days

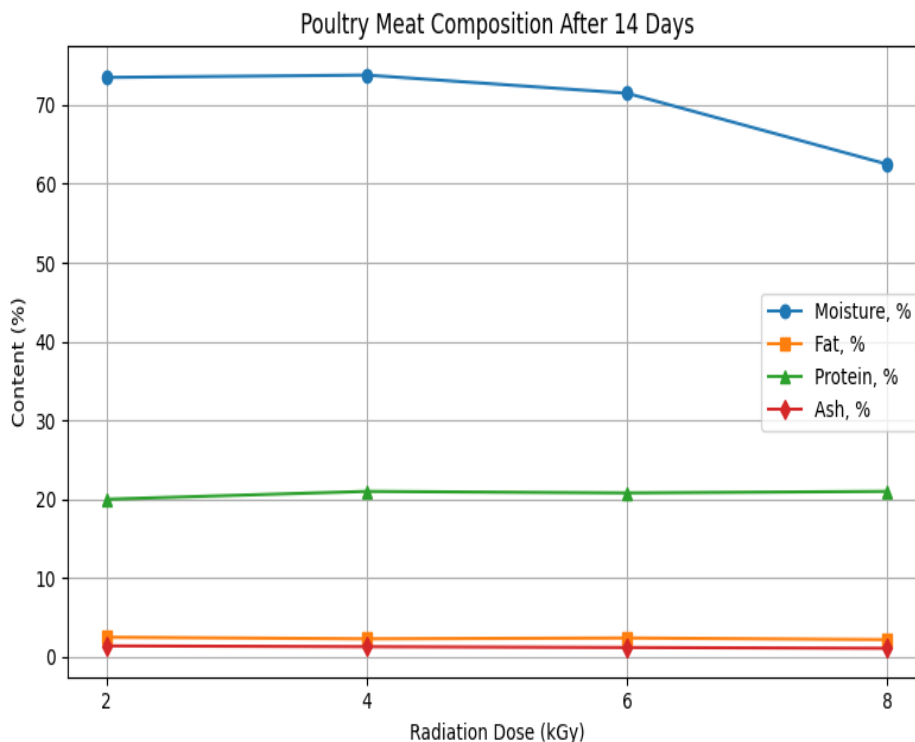


Figure 5. Composition of poultry meat after 14 days

Physicochemical composition

Moisture content. The amount of moisture in poultry meat gradually decreased as irradiation dose increased. The greatest reduction was observed in samples treated at 8 kGy, where moisture loss reached about 12% after 14 days of storage. In contrast, non-irradiated meat showed a slight increase in moisture by day 5, after which samples spoiled and were excluded from further measurements. The decrease in moisture in irradiated samples may be linked to reduced biological activity and structural changes in muscle tissue.

Fat content. Differences in fat content were observed between irradiated and control samples. A temporary increase in measured fat levels was noted, which may be explained by breakdown of lipid molecules and relative concentration effects. Over storage time, fat content in samples treated at 6 and 8 kGy gradually declined, indicating ongoing oxidative degradation.

Protein content. Protein levels remained generally stable in both irradiated and non-irradiated meat. The most favorable protein retention was observed in samples exposed to 2 and 4 kGy, suggesting that moderate irradiation doses do not negatively affect protein composition.

Ash content. Ash content showed a slight decrease with increasing irradiation dose and storage duration. Higher doses caused minor mineral losses, although overall changes remained

limited. Previous studies have also reported that irradiation above 3 kGy can intensify lipid oxidation and reduce certain vitamins such as A and E [15]. In addition, flavor changes have been linked to the formation of sulfur-containing compounds rather than lipid oxidation alone [16].

Microbiological quality

Electron beam irradiation led to a clear reduction in total microbial load in poultry meat. Microbial counts were measured in samples treated at 2, 4, 6, and 8 kGy after 1, 5, and 14 days of refrigerated storage.

Non-irradiated samples initially showed microbial levels of approximately $3.4\text{--}3.9 \times 10^2$ CFU/g. After irradiation, these values decreased depending on dose, reaching about 2.0×10^2 CFU/g at 2 kGy, around 1.5×10^2 CFU/g at 4 kGy, and below 5.0×10^1 CFU/g at 6 and 8 kGy.

During storage, microbial growth in control samples increased rapidly. After five days, counts more than doubled, and by day fourteen they reached $1.15\text{--}2.5 \times 10^4$ CFU/g, exceeding acceptable hygienic limits.

In irradiated samples, microbial growth was strongly suppressed. Reductions after five days ranged from about twofold at low doses to over fourteenfold at high doses. After fourteen days, the difference became even more pronounced, with microbial levels in high-dose samples remaining over one hundred times lower than in non-irradiated meat.

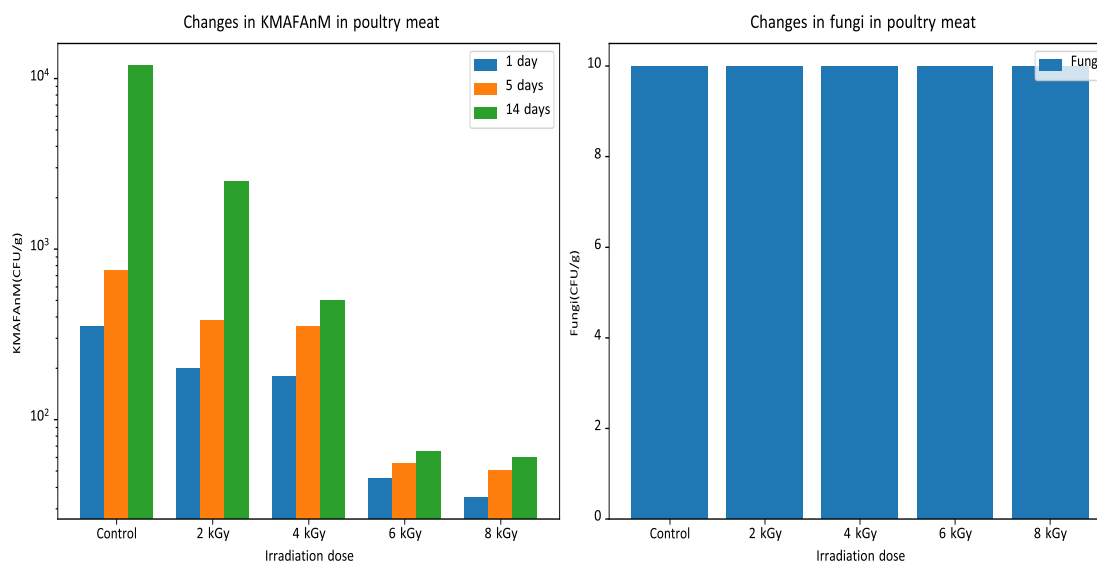


Figure 6. Changes in MAFAM in poultry meat

No *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, or coliform bacteria were detected in any of the irradiated samples. Mold levels also remained within acceptable limits throughout storage. These findings show that poultry meat treated with electron beam doses of 2, 4, 6, and 8 kGy can be safely stored under refrigerated conditions for at least 14 days.

Lower irradiation doses of 2–4 kGy were sufficient to effectively suppress pathogenic microorganisms while preserving desirable sensory quality. At these levels, microbial safety was improved without causing noticeable negative effects on taste, odor, or texture.

Similar antimicrobial effects have been reported in previous studies. Yang et al. observed strong reductions in spoilage and lactic acid bacteria following low-energy electron beam treatment at 8 kGy [17]. Wahyono et al. also demonstrated effective inactivation of *Salmonella* and *E. coli* using electron beam irradiation [18].

Shelf-life estimation. Shelf life of chilled poultry meat depended on irradiation dose and quality changes during storage:

- Non-irradiated samples remained acceptable for approximately 3 days

- Samples treated at 2 kGy remained stable for about 7 days

- Samples treated at 4 kGy retained acceptable quality for up to 14 days

- Samples treated at 6 and 8 kGy remained microbiologically safe for up to 20 days, although noticeable sensory deterioration occurred.

Overall, irradiation doses between 2 and 4 kGy provided the most practical balance between

safety and product quality, extending shelf life by up to two to three weeks [19] with minimal changes in sensory and physicochemical characteristics. Higher doses achieved longer microbial stability but caused clear declines in taste, texture, and nutritional quality.

Conclusions

This study examined the effects of electron beam irradiation on chilled poultry meat at doses of 2, 4, 6, and 8 kGy. Based on the results, the following conclusions can be made:

1. **Shelf-life extension.** Electron beam treatment significantly increased the shelf life of poultry meat. At doses of 2 and 4 kGy, meat could be stored for 14–20 days, almost double the storage time of non-irradiated samples. The longest shelf life was observed at 6 and 8 kGy, up to 30 days, but these higher doses also caused noticeable changes in meat quality.

2. **Sensory quality.** Meat treated with 2 and 4 kGy retained good taste, odor, and texture throughout storage. At 6 and 8 kGy, slight changes in taste (mild cooked or slightly rancid flavor) and texture (increased dryness and firmness) appeared around day 20.

3. **Physicochemical parameters.** Moderate doses (2–4 kGy) had little effect on pH, moisture, or lipid oxidation, which remained stable for about 20 days. Higher doses (6–8 kGy) caused a decrease in pH and an increase in indicators of lipid oxidation, such as peroxide value and malondialdehyde (MDA). Despite these changes, values stayed within acceptable limits.

4. **Microbial safety.** Electron beam irradiation effectively reduced bacterial contamination. Total

microbial counts in samples treated at 2 and 4 kGy remained safe for 14–20 days. At 6 and 8 kGy, microbial levels stayed below permissible limits for up to 30 days. Doses of 4 kGy and higher completely removed pathogens like *Salmonella spp.* and *Listeria monocytogenes*.

5. Nutrient retention. While higher doses extended shelf life, 6 and 8 kGy also led to losses of certain vitamins, especially B₁ and E. This should be considered when choosing irradiation doses for long-term storage.

Funding

This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Grant No. IRN AP23490268, “Development and Experimental Validation of Radiation Processing to Ensure the Preservation of Agricultural and Food Products” (2024–2026).

REFERENCES

- Martin Michel, Alison L. Eldridge, Christoph Hartmann, Petra Klassen, John Ingram, Gert W. Meijer. Benefits and challenges of food processing in the context of food systems, value chains and sustainable development goals. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 153, 2024, 104703, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104703>.
- M. Marmion, M.T. Ferone, P. Whyte, A.G.M. Scannell. The changing microbiome of poultry meat; from farm to fridge. *Food Microbiology*, Volume 99, 2021, 103823, ISSN 0740-0020, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103823>.
- Qi Wei, Jun Mei, Jing Xie. Application of electron beam irradiation as a non-thermal technology in seafood preservation. *LWT*, Volume 169, 2022, 113994, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113994>.
- Khanh Le Van Vu, Ngoc Thi Thanh Tran, Duy Ngoc Nguyen, Linh Thi Truc Nguyen, Tuan Dinh Phan. Application of electron beam irradiation for selenium nanoparticles production using gum Arabic as stabilizer. *Radiation Physics and Chemistry*, Volume 211, 2023, 111061, ISSN 0969-806X, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.111061>.
- J.A. Cárcel, J. Benedito, M.I. Cambero, M.C. Cabeza, J.A. Ordóñez. Modeling and optimization of the E-beam treatment of chicken steaks and hamburgers, considering food safety, shelf-life, and sensory quality. *Food and Bioprocesses Processing*, Volume 96, 2015, Pages 133-144, ISSN 0960-3085, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.07.006>.
- Indiarto R, Irawan AN, Subroto E. Meat Irradiation: A Comprehensive Review of Its Impact on Food Quality and Safety. *Foods*, 2023 Apr 29;12(9):1845. doi: 10.3390/foods12091845
- Abdelkader, Reham & Abolmaaty Sayedahmed, Assem & Hatem, Dina. (2024). Synergistic effects of gamma irradiation/salmide®, a sodium chlorite-based oxy-halogen, on microbiological control and the shelf life of chicken breasts. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* DOI:10. 1007/s11274-024-04183-9
- Feliciano, Chitho. (2017). High-Dose Irradiated Food: Current progress, applications, and prospects. *Radiation Physics and Chemistry*. 144. 10.1016/j.radphyschem.2017.11.010.
- Mohamad Shahrmi Hashim, Salma Mohamad Yusop, Irman Abdul Rahman. The impact of gamma irradiation on the quality of meat and poultry: A review on its immediate and storage effects, *Applied Food Research*, Volume 4, Issue 2, 2024, 100444, ISSN 2772-5022, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100444>.
- Uazhanova, R., Moldakhmetova, Z., Tungyshbayeva, U., Izteliyeva, R., Amanova, S., Baimakhanov, G., Seksenbay, S. and Sabraly, S. (2024). Ensuring quality and safety in the production and storage of poultry meat. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 22(5), 1271-1277. doi: 10.22124/cjes.2024.8342
- Tungyshbayeva, U., Uazhanova, R., Tyutebayeva, K., & Balev, D. (2022). Devising preventive actions in the production of broiler chickens using ultraviolet radiation for long-term storage based on risk analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (117)), 53–59. <https://doi.org/10.15587/1729061.2022.259091>
- V. L. Auslender et al., "Industrial Electron Accelerators Type ILU," Proceedings of the 2005 Particle Accelerator Conference, Knoxville, TN, USA, 2005, pp. 1572-1574, doi: 10.1109/PAC.2005.1590839.
- Indiarto, R., Irawan, A.N., Subroto, E. (2023). Meat Irradiation: A Comprehensive Review of Its Impact on Food Quality and Safety. *Foods*, 12, 1845. <https://doi.org/10.3390/foods12091845>
- Hashim, M.S., Yusop, S.M., Rahman, I.A. (2024). The impact of gamma irradiation on the quality of meat and poultry: A review on its immediate and storage effects. *Applied Food Research*, 4, 100444. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100444>
- Arshad, M.S., Kwon, J.H., Ahmad, R.S., et al. (2020). Influence of E-beam irradiation on microbiological and physicochemical properties and fatty acid profile of frozen duck meat. *Food Science & Nutrition*, 8, 1020–1029. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1386>
- Ahn, D.U., Jo, C., Olson, D.G. (Iowa State University). Analysis of volatile components and sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Science*.
- Uazhanova, R.; Tungyshbayeva, U.; Nurdaulet, S.; Zhanbolat, A.; Yusof, Y.A.; Seksenbay, S.; Danko, I.; Moldakhmetova, Z. Effect of Electron Beam Irradiation on Microbiological Safety and Quality of Chilled Poultry Meat from Kazakhstan. *Processes* 2025, 13, 2267. <https://doi.org/10.3390/pr13072267>
- Yang, J., Zhang, Y., Shi, H., et al. (2023). Influence of low-energy electron beam irradiation on the quality and shelf-life of vacuum-packaged pork stored under chilled and superchilled conditions. *Meat Science*, 195, 109019. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109019>
- Wahyono, T., Ujilestari, T., Sholikin, M.M., et al. (2024). Quality of pork after electron-beam irradiation: A meta-analysis study. *Veterinary World*, 17(1), 59–71. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.pp59-71>

ПЕКТИН ЭКСТРАКТЫСЫ ҚОСЫЛҒАН КӨКӨНІС ТҮСТІК ТАҒАМ КОНСЕРВІЛЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ САПАСЫН БАҒАЛАУ

Т.К. КУЛАЖАНОВ , Л.С. СЫЗДЫКОВА , Қ.М. АБДИЕВА* , Г.Д. ШАМБУЛОВА ,
Г.Н. ЖАКСЫЛЫКОВА , А.М. ТАЕВА , Л.К. СЕНГИРБЕКОВА 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Толе би көшесі, 100)

Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: k.abdiyeva08@gmail.com*

Ғылыми жұмыстың мақсаты күнделікті тұтынуға арналған түстік тағам консервілерінің ассортиментін кеңейту мақсатында олардың құрамын табиғи антиоксиданттармен және биологиялық белсенді заттармен байыту арқылы тағам өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға, сондай-ақ антиоксиданттық қасиеті жоғары функционалдық тағам өнімдерін ұсынуға бағытталған. Зерттеу барысында асқабақ езбесі негізіндегі түстік тағам консервілеріне асқабақ тұқымдас көкөністерден (асқабақ, кәдім) алынған белсенді пектин экстракттарын енгізу арқылы түстік консервілерінің жаңа рецептуралары мен технологиялық параметрлері әзірленді. Зерттеу жұмысында айқын антиоксиданттық қасиеттерге ие функционалдық ингредиенттердің көздері ретінде өсімдік тектес шикізат пен пектиндік экстракттарды таңдауды негіздеуге ерекше назар аударылған. Пектин экстракттарының өнімнің құрылымдық-механикалық қасиеттеріне, консистенциясына, түс тұрақтылығына және жалпы сапалық көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Дайын өнімдердің органолептикалық сапасы (дәмі, иісі, түсі, консистенциясы) сараптамалық әдістер арқылы бағаланып, пектин экстрактысын қосу түстік тағам консервілерінің тұтынушылық қасиеттерін жақсартатыны анықталды. Сонымен қатар, пектин экстракттарының антиоксиданттық белсенділігі өнімнің функционалдық бағытын күшейтіп, оның физиологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілді. Әзірленген рецептураларды профилактикалық және функционалдық тамақтануға бағытталған тағам өнімдерін өндіруде пайдаланудың мақсатқа сай екендігі көрсетілді. Зерттеу нәтижелері пектин экстрактысы негізінде әзірленген түстік тағам консервілерінің жаңа түрлері тағам өнеркәсібінде қолдануға және функционалдық бағыттағы консерві өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге ғылыми және тәжірибелік тұрғыдан негіз бола алатынын дәлелдейді.

Негізгі сөздер: көкөніс түстік тағам консервілері, асқабақ езбесі, пектин экстракттары, рецептура, функционалдық тағам өнімдері, антиоксиданттық белсенділік, биологиялық белсенді заттар, органолептикалық көрсеткіштер.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОВОЩНЫХ ОБЕДЕННЫХ КОНСЕРВОВ С ЭКСТРАКТОМ ПЕКТИНА

Т.К. КУЛАЖАНОВ, Л.С. СЫЗДЫКОВА, Қ.М. АБДИЕВА*, Г.Д. ШАМБУЛОВА,
Г.Н. ЖАКСЫЛЫКОВА, А.М. ТАЕВА, Л.К. СЕНГИРБЕКОВА

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: k.abdiyeva08@gmail.com*

Научная работа направлена на расширение ассортимента овощных обеденных (пюреобразных) консервов повседневного потребления путем обогащения их состава природными антиоксидантами и биологически активными веществами с целью повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания, а также разработки функциональных продуктов с высокой антиоксидантной активностью. В ходе исследования были разработаны новые рецептуры и технологические параметры производства пюреобразных овощных обеденных консервов на основе тыквенного пюре с добавлением активных пектиновых экстрактов, полученных из овощей семейства тыквенных (тыква, кабачок). Особое внимание в работе уделено обоснованию выбора растительного сырья и пектиновых экстрактов как источников функциональных ингредиентов с выраженными антиоксидантными свойствами. Изучено влияние пектиновых экстрактов на структурно-механические свойства, консистенцию, устойчивость цвета и

общие показатели качества готовой продукции. Органолептическая оценка (вкус, запах, цвет, консистенция) показала, что введение пектиновых экстрактов способствует улучшению потребительских свойств пюреобразных овощных консервов. Установлено, что антиоксидантная активность пектиновых экстрактов повышает функциональную направленность продукции и ее физиологическую ценность. Показана целесообразность использования разработанных рецептов в производстве продуктов питания, ориентированных на профилактическое и функциональное питание. Полученные результаты подтверждают перспективность применения пектиновых экстрактов при разработке новых видов овощных пюреобразных консервов и могут быть использованы для расширения ассортимента функциональных консервированных продуктов в пищевой промышленности.

Ключевые слова: овощные обеденные консервы, тыквенное пюре, пектиновые экстракты, функциональные продукты питания, антиоксидантная активность, биологически активные вещества, органолептические показатели.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND QUALITY ASSESSMENT OF VEGETABLE PRESERVES WITH PECTIN EXTRACT

T.K. KULAZHANOV, L.S. SYZDYKOVA, K.M. ABDIYEVA, G.D. SHAMBULOVA,
G.N. ZHAKSYLYKOVA, A.M. TAYEVA, L. SENGIRBEKOVA*

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100)

Corresponding author's e-mail: k.abdiyeva08@gmail.com*

The research is aimed at expanding the range of vegetable purée canned products for daily consumption by enriching their composition with natural antioxidants and biologically active substances in order to increase their nutritional and biological value and to develop functional food products with high antioxidant activity. During the study, new formulations and technological parameters for the production of vegetable purée canned products based on pumpkin purée with the addition of active pectin extracts obtained from cucurbit vegetables (pumpkin, zucchini) were developed. Special attention in the study is given to substantiating the selection of plant-based raw materials and pectin extracts as sources of functional ingredients with pronounced antioxidant properties. The effect of pectin extracts on the structural and mechanical properties, consistency, color stability, and overall quality indicators of the finished products was investigated. Organoleptic evaluation (taste, aroma, color, and consistency) demonstrated that the incorporation of pectin extracts improves the consumer properties of vegetable purée canned products. It was established that the antioxidant activity of pectin extracts enhances the functional orientation and physiological value of the products. The feasibility of using the developed formulations in the production of food products aimed at preventive and functional nutrition has been demonstrated. The obtained results confirm the feasibility of using pectin extracts in the development of new types of vegetable purée canned products and can be applied to expand the assortment of functional canned foods in the food industry.

Keywords: pectin extract, vegetable purée canned products, pumpkin purée, functional food products, antioxidant activity, organoleptic properties, biologically active compounds.

Kіpіcne

Соңғы жылдары жоғары сапалы көкөніс консервілеріне, соның ішінде консерванттар қосылмаған немесе аз мөлшерде қосылған салат түрінде тұтынылатын дәмтағам және түстік тағам консервілеріне деген сұраныс жыл сайын артып келеді. Халықтың осы өнімдерге деген қажеттілігін қамтамасыз ету үшін мұндай өнімдердің ассортиментін кеңейту және олардың тағамдық құндылығын жоғарылату мақсатында ағзадан улы элементтерді шығаруға қабілетті тағамдық заттар қосылған, құрамында табиғи антиоксиданттар мен биологиялық белсенді заттары бар пайдалы дәмтағам және түстік тағам консер-

вілерін әзірлеу ғылыми-тәжірибелік тұрғыдан негізделген өзекті міндеттердің бірі болып саналады. Көбіне отырып жұмыс жасау өмір салтын ұстанатын адамдар санының артуы, сондай-ақ дұрыс тамақтанбаумен байланысты аурулардың көбейіп тұрған жағдайында денсаулықты нығайтуға және түрлі аурулардың алдын алуға ықпал ететін өнімдерді әзірлеу аса маңызды [1-3].

Көкөніс түстік тағам консервілері халық арасында кең сұранысқа ие, алайда дәстүрлі рецептуралар көбіне тағамдық талшықтармен, функционалдық ингредиенттермен жеткілікті деңгейде байытылмаған. Осыған байланысты пектин немесе пектин экстрактысы қосылған

жаңа рецептуралар әзірлеу көкөністен алынған консерві өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға, сондай-ақ олардың құрылымдық-механикалық және органолептикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді.

Пектин экстрактысы қосылған көкөніс негізінде жасалған түстік тағам консервілері тұтынушылардың денсаулығын нығайтуға, иммунитетін арттыруға ықпал етіп, әртүрлі аурулардың алдын алуға және белсенді өмір салтын қалыптастыруға септігін тигізеді. Яғни, көкөніс шикізатының және пектин құрамында кездесетін табиғи антиоксиданттар мен биологиялық белсенді заттар адам ағзасына көптеген оң әсер етеді, атап айтқанда бос радикалдардан қорғау, иммунитетті күшейту, жүрек-қан тамыр жүйесінің жұмысын жақсарту және басқа да пайдалы қасиеттерге ие [4-6].

Зерттеудің мақсаты – пектин экстрактысы қосылған асқабақ езбесі көкөніс түстік тағам консервілерінің жаңа рецептураларын әзірлеу және олардың органолептикалық сапасын бағалау арқылы функционалдық бағыттағы консерві өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру.

Пектин экстрактылары – өсімдік жасуша қабырғаларында кездесетін табиғи полисахаридтер болып табылады және олардың құрылым түзуші, сорбциялық, детоксикациялық, антиоксиданттық қасиеттері жоғары. Пектин

заттарын консерві өндірісінде пайдалану өнімнің құрылымдық тұрақтылығын арттырып қана қоймай, ас қорыту жүйесінің қызметін реттеуге, ауыр металдар мен токсиндерді байланыстыруға, өнімнің тұрақтылығын арттыруға, оның тағамдық және биологиялық маңызын күшейтуге мүмкіндік береді. Сондықтан пектин экстрактысы қосылған көкөніс түстік тағам консервілерінің жаңа түрлерін әзірлеу және олардың сапалық көрсеткіштерін зерттеу тағам технологиясы саласындағы маңызды ғылыми бағыттардың бірі болып табылады және функционалдық консерві өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге бағытталған маңызды мәнге ие [7].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Ғылыми жұмыс барысында зерттеу нысандары ретінде асқабақ езбесі негізіндегі түстік тағам консервілері және асқабақ тұқымдас көкөністерден (асқабақ, кәдіш) және алма жемісінен алынған пектин экстрактылары пайдаланылды.

Пектин экстрактылары өсімдік шикізатынан қышқылды-гидролиздік экстракция әдісі арқылы алынды. Экстракциялау процесі барысында температуралық режим, ортаның рН көрсеткіші және экстракциялау уақыты таңдалып, алынған экстрактылар сүзгіден өткізіліп, концентрацияланды. Белсенді пектин экстрактылары дайын өнімнің рецептурасына әртүрлі мөлшерде енгізілді (1-кесте).

Кесте 1. Асқабақ езе-сорпасының (бақылау үлгісі) және пектин экстрактысы қосылған түстік тағам консервілерінің рецептуралары, %

№	Құрамы	Бақылау үлгісі	Кәдіш пектин экстрактысы	Асқабақ пектин экстрактысы	Алма пектин экстрактысы
1	Асқабақ тазаланған	60	60	60	60
2	Сәбіз тазаланған	12	12	12	12
3	Пияз тазаланған	10	10	10	10
4	Сарымсақ	0,2	0,2	0,2	0,2
5	Өсімдік майы	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Тұз	0,75	0,75	0,75	0,75
7	Қара бұрыш ұнтақ	0,02	0,02	0,02	0,02
8	Лимон қышқылы	0,7	0,7	0,7	0,7
9	Су немесе көкөніс сорпасы	15	12	12	12
10	Кәдіш пектин экстрактісі		3	-	-
11	Асқабақ пектин экстрактісі		-	3	-
12	Алма пектин экстрактісі		-	-	3

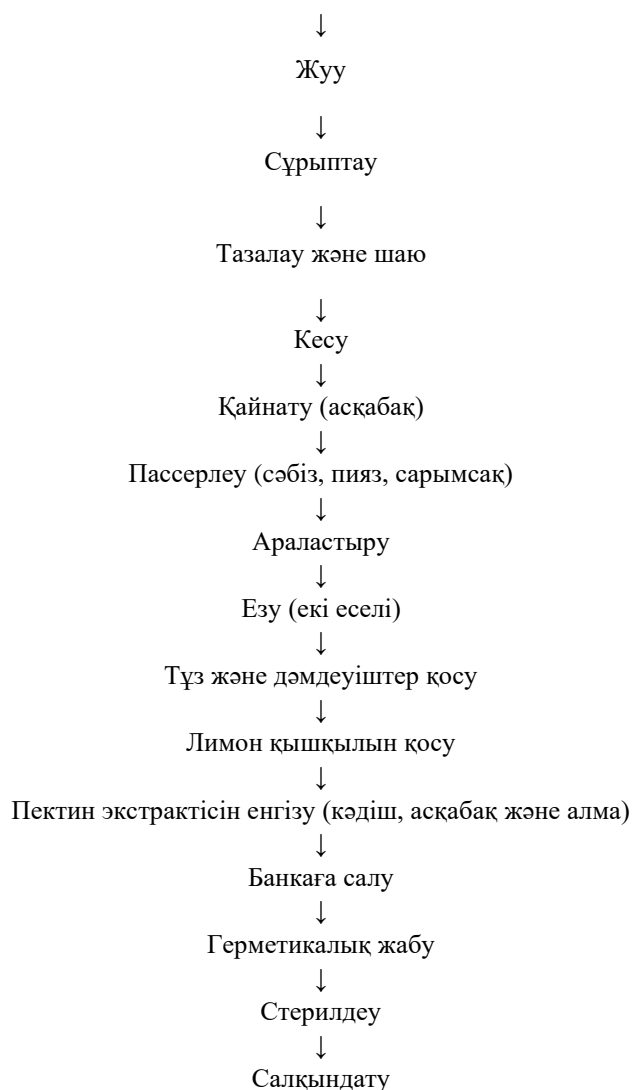
Асқабақ — дәрумендер мен минералдарға бай табиғи көкөніс. Асқабақтың жеміс жұмсағы биологиялық белсенді заттарға бай болып келеді. Оның құрамында құрғақ заттар мөлшері 15–18 %, қанттар 8–10 % аралығында болады. Сонымен қатар пектинді заттар, азотты қосылыстар, калий, кальций, магний және темір тұздары, сондай-ақ С, В₁, В₂, РР дәрумендері мен А провитамині (β-каротин) анықталған. Бұл қосылыстар ағзаның антиоксиданттық қорғанысын күшейтіп, зат алмасу процестерін реттеуде маңызды рөл атқарады [8, 9].

Асқабақ тұқымдарының химиялық құрамы да жоғары тағамдық құндылығымен ерекшеленеді. Олардың құрамында майлы май мөлшері 36–52 % құрайды, сондай-ақ фитостериндер, органикалық қышқылдар, шайырлы

заттар және жасұнық (0,7 %) кездеседі. Аталған компоненттер жүрек-қан тамыр жүйесінің қызметін қолдауға, ас қорыту процестерін жақсартуға және ағзаның функционалдық жағдайын оңтайландыруға ықпал етеді.

Асқабақ езбе-сорпасы — бұл көкөністерден (негізінен асқабақтан) дайындалған, біркелкі және жұмсақ консистенциялы біріншілік түстік тағам. Ол көкөністерді қайнату, пассерлеу және езу арқылы дайындалатын біртекті масса. Пектин экстрактысы қосылған езілген көкөністер мен ақ тұздыққа негізделген бұл өнім – асқорытуға жеңіл әрі қоректік заттарға бай болғандықтан балалар мен егде жастағы адамдарға да ұсынылатын тағам [10, 11].

Шикізатты дайындау (асқабақ, сәбіз, пияз, сарымсақ)



Сурет 1. Пектин экстрактысы қосылған асқабақ езбе-сорпасы түстік тағам консервісінің технологиялық сұлбасы

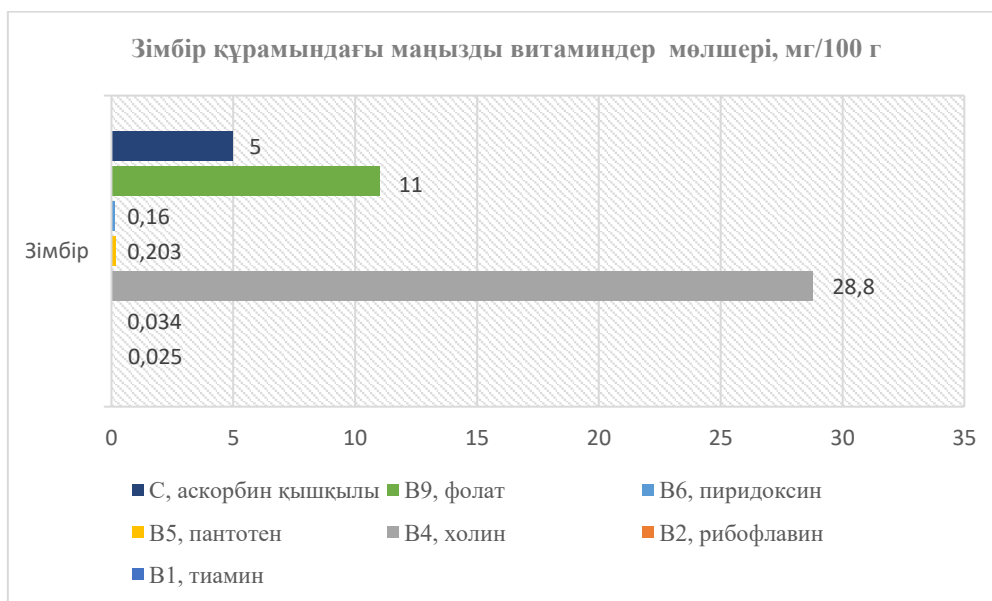
Түстік тағам консервілерінің технологиясы дәстүрлі технологиялық сызбаға негізделі отырып әзірленді және келесі негізгі кезеңдерді қамтиды: шикізатты дайындау, көкөністерді механикалық өңдеу, жылумен өңдеу, езбе алу, пектин экстрактыларын қосу, гомогенизациялау, ыдысқа салу және стерильдеу. 1-суретте пектин экстрактысы қосылған асқабақ езбе-сорпасы түстік тағам консервісінің технологиялық сұлбасы көрсетілген.

Асқабақ құрамындағы каротиноидтар мен фитохимиялық қосылыстар антиоксидант рөлін атқарады, яғни бос радикалдардан тіндерді қорғайды және қартаю процестерін баяулатады. Асқабақ сорпасында жоғары талшық пен ағзаға пайдалы микроэлементтер бар болғандықтан, ол ас қорыту жүйесін жақсартады, іш қатуды болдырмайды және жүрек денсаулығын қолдауға көмектеседі.

Асқабақ езбе-сорпасының ассортиментін кеңейту үшін зімбір қосылған асқабақ езбе-

сорпасының рецептурасы алынды [12, 13].

Сорпаға зімбір (имбирь) қосу оның дәмдік және функционалды қасиеттерін арттырады және антиоксиданттық белсенділігін жоғарылатады. Яғни, зімбір құрамында тағамға ерекше қышқыл дәм және хош иіс беретін эфир майлары мен фенолды заттардың көп мөлшері бар. Зімбірдің қосылуы ағзаны уытты заттардан тазартуға көмектеседі, бактерияға қарсы иммундық әсерін күшейтеді және адамға күш береді. Оның химиялық құрамындағы фенолды қосылыстардың ерекше тобына жататын гингеролдар, шогаолдар және зингерон қосылыстары зімбірдің антиоксиданттық, қабынуға қарсы және антимикробтық қасиеттерін қамтамасыз етеді [14, 15]. Сонымен қатар зімбір қосу арқылы өнімнің биологиялық құндылығын арттырып, тағамдарды В тобының және С витаминдерімен байыту көзделді (2 - сурет).



Сурет 2. Зімбір құрамындағы маңызды витаминдер мөлшері

Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасы жоғары тағамдық және биологиялық құндылыққа ие емдік-профилактикалық және функционалды бағыттағы түстік тағам консервісі болып табылады. Сорпаға қосылған пектин экстрактысы мен зімбірдің антиоксиданттық және қабынуға қарсы қасиеттерінің үйлесуі өнімнің физиологиялық құндылығын едәуір арттырады және адам ағзасына пайдалы әсерін күшейтеді. Бұл өнімнің функционалды әсері ас қорыту жүйесінің жұмысын жақсарту, анти-оксиданттық қорғанысты күшейту, ағзаның иммундық әсерін арттыру, зат алмасу процес-терін реттеу, төмен

калориялы бола тұрып жоғары тағамдық құндылыққа ие болуы арқылы көрініс табады. Тағамның езбе-сорпа түріндегі консистенциясы өнімнің сіңімділігін жоғарылатып, оны балалар, егде жастағы адамдар және диеталық тамақтану рационы үшін қолайлы етеді. Сонымен қатар, консервілеу технологиясы биологиялық белсенді заттардың сақталуын қамтамасыз етеді [16, 17].

Ғылыми деректерге сәйкес, зімбірдің тұрақты түрде қолданылуы иммундық жүйені нығайтады, қабыну процестерін төмендетеді және ағзадан улы метаболиттердің шығарылуын жеделдетеді. Осы қасиеттері зімбірді функцио-

налдық тағамдар өндірісінде, соның ішінде консервіленген көкөніс өнімдерінің құрамына енгізуді ғылыми тұрғыдан негіздейді [16].

Зерттеу жұмыс барысында зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасы түріндегі түстік тағам консервісінің рецептурасы мен технологиясы

әзірленді. Әзірленген рецептура мен технология түстік тағамдардың сапасын сақтай отырып, оның ұзақ мерзімді сақталуын қамтамасыз етеді және функционалдық көкөніс консервілерінің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді [18, 19].

Кесте 2. Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасы (бақылау үлгісі) және пектин экстрактысымен асқабақ езбе-сорпасы түстік тағам консервілерінің рецептуралары, %

№	Құрамы	Бақылау үлгісі	Кәдіш пектин экстрактысы	Асқабақ пектин экстрактысы	Алма пектин экстрактысы
1	Асқабақ тазалаған	60	60	60	60
2	Сәбіз тазаланған	12	12	12	12
3	Пияз тазаланған	8	8	8	8
4	Сарымсақ	0,2	0,2	0,2	0,2
5	Өсімдік майы	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Тұз	0,75	0,75	0,75	0,75
7	Қара бұрыш	0,02	0,02	0,02	0,02
8	Лимон қышқылы	0,7	0,7	0,7	0,7
9	Су немесе көкөніс сорпасы	17	15	15	15
10	Зімбір (имбирь)	1,4	1,4	1,4	1,4
11	Кәдіш пектин экстрактысы	-	3	-	-
12	Асқабақ пектин экстрактысы	-	-	3	-
13	Алма пектин экстрактысы	-	-	-	3

Дайын өнімдердің органолептикалық сапасы дегустациялық әдіс арқылы бағаланды. Бағалау барысында өнімнің дәмі, иісі, түсі және консистенциясы негізгі көрсеткіштер ретінде қарастырылды. Әр көрсеткіш 5 балдық жүйе бойынша бағаланып, жалпы органолептикалық баға анықталды [20, 21].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

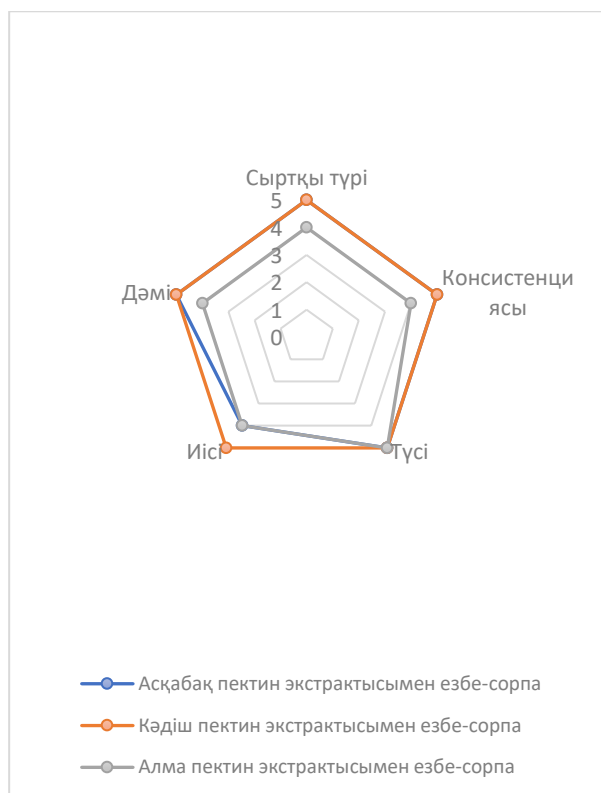
Зерттеу нәтижелері пектин экстрактыларын асқабақ езбесі негізіндегі түстік тағам консервілерінің құрамына енгізу өнімнің сапалық көрсеткіштеріне оң әсер ететінін көрсетті. Атап айтқанда, пектин экстрактылары дайын өнімнің консистенциясын біркелкі етіп, құрылымдық тұрақтылығын арттырды.

Пектин экстрактылары қосылып әзірленген асқабақ езбе-сорпаларының органолептикалық көрсеткіштерін бағалау нәтижелері диаграмма түрінде көрсетілген (3-сурет). Дегустациялық талдауға екі ассортименттегі түстік тағам консервілері: асқабақ езбе-сорпасы және зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасы

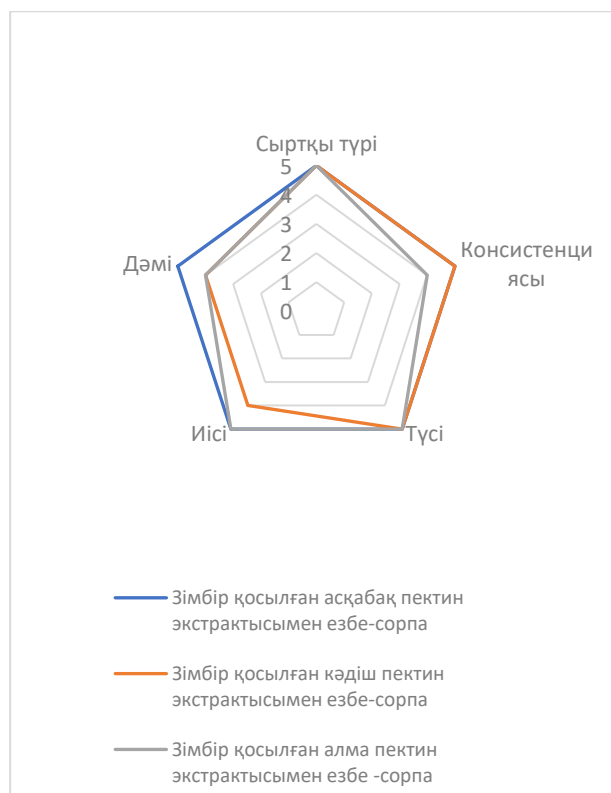
ұсынылды. Әрбір ассортимент асқабақ, кәдіш, алма шикізатынан алынған үш түрлі пектин экстрактыларын қолдану арқылы дайындалды.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, кәдіш пектин экстрактысы енгізілген асқабақ езбе-сорпасы барлық органолептикалық көрсеткіштері бойынша жоғары бағаланды. Асқабақ пектин экстрактысы қосылған езбе-сорпасының консистенциясы салыстырмалы түрде сұйықтау, алма пектин экстрактысы қосылған езбе-сорпасы дәмі, иісі, сыртқы түрі мен консистенциясы бойынша төменірек көрсеткіштерге ие болып, бір баллға кем бағаланды.

Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпаларын бағалау барысында асқабақ пектин экстрактысымен әзірленген үлгі барлық көрсеткіштері бойынша жоғары органолептикалық сапаны көрсетті. Ал кәдіш және алма пектин экстрактылары енгізілген езбе-сорпалар кейбір бағалау параметрлері бойынша, мысалы, дәмі, иісі қышқылтым болып бір баллға төмен бағаланды.



а) Пектин экстрактылары қосылған асқабақ езбе-сорпалары



б) Зімбір қосылған пектин экстрактылары-мен асқабақ езбе-сорпалары

Сурет 3. Пектин экстрактылары қосылған түстік тағам консервілерінің (асқабақ езбе-сорпалары) органолептикалық сапасына бағалау диаграммасы

Пектин экстрактыларының шығу тегі асқабақ негізіндегі езбе-сорпалардың органолептикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Өртүрлі шикізаттан алынған пектин экстрактыларын қолдану өнімнің құрылымдық-механикалық сипаттамалары мен дәмдік қасиеттеріне әрқелкі ықпал етті. Атап айтқанда, кәдіш және асқабақ пектин экстрактысы қосылған үлгілердің консистенциясы мен тұтқырлығы біркелкі, қою және сыртқы көрінісі тартымды болып бағаланды, бұл пектиннің су байланыстыру және гель түзу қабілетінің жоғары болуымен түсіндіріледі.

Алма пектин экстрактысы енгізілген езбе-сорпалардың үлгілерінде құрылымның салыстырмалы түрде сұйық болуы, дәм мен иістің әлсіз үйлесуі байқалып, органолептикалық көрсеткіштерінің төмендеуіне әсер етті.

Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпаларында пектин экстрактыларының әсері айқын көрінді. Бұл жағдайда асқабақ пектин экстрактысы қолданылған үлгі дәмдік үйлесімділігі мен хош иісі бойынша жоғары бағаға

ие болды. Зімбірдің биологиялық белсенді қосылыстары асқабақ пектинімен жақсы үйлесіп, өнімнің жалпы органолептикалық қасиеттері жақсарғаны анықталды.

Органолептикалық бағалау нәтижелері бойынша пектин экстрактысы қосылған үлгілер бақылау үлгісімен салыстырғанда жоғары көрсеткіштерге ие болды (4-кесте). Өнімнің дәмі неғұрлым үйлесімді, жұмсақ және жағымды болып, бөгде дәм мен иістер анықталмады. Түсі ашық, табиғи және тұрақты сипатқа ие болды, бұл пектиннің түс тұрақтандырғыш қасиеттерімен түсіндіріледі.

Консистенция көрсеткіші бойынша пектин экстрактылары қосылған түстік консервілер біртекті, тұтқыр және жағылғыш құрылымымен ерекшеленді. Бұл пектин заттарының гель түзуші қабілетінің жоғары болуымен байланысты. Сонымен қатар, пектин экстрактылары өнімнің су ұстау қабілетін арттырып, қабаттану құбылысының алдын алатыны анықталды.

Кесте 3. Жоғары бағалауға ие болған пектин қосылған түстік тағам консервілерінің органолептикалық сапасына сипаттама

№	Өнімнің атауы	Сыртқы түрі және консистенциясы	Түсі	Иісі	Дәмі	Жалпы бағалау
1	Асқабақ езбе-сорпасы	біртекті, жақсы езілген, түйіршіксіз, біркелкі масса. Консистенциясы жұмсақ, орташа қою, қабаттану белгілері байқалмайды.	ашық сарыдан алтын-сары түске дейін, асқабаққа тән табиғи реңі сақталған	таза, жағымды, асқабаққа тән, бөтен иіссіз	сәл тәттілеу, жұмсақ, үйлесімді, асқабаққа тән табиғи дәм айқын сезіледі бөгде дәмсіз	25
2	Кәдіш пектин экстрактысы қосылған асқабақ езбе-сорпасы	біртекті, жақсы езілген, түйіршіксіз, біркелкі масса. Консистенциясы жұмсақ, қою, қабаттану белгілері жоқ	жағымды қызғыш сары түсті	таза, асқабаққа тән, бөтен иіссіз	қышқылтым-тәтті, жұмсақ, жағымды дәм сезіледі, бөгде дәмсіз	25
3	Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасы	біркелкі, крем тәрізді, жақсы езілген масса. Консистенциясы жұмсақ әрі тұтқыр	қанық сары реңкті, зімбірдің қосылуына байланысты табиғи реңкінің сәл күңгірттенуі байқалады	асқабаққа тән нәзік иіс зімбірдің жеңіл, сергіткіш, өткір емес жылы хош иісі бар	асқабақтың табиғи тәттілігі зімбірдің сәл ащылау әрі сергіткіш дәмімен толықтырылады	25
4	Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасы (асқабақ пектин экстрактысымен)	Консистенциясы біртекті езбелі, қою масса	Қанық сарғыш-қызғылт түсті	Нәзік, өткір емес хош иісті	үйлесімді, қышқылтым-тәтті, бөгде дәмсіз	25

Зімбір қосылған асқабақ езбе-сорпасының органолептикалық көрсеткіштері бойынша бақылау үлгісімен салыстырғанда дәмі мен иісінің айқындылығымен, күрделілігімен және тұтынушылық тартымдылығымен ерекшеленеді. Бұл зімбірдің аз мөлшерде қосылуы өнімнің органолептикалық сапасын жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Зерттеу барысында пектин экстрактыларының антиоксиданттық белсенділігі дайын өнімнің функционалдық бағытын күшейтетіні дәлелденді. Пектиннің табиғи антиоксиданттық қасиеттері өнімнің физиологиялық құндылығын арттырып, оны күнделікті тұтынуға арналған функционалдық тағам өнімі ретінде ұсынуға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер әдеби деректермен салыстырғанда, өсімдік тектес пектин экстрактыларын консерві өндірісінде қолдану өнімнің сапасын жақсартуға және жаңа функционалдық өнімдер әзірлеуге тиімді екенін көрсетеді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде пектин экстрактысы қосылған асқабақ езбе-сорпасы негізінде дайындалған көкөніс түстік тағам консервілерінің жаңа рецептуралары мен технологиясы әзірленді. Оларға асқабақты көкөніс-

терден алынған пектин экстрактыларын қолдану дайын өнімнің сапалық көрсеткіштеріне оң әсер ететіні анықталды.

Органолептикалық бағалау нәтижелері пектин экстрактысы қосылған үлгілердің дәмі, иісі, түсі және консистенциясы бойынша жоғары көрсеткіштерге ие екенін көрсетті. 5-6 ай сақталғаннан кейін де өнімнің құрылымы біркелкі, жағымды консистенциялы және табиғи түсі тұрақты болып қалыптасты.

Алынған деректер пектин экстрактыларын мақсатты түрде таңдау арқылы функционалды езбе-сорпалардың рецептурасы мен технологиясын жетілдіруге мүмкіндік береді. Пектин экстрактыларының енгізілуі түстік тағам консервілерінің консистенциясын тұрақтандырып, құрылымдық тұрақтылығын арттырып, тұтынушылық қасиеттерін жақсартты. Сонымен қатар, пектиннің антиоксиданттық белсенділігі түстік тағам консервілерінің функционалдық бағытын күшейтіп, өнімдердің тұтынушылық қасиеттерін арттырып қана қоймай, олардың тағамдық және биологиялық құндылығын жоғарылатуға жағдай жасайды.

Осылайша, алынған нәтижелер пектин экстрактысын қолдана отырып әзірленген көкөніс түстік тағам консервілерін функцио-

налдық бағыттағы өнім ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік беретінін дәлелдейді.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл мақалада Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің бағдарламалық - мақсатты қаржыландырылған жобасы № BR 24993031 бойынша жүргізілген зерттеу нәтижесі көрсетілген.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Баранова Н.В. Технология овощных консервов. – М.: Колос С, 2018. – 240 с.

2. Романюк Т.И., Чусова А.Е., Новикова И.В. Методы исследования сырья и продуктов растительного происхождения (теория и практика).- Воронежский государственный университет инженерных технологий.:2014.- 160 с.

3. Sharma S.K., Liptay A., Le Maguer M. Effect of blanching on polyphenols and antioxidant activity of vegetables // *Food Research International*. – 2012. – Vol. 45. – P. 188–193.

4. Said N. S., Lee W. Y. Pectin-based active and smart film packaging: recent advancements in food preservation // *MDPI Foods*. – 2025. – Vol. 14, No. 5. – P. 1123.

5. Гончар В.В., Сидоренко О.В. Пектины растительного происхождения и их применение в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 2019. – 256 с.

6. Xiang T., et al. Research progress and application of pectin: a comprehensive review // *Journal of Food Science*. – 2024. – Vol. 89, No. 3. – P. 2401–2422.

7. Oliveira L. S. de, Silva D. V. T. da, Trindade L. R. de, et al. Edible polysaccharides as stabilizers and carriers in food formulations: pectin and other hydrocolloids // *arXiv Preprint*. – 2025. – DOI:2511.07264.

8. Павловская, Л. М. Перспективные направления научных исследований процессов консервирования овощей и фруктов: производство ферментированных продуктов / Л. М. Павловская, С. Н. Голубева // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2017. – №1. – С.63-68.

9. Смотряева И.В., Баланов П.Е. Технология продуктов из растительного сырья.- СПб.:НИУИТ, 2014.- 78 с.

10. Сенгирбекова Л., Бижанова К. Сыздыкова Л.С. Көкөніс дәмтағам консервісі өндірісінің ерекшеліктері./Жас ғалымдардың «Ғылым. Білім. Жастар» Республикалық ғылыми тәжірибелік конференциясының материалдары 25-26 сәуір 2019ж.-26 бет.

11. Voragen A.G.J., Coenen G.J., Verhoef R.P., Schols H.A. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls // *Structural Chemistry*. – 2009. – Vol. 20. – P. 263–275.

12. Vickie A. Vaclavik Elizabeth W. Christian. *Essentials of Food Science*. Springer Science+Business Media New York 2014 – 512 p.

13. Бижанова К.Д., Сенгирбекова Л.К., Сыздыкова Л.С. Рецептуры овощных закусочных консервов с различными крупами. /Материалы международной «Фундаментальные и прикладные проблемы эффективности научных исследований и пути их решения». 28 января 2020 г., часть 2.-С.63-67

14. Shelenga T. V., Piskunova T. M., Malyshev L. L., et al. Seed oil biochemical composition of cultivated Cucurbita L. species from the VIR collections grown in the Astrakhan province of the Russian Federation / *Agronomy*. 2020. V. 10.- No. 10.- P. 1491.

15. Сенгирбекова Л.К., Сыздыкова Л.С. Определение качества овощных закусочных консервов с различными крупами. //Вестник Алмагитинского технологического университета. 2020;(3):35-39. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2020-3-35-39>

16. Лисовицкая Е. П., Патиева С. В., Родионова Л. Я., Шаkota Ю. Н. Пектин — основной источник борьбы с вредными веществами / Приоритетные направления развития пищевой индустрии. Матер. науч.-практ. конф. — Ставрополь, 2016. С. 385 – 388.

17. Л.К. Сенгирбекова, К.Д. Бижанова, Л.С. Сыздыкова. Определение качества овощных закусочных консервов. Материалы международной научно-практической конференции продукты питания: производство, безопасность, качество 18–20 декабря 2019 г. 154 – 157стр.

18. Sharma S., Wani K. M., Mujahid S. M., Jayan L. S., Rajan S. S. Review on pectin: sources, properties, health benefits and its applications in food industry // *Journal of Future Foods*. – 2025. – Vol. 6, No. 2. – P. 205–219. – DOI: 10.1016/j.jfutfo.2024.04.009.

19. Киселева Т.Ф., Миллер Ю.Ю., Вечтомова Е.А. Технохимический контроль производства овощных консервов.-Кемеро-КемГУ, 2014.- 126с.

20. Barrera-Chamorro L., Fernandez-Prior A., Rivero-Pino F., Montserrat-de la Paz S. A comprehensive review on the functionality and biological relevance of pectin and the use in the food industry // *Carbohydrate Polymers*. – 2025. – Vol. 348. – Article 122794. – DOI: 10.1016/j.carbpol.2024.122794.

21. Бухарова А. Р., Степанюк Н. В., Бухаров А. Ф. Химический анализ мякоти плодов тыквы крупноплодной на содержание низкомолекулярных антиоксидантов // *Вестн. Рос. гос. аграр. заоч. унив.* 2014. -№ 17. -С. 13 – 17.


REFERENCES

1. Baranova N.V. *Tekhnologiya ovoshchnykh konservov* [Technology of canned vegetables]. – М.: KolosS, 2018. – 240 s.

2. Romanyuk T.I., Chusova A.E., Novikova I.V. *Metody issledovaniya syr'ya i produktov rastitel'nogo proiskhozhdeniya (teoriya i praktika)* [Methods of studying raw materials and plant-based products (theory and practice)]. – Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi universitet inzhenernykh tekhnologii, 2014. – 160 s.

3. Sharma S.K., Liptay A., Le Maguer M. [Effect of blanching on polyphenols and antioxidant activity of vegetables] // *Food Research International*. – 2012. – Vol. 45. – P. 188–193.
4. Said N. S., Lee W. Y. Pectin-based active and smart film packaging: recent advancements in food preservation // *MDPI Foods*. – 2025. – Vol. 14, No. 5. – P. 1123.
5. Gonchar V.V., Sidorenko O.V. Pektiny rastitel'nogo proiskhozhdeniya i ikh primeneniye v pishchevoi promyshlennosti [Plant-based pectins and their application in the food industry]. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 2019. – 256 s.
6. Xiang T., et al. [Research progress and application of pectin: a comprehensive review] // *Journal of Food Science*. – 2024. – Vol. 89, No. 3. – P. 2401–2422.
7. Oliveira L. S. de, Silva D. V. T. da, Trindade L. R. de, et al. [Edible polysaccharides as stabilizers and carriers in food formulations: pectin and other hydrocolloids] // *arXiv Preprint*. – 2025. – DOI:2511.07264.
8. Pavlovskaya L.M., Golubeva S.N. Perspektivnye napravleniya nauchnykh issledovaniy protsessov konservirovaniya ovoshchei i fruktov: proizvodstvo fermentirovannykh produktov [Promising areas of research in the field of vegetable and fruit preservation: production of fermented products] // *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*. – 2017. – № 1. – S. 63–68.
9. Smotraeva I.V., Balanov P.E. Tekhnologiya produktov iz rastitel'nogo syr'ya [Technology of products from vegetable raw materials]. – SPb.: NIUIT, 2014. – 78 s.
10. Sengirbekova L., Bizhanova K., Syzdykova L.S. Kokenis damtagam konservisi ondirisinin erekshelikteri [Features of the production of canned vegetable delicacies.] // *Zhas galymdardyn «Gylym. Bilim. Zhastar» Respublikalyk gylymi-tazhiribelik konferentsiyasynyn materialdary*. 25–26 sauir 2019 zh. – 26 b.
11. Voragen A.G.J., Coenen G.J., Verhoef R.P., Schols H.A. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls // *Structural Chemistry*. – 2009. – Vol. 20. – P. 263–275.
12. Vickie A. Vaclavik Elizabeth W. [Christian. Essentials of Food Science]. Springer Science+Business Media New York 2014 – 512 p.
13. Bizhanova K.D., Sengirbekova L.K., Syzdykova L.S. Retseptury ovoshchnykh zakusochnykh konservov s razlichnymi krupami [Recipes for vegetable snack preserves with various cereals] // *Fundamental'nye i prikladnye problemy effektivnosti nauchnykh issledovaniy i puti ikh resheniya. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. 28 yanvarya 2020 g. Ch. 2. – S. 63–67.
14. Shelenga T.V., Piskunova T.M., Malyshev L.L., et al. [Seed oil biochemical composition of cultivated Cucurbita L. species from the VIR collections grown in the Astrakhan province of the Russian Federation] // *Agronomy*. – 2020. – Vol. 10. – No. 10. – P. 1491.
15. Sengirbekova L.K., Syzdykova L.S. Opredelenie kachestva ovoshchnykh zakusochnykh konservov s razlichnymi krupami [Determination of the quality of vegetable snack canned goods with various cereals] // *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2020. – № 3. – S. 35–39. DOI: 10.48184/2304-568X-2020-3-35-39
16. Lisovitskaya E.P., Patieva S.V., Rodionova L.Ya., Shakota Yu.N. Pektin — osnovnoi istochnik bor'by s vrednymi veshchestvami [Pectin is the main source of protection against harmful substances] // *Prioritetnye napravleniya razvitiya pishchevoi industrii. Materialy nauch.-prakt. konf.* – Stavropol', 2016. – S. 385–388.
17. Sengirbekova L.K., Bizhanova K.D., Syzdykova L.S. Opredelenie kachestva ovoshchnykh zakusochnykh konservov [Определение качества овощных закусовых консервов] // *Produkty pitaniya: proizvodstvo, bezopasnost', kachestvo. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. 18–20 dekabrya 2019 g. – S. 154–157.
18. Sharma S., Wani K. M., Mujahid S. M., Jayan L. S., Rajan S. S. [Review on pectin: sources, properties, health benefits and its applications in food industry] // *Journal of Future Foods*. – 2025. – Vol. 6, No. 2. – P. 205–219. – DOI: 10.1016/j.jfutfo.2024.04.009.
19. Kiseleva T.F., Miller Yu.Yu., Vechtomova E.A. [Tekhnokhimicheskii kontrol' proizvodstva ovoshchnykh konservov] [Technochemical control of vegetable canned food production]. – Kemerovo: KemGU, 2014. – 126 s.
20. Barrera-Chamorro L., Fernandez-Prior Á., Rivero-Pino F., [Montserrat-de la Paz S. A comprehensive review on the functionality and biological relevance of pectin and the use in the food industry] // *Carbohydrate Polymers*. – 2025. – Vol. 348. – Article 122794. – DOI: 10.1016/j.carbpol.2024.122794
21. Shaimerdenova D.A., Omarov A.A. Funktsional'nye produkty pitaniya na osnove rastitel'nogo syr'ya [Functional food products based on plant raw materials] // *Vestnik ATU*. – 2021. – № 2. – S. 45–52.
21. Bukharova A.R., Stepanyuk N.V., Bukharov A.F. Khimicheskii analiz myakoti plodov tykvy krupnoplodnoi na sodержание nizkomolekulyarnykh antioksidantov [Chemical analysis of the pulp of large-fruited pumpkin fruits for the content of low-molecular-weight antioxidants] // *Vestnik Rossiiskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta*. – 2014. – № 17. – S. 13–17.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БОБОВЫХ КУЛЬТУР

¹С.Т. ЖИЕНБАЕВА , ¹А. ИЗТАЕВ , ²К.А. ЕЛЕУКЕНОВА , ¹М.А. ЯКИЯЕВА* ,
¹А.Н. СЕРИКБАЕВА , ¹М.Н. МАМЫРАЕВ , ¹М.Н. РАХЫМБАЕВА , ¹М.Б. СУЛТАНКУЛ 

¹Алматынський технологический университет, Республика Казахстан, 050012, Алматы, ул. Толе би, 100

²Национальный центр государственной научно-технической экспертизы, Республика Казахстан, 050012, Алматы, ул. Богенбай батыра, 221)

Электронная почта автора-корреспондента: yamadina88@mail.ru*

В данной работе проведена комплексная оценка качества и пищевой ценности основных бобовых культур, выращиваемых в Казахстане - соя («Жансая Элита», «Айсәуле супер Элита»), нута («Нурлы»), чечевицы («Веховская») и гороха («Шал»). Исследование включало определение макронутриентов, физико-технологических показателей зерна, жировой фракции и биоактивных соединений. Результаты исследования показали, что наибольшее содержание белка и жира у сои (36,39–36,71 % белка, 18,69–20,56 % жира), а в горохе, нуте и чечевице представлено в меньшем количестве. Содержание крахмала было максимальным у чечевицы (55,34 %), гороха (51,98 %) и нута (48,51 %), а клетчатка — у сортов сои (14,18–15,59 %). Зольность колебалась от 2,09 до 3,65 %, рН от 6,20 до 6,33, что свидетельствует о хорошем качестве зерна. Соя также отличалась более высоким содержанием водорастворимых антиоксидантов, полифенолов и витамина Е. Полученные результаты подтверждают высокую питательную ценность и функциональные свойства исследованных образцов бобовых культур, что обосновывает их применение в рациональном питании и пищевой промышленности, а также их потенциал для разработки продуктов с повышенной биологической и пищевой ценностью.

Ключевые слова: бобовые культуры, соя, нут, горох, чечевица, пищевая ценность, белок, жир, крахмал, клетчатка, витамины, антиоксиданты.

БҰРШАҚ ТҰҚЫМДАС ДАҚЫЛДАРДЫҢ САПАСЫН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ

¹С.Т. ЖИЕНБАЕВА, ¹А. ИЗТАЕВ, ²К.А. ЕЛЕУКЕНОВА, ¹М.А. ЯКИЯЕВА*,
¹А.Н. СЕРИКБАЕВА, ¹М.Н. МАМЫРАЕВ, ¹М.Н. РАХЫМБАЕВА, ¹М.Б. СУЛТАНКУЛ

¹Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, 050012, Алматы қ., Төле би көш., 100

²Мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптаманың ұлттық орталығы, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Бөгенбай батыр көшесі, 221)

Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: yamadina88@mail.ru*

Бұл зерттеу Қазақстанда өсірілетін негізгі бұршақ тұқымдас дақылдардың - соя («Жансая Элита», «Айсәуле Супер Элита»), ноқат («Нурлы»), жасымық («Веховская») және асбұршақ («Шал») - сапасы мен тағамдық құндылығын кешенді бағалауға арналды. Зерттеу барысында макронутриенттердің мөлшері, дәnniң физика-технологиялық көрсеткіштері, май фракциясының сапалық сипаттамалары және биоактивті қосылыстар анықталды. Нәтижелер сояда ақуыз бен майдың ең жоғары деңгейде болатынын көрсетті (36,39–36,71 % ақуыз, 18,69–20,56 % май), ал асбұршақ, ноқат және жасымықта бұл көрсеткіштер төменірек байқалды. Крахмал мөлшері жасымықта (55,34 %), асбұршақта (51,98 %) және ноқатта (48,51 %) жоғары болды, ал тағамдық талшықтар соя сұрыптарында басым болды (14,18–15,59 %). Күлділік мөлшері 2,09–3,65 % аралығында, рН көрсеткіштері 6,20–6,33 шамасында болып, дәn сапасының жоғары деңгейін аңғартты. Сондай-ақ соя сұға еритін антиоксиданттар, полифенолдар мен Е дәруменінің көп мөлшерімен ерекшеленді. Алынған нәтижелер зерттелген бұршақ дақылдарының жоғары тағамдық құндылығы мен функционалдық қасиеттерін растайды және оларды тиімді тамақтану рационалында, тағам өнеркәсібінде қолданудың, сондай-ақ биологиялық және тағамдық құндылығы арттырылған өнімдерді әзірлеуде пайдаланудың зор әлеуеті бар екенін көрсетеді.

Негізгі сөздер: бұршақ тұқымдастар, соя, ноқат, асбұршақ, жасымық, тағамдық құндылық, ақуыз, май, крахмал, тағамдық талшықтар, витаминдер, антиоксиданттар.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LEGUME CROPS

¹S.T. ZHIYENBAYEVA, ¹A. IZTAYEV, ²K.A. ELEUKENOVA, ¹M.A. YAKIYAYEVA*,
¹A.N. SERIKBAYEVA, ¹M.N. MAMYRAYEV, ¹M.N. RAKHYMBAYEVA, ¹M.B. SULTANKUL

¹Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, st. Tole bi, 100

²National Center for State Scientific and Technical Expertise, Kazakhstan,
050012, Almaty, Bogenbay Batyr str., 221

Corresponding author's e-mail: yamadina88@mail.ru*

This study conducted a comprehensive assessment of the quality and nutritional value of the main legume crops grown in Kazakhstan—soybean (“Zhansaya Elita”, “Aisaule Super Elita”), chickpea (“Nurly”), lentil (“Vekhovskaya”), and pea (“Shal”). The research included the determination of macronutrients, physicochemical and technological characteristics of the grains, lipid fraction quality indices, and bioactive compounds. The results showed that soybeans had the highest protein and fat contents (36.39–36.71% protein and 18.69–20.56% fat), while lower levels were observed in peas, chickpeas, and lentils. The highest starch contents were recorded in lentils (55.34%), peas (51.98%), and chickpeas (48.51%), whereas dietary fiber was most abundant in soybean varieties (14.18–15.59%). Ash content ranged from 2.09 to 3.65%, and pH values varied between 6.20 and 6.33, indicating good grain quality. Soybeans were also distinguished by higher levels of water-soluble antioxidants, polyphenols, and vitamin E. The obtained results confirm the high nutritional value and functional properties of the studied legume samples, justifying their application in rational nutrition and the food industry, as well as their potential for the development of food products with enhanced biological and nutritional value.

Keywords: legumes, soybean, chickpea, pea, lentil, nutritional value, protein, fat, starch, dietary fiber, vitamins, antioxidants.

Введение

Бобовые культуры (*Fabaceae* или *Leguminosae*) занимают одно из крупнейших семейств растений и играют важную роль в сельском хозяйстве, питании человека и экологии. Они являются источником белка, сложных углеводов, пищевых волокон, витаминов, минералов и биологически активных соединений, обеспечивая высокую питательную ценность продуктов и возможность формирования сбалансированного рациона. Бобовые могут содержать от 17 до 45 % белка и от 12 до 48 % клетчатки, что делает их важным компонентом как обычного, так и функционального питания [1, 2]. Белки бобовых имеют специфический аминокислотный состав: они богаты лизином — незаменимой аминокислотой, дефицитной в злаковых культурах, но ограничены по серосодержащим аминокислотам (метионин и цистеин). Таким образом, сочетание бобовых и злаковых культур позволяет формировать полноценный растительный белок, что особенно важно для вегетарианцев, веганов и людей, стремящихся сократить потребление мяса [3, 4]. Бобовые культуры также содержат разнообразные биоактивные вещества, включая полифенолы, флавоноиды, сапонины, фитаты и лектины, обладающие антиоксидантной активностью и влияющие на физиологические процессы. Некоторые из этих соединений относятся к

антипитательным факторам, которые могут снижать усвояемость белка и минералов, что делает актуальными методы обработки зерна, такие как замачивание, проращивание, ферментация и термическая обработка, для снижения концентрации этих веществ и улучшения усвояемости [5, 6].

Бобовые культуры играют значимую роль в пищевой промышленности. Их используют при производстве хлебобулочных изделий, закусок, напитков, безглютеновых продуктов, диетических и функциональных продуктов для людей с особыми потребностями — больных целиакией, диабетиков, а также вегетарианцев и веганов [7, 8]. Их включение в рацион способствует повышению потребления растительного белка, улучшению пищевой ценности продуктов и снижению зависимости от животного белка.

Основные виды бобовых культур составляют соя, фасоль, горох, чечевица, нут, люпин, рожковое дерево и арахис. Каждая культура имеет свои особенности по химическому составу, биологической ценности и функциональным свойствам [9]. Горох (*Pisum sativum* Linn.) является богатым источником белка (18,3–31%) и крахмала (около 45%), а также содержит пищевые волокна (около 12%). Содержание масла в горохе низкое (0,6–5,5%). Горох богат лизином и минералами, включая железо (2,2–9 мг/100 г), кальций (46–157 мг/100

г) и цинк (1,7–6,4 мг/100 г). Антипитательные факторы включают α -галактозиды, ингибиторы трипсина, лектины, танины и фитаты. Белок гороха обладает функциональными свойствами, действуя как эмульгатор и гелеобразователь, и может использоваться при переработке зерновых, молочных и мясных продуктов [10]. Чечевица (*Lens culinaris*) содержит высококачественный белок (23–32%) с полным набором незаменимых аминокислот, особенно лизина, клетчатку (около 12%) и мало жира (0,8–2%). Крахмал чечевицы составляет до 46%, она не содержит глютена и подходит для безглютеновых диет. Чечевица также является источником витаминов и минералов, поддерживая пищевую ценность рациона [11]. Нут (*Cicer arietinum*) богат триптофаном и минералами, включая железо (3,4–5 мг/100 г), кальций (57,5–109 мг/100 г) и цинк (2,6–4,9 мг/100 г). К антипитательным веществам относят олигосахариды, ингибиторы протеазы, сапонины и фитаты. Диетическое потребление нута оказывает положительное влияние на сердечно-сосудистую систему, углеводный обмен и снижает риск некоторых видов рака. Кроме того, нут активно используется в производстве хлеба и закусок [12]. Соя (*Glycine max*) является крупнейшей бобовой культурой с мировым производством. Соевые бобы богаты белком и маслом (17,7–21%), что делает их важной масличной культурой. Соевый белок имеет сбалансированный профиль аминокислот, а полиненасыщенные жирные кислоты в сое (11,225 мг/100 г) оказывают положительное влияние на здоровье [13]. Диетическое потребление сои связано с профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, поддержанием метаболизма, противораковыми свойствами, облегчением симптомов менопаузы и остеопороза, а также поддержкой кишечной микрофлоры. Однако изофлавоны сои вызывают определённые дискуссии из-за возможного влияния на гормональный баланс и функцию щитовидной железы [14].

Целью данного исследования является комплексная оценка качества основных бобовых культур, выращиваемых в Казахстане — сои, нута, гороха и чечевицы. Для исследования использовались отечественные сорта бобовых культур.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования были бобовые культуры казахстанской селекции: соя («Жансая Элита», «Айсауле супер Элита»), нут («Нурлы»), чечевица («Веховская») и горох

(«Шал»). Для каждой культуры отбирали репрезентативные образцы свежего зерна, которые использовались для комплексного анализа качества, включающего оценку пищевого состава, физико-технологических показателей и содержания биологически активных веществ.

Для анализа применялись следующие методы:

- Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля по ГОСТ 10846–91 с последующим пересчётом содержания общего азота на белок.

- Содержание жира определяли методом экстракции органическими растворителями по ГОСТ 29033–91 с последующим высушиванием экстракта и гравиметрическим определением.

- Массовую долю крахмала определяли ферментативно-химическим методом по ГОСТ 26176–91 с колориметрическим измерением.

- Содержание сырой клетчатки определяли кислотно-щелочным методом согласно ГОСТ 31675–2012.

- Натуну и удельную плотность зерна измеряли с использованием литровой пурки ПХ-1 методом свободного заполнения сосуда с последующим взвешиванием и расчётом удельной плотности.

- Массу 1000 зёрен определяли гравиметрическим методом по ГОСТу 10842–89 с подсчётом и взвешиванием навески зерна.

- рН водной вытяжки определяли потенциометрическим методом по ГОСТу 26294–89 с использованием рН-метра.

- Массовую долю золы определяли методом сухого озоления по ГОСТу 10847–74 с прокаливанием навески в муфельной печи и последующим взвешиванием остатка.

- Витамины группы В определяли методом капиллярного электрофореза в соответствии с действующими методическими рекомендациями.

- Токоферолы (витамин Е) определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC) после экстракции липидной фракции образцов органическим растворителем.

- Кислотное и перекисное число жира определяли титриметрическим методом по ГОСТ 21770–76 и ГОСТ 26513–85. Кислотное число выражали в мг КОН, необходимом для нейтрализации 1 г жира; перекисное число — в ммоль активного кислорода на 1 кг жира, отражающее степень первичного окисления липидов.

- Содержание водорастворимых антиоксидантов и полифенолов определяли спектрофотометрическим методом после экстракции биоактивных соединений с водно-спиртовым раствором, с последующим количественным измерением по интенсивности окрашивания реагента.

Результаты и их обсуждение

В настоящем разделе представлены результаты комплексного анализа качества бобовых культур казахстанской селекции с оценкой их пищевого состава, физико-технологических характеристик и содержания биологически активных веществ. Полученные

данные сопоставлены между изучаемыми культурами и с литературными источниками, что позволяет выявить особенности химического состава и функциональные свойства каждого вида.

Определение физико-технологических характеристик зерна включало оценку насыпной массы, удельной плотности (натуры) и массы 1000 зёрен (табл. 1). Данные показатели используются для характеристики степени выполненности, крупности и плотности семян, а также их пригодности к хранению и технологической переработке.

Таблица 1. Физико-технологические характеристики зерна бобовых культур

№ п/п	Наименование	Насыпная масса, kg/hL	Удельная плотность (г/см ³)	Масса 1000 зерен, г
1	Соя «Жансая Элита» (2024)	70,3	717,5	81,927
2	Соя «Айсауле супер Элита» (2025)	70,8	737	87,312
3	Нут «Нурлы»	77,0	0,79	132,156
4	Чечевица «Веховская»	81,0	737	15,307
5	Горох «Шал»	79,5	795	93,516

В таблице 1 показаны физико-технологические характеристики зерна бобовых культур. Наибольшая насыпная масса была отмечена у чечевицы (81,0 кг/гл) и гороха (79,5 кг/гл), что свидетельствует о хорошей выполненности зерна. Максимальная удельная плотность зафиксирована у гороха (0,795 г/см³) и нута (0,79 г/см³). По массе 1000 зёрен лидирует нут (132,2 г), далее — горох (93,5 г) и соя (81,9–87,3г), тогда как чечевица отличается минимальным показателем (15,3 г), характерным для мелкосемянных культур. В целом полученные показатели

подтверждают, что изученные образцы соответствуют типичным физико-механическим характеристикам своих культур и обладают удовлетворительными качественными параметрами для дальнейшего технологического использования.

В таблице 2 представлена пищевая ценность бобовых культур казахстанской селекции по основным показателям пищевого состава: содержание белка, жира, крахмала, клетчатки, зольности и активной кислотности (рН).

Таблица 2. Пищевая ценность бобовых культур

№ п/п	Наименование	Белок, %	Жир, %	Крахмал, %	Клетчатка, %	Зольность, %	рН
1	Соя «Жансая Элита» (2024)	36,71	18,69	18,17	14,18	3,65	6,29
2	Соя «Айсауле супер Элита» (2025)	36,39	20,56	19,98	15,59	2,09	6,33
3	Нут «Нурлы»	24,41	4,52	48,51	10,40	2,5	6,21
4	Чечевица «Веховская»	27,44	1,16	55,34	11,24	2,34	6,22
5	Горох «Шал»	24,13	2,10	51,98	11,76	2,6	6,2

Анализ полученных данных показал (табл. 2), что наибольшее содержание сырого белка характерно для образцов сои, где значения составили 36,71 % для сорта «Жансая Элита» и 36,39 % для сорта «Айсауле супер элита». Это подтверждает высокую белковую ценность сои по сравнению с другими представителями бобовых культур. У нута «Нурлы» содержание белка составило 24,41 %, у чечевицы «Веховская» – 27,44 %, а у гороха «Шал» – 24,13 %. Полученные данные согласуются с литературными источниками, указывающими на преимущество сои как наиболее концентрированного источника растительного белка среди бобовых. Показатели массовой доли жира продемонстрировали выраженную дифференциацию между культурами. Максимальные значения отмечены у сои: 18,69 % («Жансая Элита») и 20,56 % («Айсауле супер элита»), что свидетельствует о значительном содержании липидной фракции и делает сою перспективным сырьём не только для белковых, но и для масложировых продуктов. В образцах нута, чечевицы и гороха количество жира было существенно ниже и варьировало от 1,16 до 4,52 %, что является характерной особенностью этих культур и повышает их диетическую ценность.

Содержание крахмала было наибольшим у чечевицы «Веховская» – 55,34 %, а также у гороха «Шал» – 51,98 % и нута «Нурлы» – 48,51 %. В соевых образцах данный показатель был заметно ниже (18,17–19,98 %), что объясняется высоким содержанием белков и жиров, вытесняющих углеводную фракцию. Полученные

данные свидетельствуют о высокой энергетической ценности чечевицы, гороха и нута за счёт углеводного компонента и подтверждают их целесообразность использования в продуктах углеводно-белкового направления. Анализ содержания клетчатки показал, что максимальные значения характерны для соевых сортов – 14,18-15,59 %. У остальных культур содержание пищевых волокон оказалось несколько ниже и находилось в диапазоне 10,40-11,76 %, что также соответствует данным литературных источников, подтверждающих значительный вклад бобовых культур в поступление пищевых волокон в рацион человека.

По показателю зольности, отражающему суммарное содержание минеральных веществ, наибольшее значение установлено для сои «Жансая Элита» — 3,65 %. У других культур зольность колебалась в пределах 2,09–2,60 %, что свидетельствует о значительном минеральном потенциале всех исследованных образцов, особенно сои. Значения рН водной вытяжки для всех образцов находились в диапазоне 6,20-6,33, что указывает на их слабокислую реакцию среды, характерную для нативного зерна бобовых культур, и свидетельствует о хорошем качестве исследуемого сырья без признаков кислотной порчи.

На рисунке 1 представлены показатели кислотного и перекисного чисел жира, характеризующие степень гидролитического и окислительного распада липидов в исследуемых бобовых культурах.

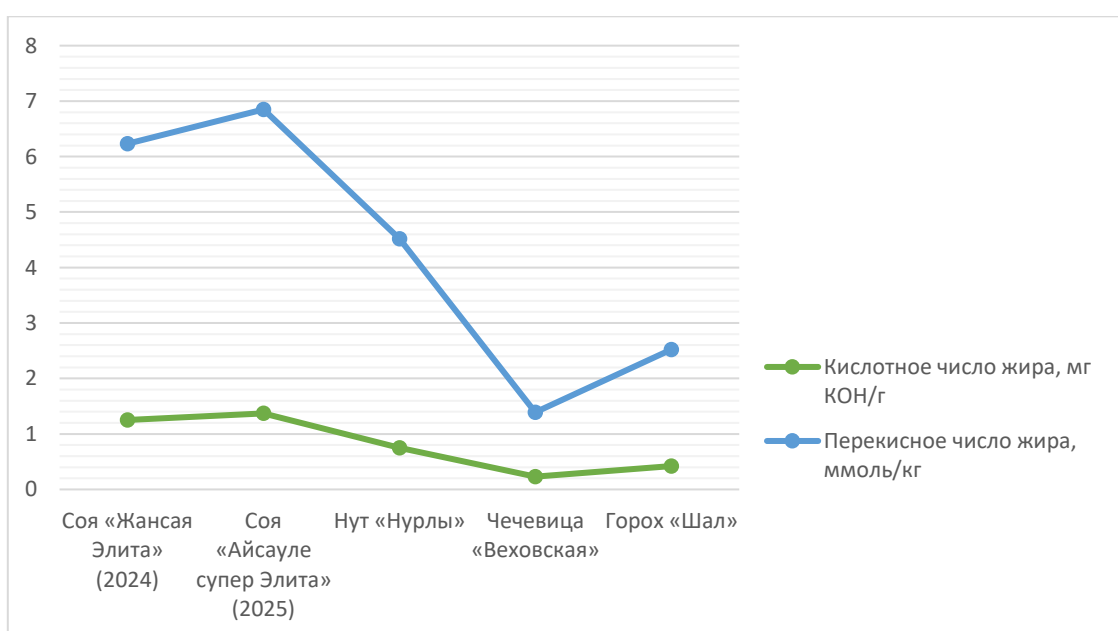


Рисунок 1. Кислотное и перекисное число жира бобовых культур

Наибольшие значения обоих показателей (рис. 3) отмечены у сортов сои: 1,25–1,37 мг КОН/г по кислотному числу и 6,23–6,85 ммоль/кг по перекисному числу, что обусловлено высоким содержанием жира и преобладанием ненасыщенных жирных кислот.

У нута, чечевицы и гороха данные показатели были значительно ниже (0,23–0,75 мг КОН/г и 1,39–4,52 ммоль/кг соответственно), что свидетельствует о высокой окислительной устойчивости их жировой

фракции. Все полученные значения находятся в пределах допустимых норм и подтверждают хорошее качество исследуемого сырья.

Анализ содержания водорастворимых антиоксидантов, полифенолов и токоферола (витамина Е) выявил существенные различия между исследованными бобовыми культурами, обусловленные их видовыми и сортовыми особенностями, а также разной биохимической насыщенностью семян (рис. 2).

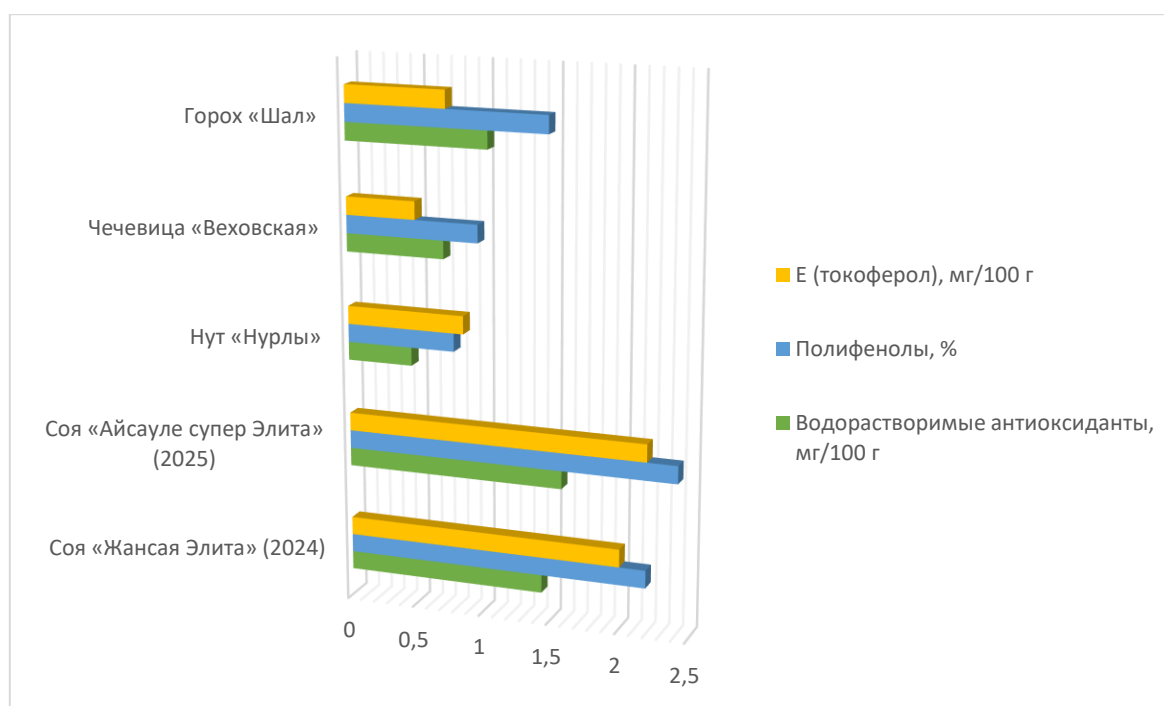


Рисунок 2. Содержание водорастворимых антиоксидантов, полифенолов и токоферола (витамина Е) в бобовых культурах

На рисунке 2 представлены результаты содержания водорастворимых антиоксидантов, полифенолов и токоферола (витамина Е) бобовых культур. Наиболее высокие значения по всем показателям характерны для образцов сои - 1,43–1,58 мг/100 г антиоксидантов, 2,19–2,41 % полифенолов и 2,00–2,19 мг/100 г токоферолов. Это объясняется известной способностью сои накапливать фенольные соединения и жирорастворимые антиоксиданты, включая токоферолы, которые входят в состав жировой фракции и выполняют защитную функцию против окисления липидов.

Нут и чечевица характеризуются более низким уровнем исследуемых соединений (0,47–0,72 мг/100 г антиоксидантов; 0,79–0,97 % полифенолов; 0,51–0,86 мг/100 г токофе-

ролов), что связано с их низкой масличностью и менее выраженным синтезом фенольных компонентов. Показатели гороха занимают промежуточное положение (1,04 мг/100 г антиоксидантов, 1,48 % полифенолов, 0,74 мг/100 г токоферолов), отражая его средний уровень биологически активных веществ среди изученных культур.

Полученные данные подтверждают, что соя обладает наибольшей антиоксидантной активностью, что обосновывает её высокую биологическую ценность и перспективность использования в составе функциональных и обогащённых пищевых продуктов.

Анализ содержания водорастворимых витаминов группы В представлен на рисунке 3.

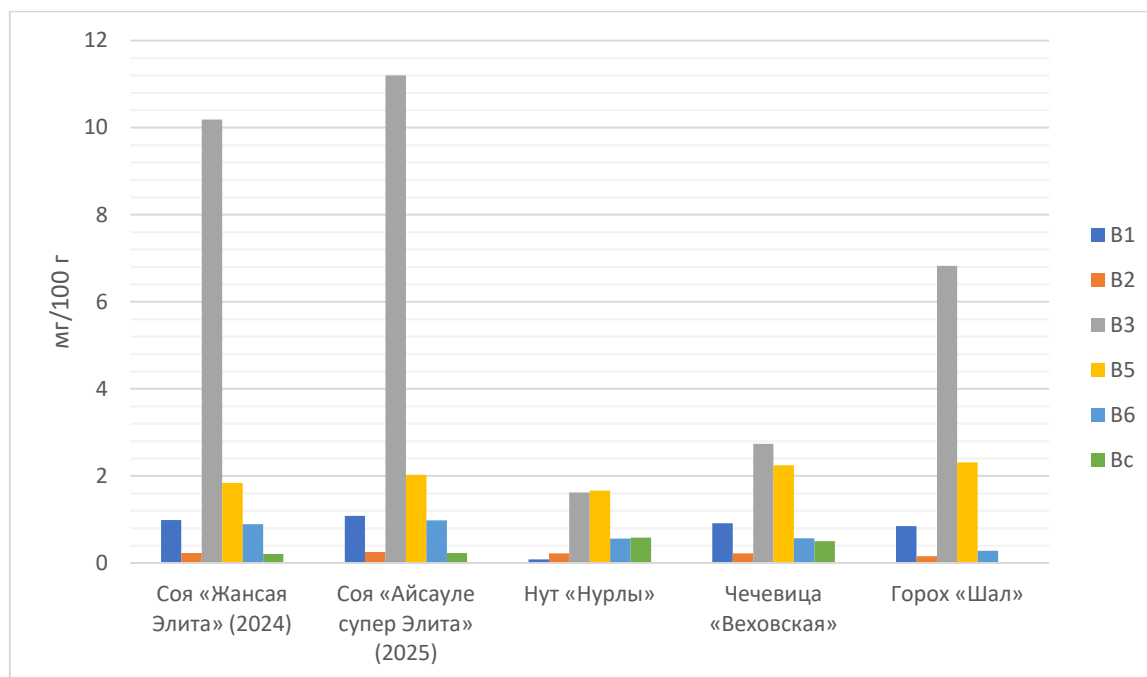


Рисунок 3. Содержания водорастворимых витаминов группы В в бобовых культурах

Результаты определения витаминов В₁, В₂, В₃, В₅, В₆ и фолатов (В₉) показали выраженные межвидовые и межсортные различия в их накоплении (рис. 3). Наибольшие концентрации большинства витаминов выявлены в сортах сои, особенно в образце «Айсауле супер Элита» (2025), где отмечено максимальное содержание тиамина (В₁ – 1,086 мг/100 г), рибо-флавина (В₂ – 0,254 мг/100 г), ниацина (В₃ – 11,204 мг/100 г), пантотеновой кислоты (В₅ – 2,021 мг/100 г) и пиридоксина (В₆ – 0,982 мг/100 г). Это связано с высокой метаболической активностью соевых бобов и их интенсивным синтезом коферментных витаминов.

Чечевица также характеризуется значительным витаминным потенциалом, особенно по содержанию В₅ (2,247 мг/100 г) и фолатов (В₉ – 0,503 мг/100 г), что подтверждает её ценность как источника витаминов группы В в рационе питания. Горох показывает высокие значения ниацина (В₃ – 6,825 мг/100 г) и пантотеновой кислоты (2,31 мг/100 г), однако уступает сое по другим витаминам.

Нут выделяется относительно низкими концентрациями витаминов В₁–В₃, при этом характеризуется повышенным содержанием фолиевой кислоты (В₉ – 0,585 мг/100 г), что делает его важным источником данного витамина среди исследуемых культур.

В целом результаты подтверждают, что соя является наиболее богатым источником витаминов группы В, тогда как чечевица и нут дополняют витаминный профиль за счёт

высокого содержания фолатов, обеспечивая комплексную нутриентную ценность бобовых культур для функционального питания.

Заключение

В результате проведенного исследования была выполнена комплексная оценка качества бобовых культур казахстанской селекции: сои («Жансая Элита», «Айсауле супер Элита»), нута («Нурлы»), чечевицы («Веховская») и гороха («Шал»). Анализ показал, что соя отличается наибольшим содержанием белка и жира, что делает её ценным сырьем как для белковых, так и для масложировых продуктов. Нут, чечевица и горох характеризуются высоким содержанием крахмала и умеренной долей клетчатки, что определяет их энергетическую ценность и диетические свойства.

Определение кислотного и перекисного числа жира показало, что все образцы находятся в пределах нормы и обладают хорошей стабильностью липидной фракции. Содержание водорастворимых антиоксидантов, полифенолов и витаминов (В-группа и токоферолы) подтверждает высокую биологическую ценность зерна и его потенциал для использования в функциональных продуктах питания.

Физико-технологические показатели зерна (натура, удельная плотность, масса 1000 зерен) свидетельствуют о высокой технологической пригодности исследованных культур для переработки и хранения.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает возможность эффектив-

ного использования изученных бобовых культур в пищевой промышленности, а также их значимость как источников белка, углеводов, пищевых волокон, витаминов и антиоксидантов.







Финансирование.

Результаты, представленные в статье, получены в рамках НИР, выполняемой по грантовому финансированию КН МНВО РК № АР26105475 «Разработка безопасной технологии длительного силосного хранения цельносмолотой муки из зерновых и бобовых культур различной дисперсности» (2025–2027 гг.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Multescu, M., Culetu, A., & Susman, I. E. (2024). Screening of the nutritional properties, bioactive components, and antioxidant properties in legumes. *Foods*, 13(22), 3528. <https://doi.org/10.3390/foods13223528>
- Ferreira, H., Vasconcelos, M., Gil, A. M., & Pinto, E. (2021). Benefits of pulse consumption on metabolism and health: A systematic review of randomized controlled trials. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(1), 85–96. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1716680>
- Marventano S, Izquierdo Pulido M, Sánchez-González C, et al. Legume consumption and CVD risk: a systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutrition*. 2017;20(2):245-254. doi:10.1017/S1368980016002299
- Ashogbon, A. O., Akintayo, E. T., Oladebeye, A. O., Oluwafemi, A. D., Akinsola, A. F., & Imanah, O. E. (2021). Developments in the isolation, composition, and physicochemical properties of legume starches. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(17), 2938–2959. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1791048>
- Han, H., & Baik, B.-K. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(11), 1971–1978. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01800.x>
- Multescu, M., Culetu, A., & Susman, I. E. (2024). Screening of the nutritional properties, bioactive components, and antioxidant properties in legumes. *Foods*, 13(22), 3528. <https://doi.org/10.3390/foods13223528>
- Zhang, X., Chen, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Li, H. (2024). Legumes as an alternative protein source in plant-based food systems: Nutritional quality and processing effects. *Trends in Food Science & Technology*, 144, 104–118. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.01.012>
- Pająk, P., Socha, R., Broniek, J., Królikowska, K., & Fortuna, T. (2017). Chemical composition of leguminous seeds: Content of basic nutrients, amino acids, phytochemical compounds, and antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 243, 2721–2731. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2849-7>
- Xu, B., & Chang, S. K. C. (2008). Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant activities of legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9444–9453. <https://doi.org/10.1021/jf801545y>
- Siitonen, A., Zannini, E., Arendt, E. K., & Katina, K. (2024). B vitamins in legume-based ingredients and their retention during food processing. *Foods*, 13(3), 412. <https://doi.org/10.3390/foods13030412>
- Gharby, S. (2025). Vegetable oil oxidation: Mechanisms, impact on nutritional quality, and mitigation strategies. *Food Chemistry*, 416, 135857. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135857>
- Tas, O., Ersus, S., & El, S. N. (2022). Functional quality characteristics and water interaction properties of navy bean, chickpea, pea, and lentil flours. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 2150–2163. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01333-3>
- Han, R., Liu, Y., Jiang, D., Yu, J., & Li, Q. (2025). Industrial-scale fractionation of fava bean, chickpea, and pea: Nutritional and functional properties of protein-enriched fractions. *Food Hydrocolloids*, 148, 109801. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109801>
- Siow, L. F., & Chun, Y. C. (2020). Effect of soaking and thermal processing on phenolic compounds and antioxidant activities of legumes. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 294–308. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1713956>
- Esipova, M., Moliboga, E., Shkol'nikova, M., & Rozhnov, E. (2025). Studying quality and safety of a new food variety of white lupine zoned in Omsk region. *Bulletin of KSAU*, 0(4), 295–309. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-4-295-309>

THE EFFECT OF MOLECULAR HYDROGEN ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF SOFT BRINED CHEESE

¹SH.T. KYRYKBAEVA , ²ZH. KALIBEKZY , ²K.S. BEKBAYEV ,
²A.A. MELISSOVA* , ²A.D. DAIYRBEKOVA , ²A.R. OKASOV 

¹«Alikhan Bokeikhan University» EI, Republic of Kazakhstan, 071400, Semey, Mangilik EI str., 11;

²«Shakarim University» NJSC, Republic of Kazakhstan, 071412, Semey, Glinka str., 20 A)

Corresponding author's e-mail: aknurmellisova@gmail.com*

The high moisture content and short shelf life of soft brined cheeses create a serious problem of rapid spoilage, necessitating the search for effective natural stabilizers to preserve product quality and safety. The aim of this study was to improve stability and extend the shelf life of soft brined cheese through the combined application of hop extract during production and subsequent storage in brine enriched with molecular hydrogen (H₂). The main idea was to investigate the synergistic antioxidant effect arising from the combined use of these two natural factors. The scientific significance lies in substantiating a new approach to stabilizing soft brined cheeses using natural antioxidants, while the practical significance lies in improving the technology to extend shelf life without synthetic additives. The methodology was based on controlled experimental modeling with comparative groups of cheese samples (control and experimental variants), including hop extract and hydrogen-enriched brine. Physicochemical (oxidation-reduction potential, water activity, pH), microbiological, and organoleptic indicators were evaluated during storage. It was established that hydrogen-enriched brine reduces oxidation-reduction potential compared to the control, stabilizes water activity at 0.638–0.640 (control: 0.781–0.888), and maintains pH within 4.96–5.08 (control: 5.30–5.77), indicating a more stable environment and improved product stability. Microbiological indicators meet regulatory requirements: pathogenic microflora was not detected, and the total count of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (TAMC) is 1.0–1.2 log CFU/g. The results indicate an antioxidant effect that improves product stability and may extend shelf life without deterioration of organoleptic and functional characteristics. The study contributes to the development of technologies for functional and environmentally safe dairy products using natural stabilizing systems. The results have practical significance for the dairy industry and can be used to improve quality stability and extend the shelf life of soft brined cheeses.

Keywords: soft brined cheese, hop extract, molecular hydrogen, antioxidant properties, antimicrobial properties, hydrogen-enriched water.

ЖҰМСАҚ ТҰЗДЫҚ ІРІМШІКТІҢ САПАСЫ МЕН САҚТАУ МЕРЗІМІНЕ МОЛЕКУЛАЛЫҚ СУТЕГІНІҢ ӘСЕРІ

¹Ш.Т. ҚЫРЫКБАЕВА, ²Ж. ҚАЛИБЕКҚЫЗЫ, ²К.С. БЕКБАЕВ,
²А.А. МЕЛИСОВА*, ²А.Д. ДАЙЫРБЕКОВА, ²А.Р. ОҚАСОВ

¹«Alikhan Bokeikhan University» ББМ, Қазақстан Республикасы, 071400, Семей қ., Мәңгілік Ел көш., 11;

²«Шәкәрім Университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 071412, Семей қ., Глинка көш., 20А)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: aknurmellisova@gmail.com*

Жоғары ылғалдылық және жұмсақ тұздықты ірімшіктердің сақтау мерзімінің қысқалығы олардың тез бұзылу мәселесін туындатады, бұл осы өнімдердің сапасы мен қауіпсіздігін сақтау үшін тиімді табиғи тұрақтандырғыштарды іздеудің өзектілігін арттырады. зерттеудің мақсаты – өндіріс кезеңінде құлмақ сығындысын кешенді қолдану және өнімді молекулалық сутекпен (H₂) байытылған тұздықта сақтау арқылы жұмсақ тұздықты ірімшіктің тұрақтылығын арттыру және сақтау мерзімін ұзарту болып табылады. Жұмыстың негізгі идеясы осы екі табиғи факторды бірге қолдану нәтижесінде туындайтын синергетикалық антиоксиданттық әсерді зерттеуге негізделген. Жұмыстың ғылыми маңыздылығы табиғи антиоксиданттарды қолдану арқылы жұмсақ тұздықты ірімшіктерді тұрақтандырудың жаңа тәсілін негіздеуде көрінеді, ал практикалық маңыздылығы - синтетикалық қоспаларды қолданбай-ақ өнімнің сақтау мерзімін едәуір ұзартуға мүмкіндік беретін технологияны жетілдіруде. Зерттеу әдістемесі

бақылау және тәжірибелік нұсқаларды қамтитын жұмсақ тұздықты ірімшік үлгілерінің салыстырмалы топтарын қалыптастыру арқылы жүргізілген бақыланытын эксперименттік модельдеуге негізделді, онда құлмақ сығындысы мен молекулалық сутекпен байытылған тұздық қолданылды. Сақтау процесінде ірімшіктің физика-химиялық (тотығу-тотықсыздану потенциалы, су белсенділігі, рН), микробиологиялық және органолептикалық сапа көрсеткіштері бағаланды. Молекулалық сутекпен байытылған тұздықты қолдану бақылау үлгісімен салыстырғанда тотығу-тотықсыздану потенциалының төмен деңгейлерге дейін төмендеуіне, су белсенділігінің 0,638–0,640 деңгейінде тұрақтануына (бақылауда 0,781–0,888) және рН мәнінің 4,96–5,08 аралығында сақталуына (бақылауда 5,30–5,77) алып келетіні анықталды, бұл сақтау кезінде анағұрлым тұрақты ортаның қалыптасқанын және өнімнің тұрақтылығының артқанын көрсетеді. Микробиологиялық көрсеткіштер нормативтік талаптарға сәйкес келеді: патогенді микрофлора анықталмады, мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдердің жалпы саны (КМАФАнМ) 1,0–1,2 log КОЕ/г құрайды. Алынған нәтижелер өнімнің тұрақтылығын арттыруға және органолептикалық әрі функционалдық қасиеттерін нашарлатпай сақтау мерзімін ұзартуға ықпал ететін антиоксиданттық әсердің бар екенін көрсетеді. Жүргізілген зерттеу табиғи тұрақтандыру жүйелерін қолдана отырып, функционалдық және экологиялық қауіпсіз сүт өнімдерін өндіру технологияларын дамытуға үлес қосады. Алынған нәтижелер сүт өнеркәсібі үшін практикалық маңызға ие және жұмсақ тұздықты ірімшіктердің сапа тұрақтылығын арттыру мен сақтау мерзімін ұзарту үшін қолданылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: жұмсақ тұздық ірімшік, құлмақ экстракты, молекулалық сутегі, антиоксиданттық қасиеттер, антимикробтық қасиеттер, сутегімен байытылған су.

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА КАЧЕСТВО И СРОК ХРАНЕНИЯ МЯГКОГО РАССОЛЬНОГО СЫРА

¹Ш.Т. ҚЫРЫКБАЕВА, ²Ж. ҚАЛИБЕКҚЫЗЫ, ²К.С. БЕКБАЕВ,
²А.А. МЕЛІСОВА*, ²А.Д. ДАЙЫРБЕКОВА, ²А.Р. ОҚАСОВ

¹«Alikhan Bokeikhan University» УО, Республика Казахстан, 071400, г. Семей, ул. Мангилик Ел 11;

²НАО «Шәкәрім Университеті», Республика Казахстан, 071412, г. Семей, ул.Глинки 20А)

Электронная почта автора-корреспондента: aknurmelissova@gmail.com*

Высокая влажность и короткий срок хранения мягких рассольных сыров создают серьёзную проблему их быстрой порчи, что обуславливает острую необходимость поиска эффективных природных стабилизаторов для сохранения качества и безопасности этих продуктов. Целью настоящего исследования являлось повышение стабильности и увеличение срока годности мягкого рассольного сыра за счёт комплексного применения экстракта хмеля на стадии производства и последующей выдержки продукта в рассоле, обогащённом молекулярным водородом (H₂). Основная идея работы заключалась в изучении синергетического антиоксидантного эффекта, возникающего при совместном использовании этих двух природных факторов. Научная значимость работы состоит в обосновании нового подхода к стабилизации мягких рассольных сыров с использованием природных антиоксидантов, а практическая значимость – совершенствование технологии, позволяющей существенно продлить срок хранения продукта без применения синтетических добавок. Методология исследования основывалась на проведении контролируемого экспериментального моделирования с формированием сравнительных групп образцов мягкого рассольного сыра (контроль и опытные варианты), включающих применение экстракта хмеля и рассола, обогащённого молекулярным водородом. Оценивались физико-химические (окислительно-восстановительный потенциал, активность воды, рН), микробиологические и органолептические показатели качества сыра в процессе хранения. Установлено, что применение водород-обогащённого рассола приводит к снижению окислительно-восстановительного потенциала до низких значений по сравнению с контрольным образцом, стабилизации активности воды на уровне 0,638–0,640 (в контроле 0,781–0,888) и поддержанию рН в узком диапазоне 4,96–5,08 (в контроле 5,30–5,77), что свидетельствует о формировании более стабильной среды и повышению устойчивости продукта при хранении. Микробиологические показатели соответствуют нормативным требованиям: патогенная микрофлора не обнаружена, общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) составляет 1,0–1,2 log КОЕ/г. Полученные результаты указывают на антиоксидантный эффект, способствующий повышению стабильности продукта и потенциальному увеличению срока хранения без ухудшения его органолептических и функциональных характеристик. Проведённое

исследование вносит вклад в развитие технологий производства функциональных и экологически безопасных молочных продуктов с использованием природных стабилизирующих систем. Полученные результаты имеют практическое значение для молочной промышленности и могут быть использованы для повышения стабильности качества и увеличения срока хранения мягких рассольных сыров.

Ключевые слова: мягкий рассольный сыр, экстракт хмеля, молекулярный водород, антиоксидантные свойства, антимикробные свойства, водород-обогащённая вода.

Introduction

The dairy industry of Kazakhstan demonstrates steady growth: cheese production in 2024–2026 is increasing by 20–24% annually, with high demand for soft brined cheeses (sales growth up to 15% per year in certain segments). These products, traditional for Central Asia, face challenges related to milk seasonality, microbiological and oxidative spoilage, as well as consumer demand for natural functional products without synthetic additives [1, 2].

A promising direction is the enrichment of cheeses with natural plant components. Common hop (*Humulus lupulus*) — an accessible local raw material — contains iso- α -acids with pronounced antimicrobial and antioxidant activity. These compounds inhibit the growth of pathogens (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*), stabilize pH and water activity (a_w), slow down lipid and protein peroxidation, extend shelf life, and enhance flavor [3–5].

Additional opportunities are provided by the use of brine prepared with water enriched with molecular hydrogen (H_2) — a selective antioxidant. H_2 neutralizes the most dangerous reactive oxygen species ($\bullet OH$, $ONOO^-$), converting them into water without by-products, while not affecting beneficial radicals (H_2O_2 , $NO\bullet$, $O_2\bullet^-$). Due to its small size and high penetration ability, H_2 effectively reduces lipid peroxidation (LPO), prevents rancidity of the fat phase, stabilizes protein structures, maintains a low oxidation-reduction potential (Eh) of the brine, and slows oxidative reactions during storage [6–9]. In dairy products (butter, fresh cheese), the use of H_2 reduces peroxide value, titratable acidity, the formation of biogenic amines, and extends shelf life without residues in the product [10].

The synergistic combination of hop extract and molecular hydrogen is particularly promising, since the antimicrobial and antioxidant properties of hop are enhanced in the reducing environment created by H_2 . This makes it possible to significantly increase the stability of soft brined cheeses, preserve their organoleptic and functional characteristics, and expand the possibilities of “clean label” in the dairy industry of Kazakhstan [11–13].

Soft brined cheeses are characterized by high moisture content (60–70%) and a relatively short shelf life, which creates the need to search for

effective natural stabilizers. Under the conditions of Kazakhstan, the problem is aggravated by seasonal fluctuations in the quality of raw milk, temperature variations during storage, and the traditional technology of brine maturation. The use of synthetic preservatives increasingly negative consumer response, therefore the development of technologies based on natural components of local origin acquires strategic importance [14].

Despite individual studies on the antimicrobial properties of hop extract and the antioxidant effect of molecular hydrogen in the food industry, their combined application in the technology of production and storage of soft brined cheeses has been scarcely studied. Particularly relevant remains the issue of adapting these technologies to the conditions of Kazakhstani production, taking into account the characteristics of local raw materials and climatic factors [15–17].

Thus, the study of the combined effect of hop extract introduced at the production stage and storage of the product in brine enriched with molecular hydrogen is of scientific and practical interest.

Materials and methods

Raw materials and their evaluation. Fresh cow’s milk obtained from three farms of the Abai region—“Steklyanka” LLP (Sample 1), “Nur” LLP (Sample 2), and “Kazpravda” LLP (Sample 3)—was used as the initial raw material. Milk was delivered to the “Aisha” workshop of “Kalikhanyly” LLP in compliance with sanitary and veterinary requirements and accompanied by official documentation. Sampling was conducted monthly over one year, with three samplings per month and five replicates per analysis to ensure statistical reliability. Organoleptic properties were evaluated according to GOST 52054-2003. Physicochemical parameters (density, titratable acidity, total solids, fat, protein, and somatic cell count) were determined in accordance with GOST 31449-2013 and ST RK 1760-2019.

Preparation of hop extract. Dried hop cones were ground to a powder. Extraction was performed with distilled water (100 g of raw material) at room temperature for 5–7 h using a laboratory shaker. The extract was filtered through filter paper. To determine the optimal dosage,

concentrations of 100, 200, and 300 mL per 10 L of milk were applied.

Organoleptic evaluation. Sensory evaluation was carried out by a panel of 5–7 trained assessors using a 50-point scale according to GOST 33630-2015. The evaluated parameters included appearance (5 points), taste and aroma (20 points), consistency (10 points), color (5 points), structure (5 points), and packaging (5 points). Samples were presented in anonymized form at 10–12 °C.

Physicochemical analysis. The mass fraction of dry matter, fat in dry matter, and moisture content were determined using standard gravimetric and refractometric methods. pH was measured potentiometrically. Oxidation–reduction potential (ORP) and water activity (a_w) were measured using a Smart Water Activity Meter HD-6. Color coordinates (L^* , a^* , b^*) were determined using a digital colorimeter. All measurements were performed in triplicate.

Microbiological analysis. Microbiological assessment included determination of total viable count (TVC, log CFU/g), coliform bacteria (GOST 9225-84), Salmonella spp. (GOST 31659-2012), and Staphylococcus aureus (GOST 30347-2016). Cultivation was performed on standard nutrient media at 30–37 °C.

Storage study and brine analysis. Storage stability was evaluated at 0–2 °C, 3–5 °C, and 6–8 °C for 40 days. Parameters including a_w , pH, ORP, and TVC were monitored on days 0, 10, 20, 30, and 40. Brine parameters (pH, ORP, a_w , and color coordinates L^* , a^* , b^*) were monitored over 72 h at 0, 1, 24, 48, and 72 h.

Results and discussion

The results of the study showed that the addition of hop extract to soft brined cheese and the subsequent storage of the product in hydrogen-enriched brine affect its physicochemical, organoleptic, microbiological characteristics, and storage stability. The effect of the additive was evaluated by comparing the experimental sample (with hop extract at 200 mL per 10 L of milk and storage in H_2 brine) with the control sample (without hop extract, stored in conventional brine). The dosage of hop extract was optimized not only based on organoleptic indicators but also considering its influence on microbiological stability and shelf life of the product [8].

Physicochemical parameters of raw cow's milk.

During the study, the physicochemical parameters of raw cow's milk obtained from three farms fully complied with the requirements of GOST 31449-2013 and ST RK 1760-2019. The average values are presented in Table 1.

Table 1. Physicochemical parameters of raw cow's milk (annual average values)

Parameter	GOST 31449-2013	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Density, kg/m ³	1027,0	1030,0	1028,0	1029,0
Acidity, °T	16,0–21,0	18,2	18,5	19,0
Total solids, %	≥ 8,2	10,4	10,1	10,0
Fat content, %	≥ 2,8	3,14	3,0	3,11
Protein content, %	≥ 2,8	3,98	3,95	3,92
Somatic cell count, thousand/cm ³	≤ 500	285	265	268

Milk samples were characterized by an increased content of total solids, fat, and protein. The somatic cell count was below the threshold value (≤ 500 thousand/cm³), indicating high sanitary quality of the raw material.

Organoleptic characteristics complied with standards: taste and odor were clean, color ranged from white to light cream, and consistency was homogeneous. Seasonal variations were leveled during pasteurization.

The obtained data confirm the compliance of raw materials with GOST 52054–2003 requirements and their suitability for processing.

Optimization of hop extract dosage

To determine the optimal dosage of hop extract, three variants of its addition were studied: 100, 200, and 300 mL per 10 L of milk. Evaluation was carried out based on the organoleptic characteristics of the finished product.

According to the results presented in Table 2, it was concluded that the addition of 100 mL of extract had a weak effect on the taste characteristics of the cheese. When using a dose of 300 mL, an intensification of the hop note and the appearance of bitterness were observed, which negatively affected the organoleptic evaluation of the product.

Table 2. Effect of hop extract dosage on organoleptic characteristics (average values)

Hop extract dose, mL	Total score (out of 50)	Taste and aroma (out of 20)	Consistency (out of 10)	Intensity of hop note	Overall assessment
100	47,2	18,5	9,0	Weak	Satisfactory
200	48,7	19,8	8,9	Optimal	Excellent
300	46,8	17,9	8,2	Strong, with bitterness	Average

The optimal dose was 200 mL of hop extract per 10 L of milk, providing a harmonious combination of milk taste and a light aromatic hop note. At this concentration, the cheese was characterized by the highest sensory score — 48.7 out of 50.

The obtained results indicate the feasibility of using this dosage of extract in further experiments.

Organoleptic quality indicators of cheese

Organoleptic evaluation of samples was carried out using a 50-point scale in accordance with GOST 33630–2015. The samples were characterized by a smooth surface without rind, uniform light-yellow color, clean moderately acidic taste (pH 5.9), and dense, elastic consistency without defects. In the experimental sample, the formation of a slightly expressed hop aroma note was observed.

Table 3. Organoleptic evaluation of samples

Sample	Taste and aroma (20)	Consistency (10)	Pattern (5)	Color (5)	Appearance (5)	Packaging (5)	Total (50)
Control (without hop)	19,0 ± 0,3	9,5 ± 0,2	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	48,5 ± 0,4
Sample (with hop 200 mL)	19,8 ± 0,2	8,9 ± 0,3	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	48,7 ± 0,3

According to the presented data, the experimental sample is characterized by an increase in the score for “taste and aroma,” with a slight decrease in the consistency parameter. These changes remain within regulatory limits and are not accompanied by deterioration of other organoleptic characteristics. Maximum scores for “color,” “appearance,” and “packaging” were recorded for both samples.

The obtained results indicate the preservation of high organoleptic properties when introducing the studied additive.

Physicochemical parameters of finished cheese

Physicochemical parameters of cheese are important indicators characterizing its technological properties and stability during storage.

Table 4. Physicochemical parameters of cheese and control sample (mean ± SD, n=3)

Parameter	Sample (with hop)	Control (without hop)	Difference (%)	Comment
Total solids, %	32,09 ± 1,16	34,06 ± 1,64	-5,8	Lower due to hydrophilicity of hop
Fat in dry matter, %	42,27 ± 3,40	43,57 ± 3,19	-3,0	Comparable
Moisture content, %	67,91 ± 1,16	65,94 ± 1,64	+3,0	Softer texture
pH	5,90 ± 0,03	5,75 ± 0,02	+0,15 units	Milder acidity

The analysis results showed that the total solids content in the experimental sample was 32.09 ± 1.16%, which is slightly lower than that of the control sample (34.06 ± 1.64%). Accordingly, the moisture content in the experimental cheese was higher — 67.91 ± 1.16% compared to 65.94 ± 1.64% in the control.

The increased moisture content is explained by the hydrophilic properties of bioactive

components of hop, capable of binding additional water within the protein matrix of cheese.

The fat content in dry matter was practically the same between the samples, amounting to 42.27 ± 3.40% in the experimental sample and 43.57 ± 3.19% in the control.

The active acidity of the experimental cheese was pH 5.90 ± 0.03, which is slightly higher than that of the control sample (pH 5.75 ± 0.02). This indicator falls within the range typical for soft brined cheeses.

Thus, the addition of hop extract has a moderate effect on the physicochemical characteristics of the product without violating regulatory requirements.

Microbiological safety of cheese

Microbiological safety is a critical aspect for high-moisture products such as soft brined cheese.

The indicators of the experimental cheese fully comply with the requirements of Technical Regulation TR CU 033/2013 (Table 6). Coliform bacteria (in 0.001 g), *Salmonella* spp. (in 25 g), and *Staphylococcus aureus* (in 0.001 g) were not detected. The total viable count (TVC) at the beginning of storage was 1.0–1.2 log CFU/g.

Table 5. Microbiological parameters of cheese (average values, n=3)

Parameter	Standard (TR CU 033/2013)	Result	Note
Coliforms (in 0.001 g)	Absence	Absence	Full safety
<i>Salmonella</i> spp. (in 25 g)	Absence	Absence	Full safety
<i>Staphylococcus aureus</i> (in 0.001 g)	Absence	Absence	Full safety
TVC at the beginning of storage, log CFU/g	≤ 5,0 (recommended)	1,0–1,2	Very low level

The absence of pathogens indicates the effectiveness of the technological process, including milk pasteurization and compliance with sanitary and hygienic regimes. Hop extract likely enhances the antimicrobial effect due to organic

acids, phytoncides, and polyphenols that inhibit bacterial growth. Similar effects are described in the literature: plant extracts reduce microbial load in dairy products by 1–2 orders of magnitude.

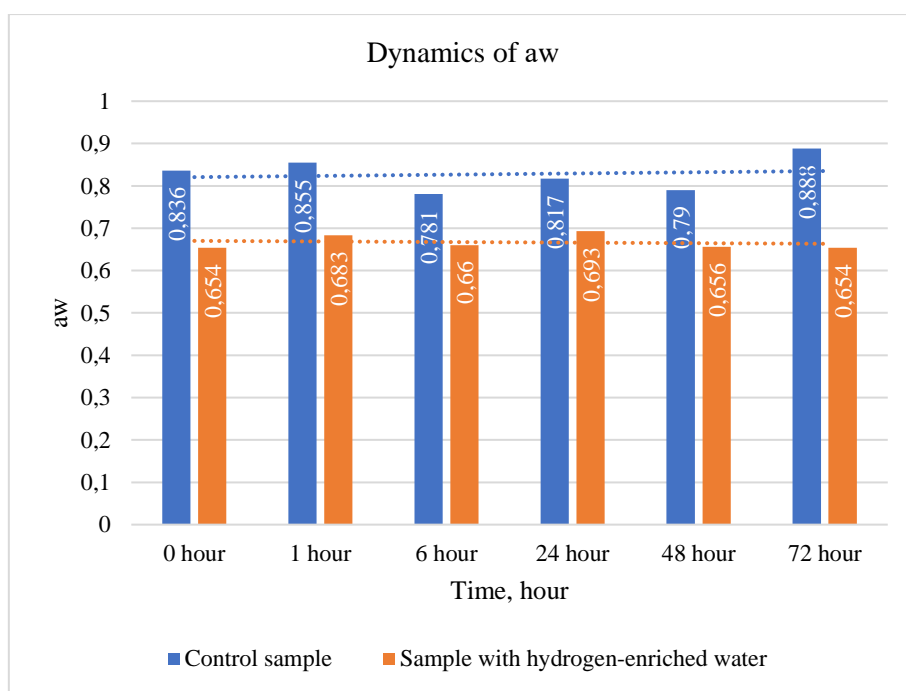


Figure 1. Dynamics of water activity (a_w) in cheese at different storage temperatures

The figure 1 shows the dynamics of water activity in the control sample and the sample treated with hydrogen-enriched water over 72 hours. It was found that the control exhibits higher a_w values (0.781–0.888) with an increasing trend toward the end of storage, whereas the hydrogen-

treated sample shows lower and more stable values (0.654–0.693). The use of hydrogen-enriched water reduces a_w by 0.12–0.20 units and limits its fluctuations, indicating a pronounced stabilizing and antimicrobial effect, contributing to improved product preservation.

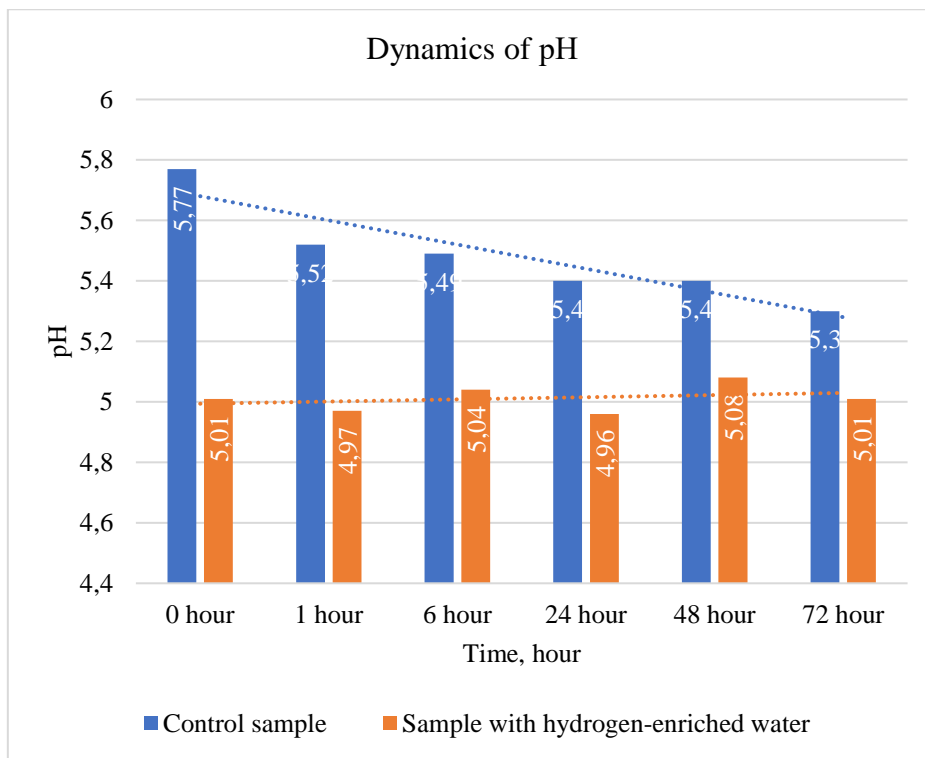


Figure 2. Changes in cheese pH at different storage temperatures

The figure 2 illustrates the pH dynamics of the control sample and the sample treated with hydrogen-enriched water over 72 hours. The control sample shows higher pH values (5.77–5.30) with a gradual decrease during storage, while the hydrogen-treated sample maintains lower and more

stable pH values (4.96–5.08). The application of hydrogen-enriched water results in a slight acidification and reduced pH fluctuations, indicating a stabilizing effect and creating less favorable conditions for microbial growth, thereby enhancing product stability during storage.

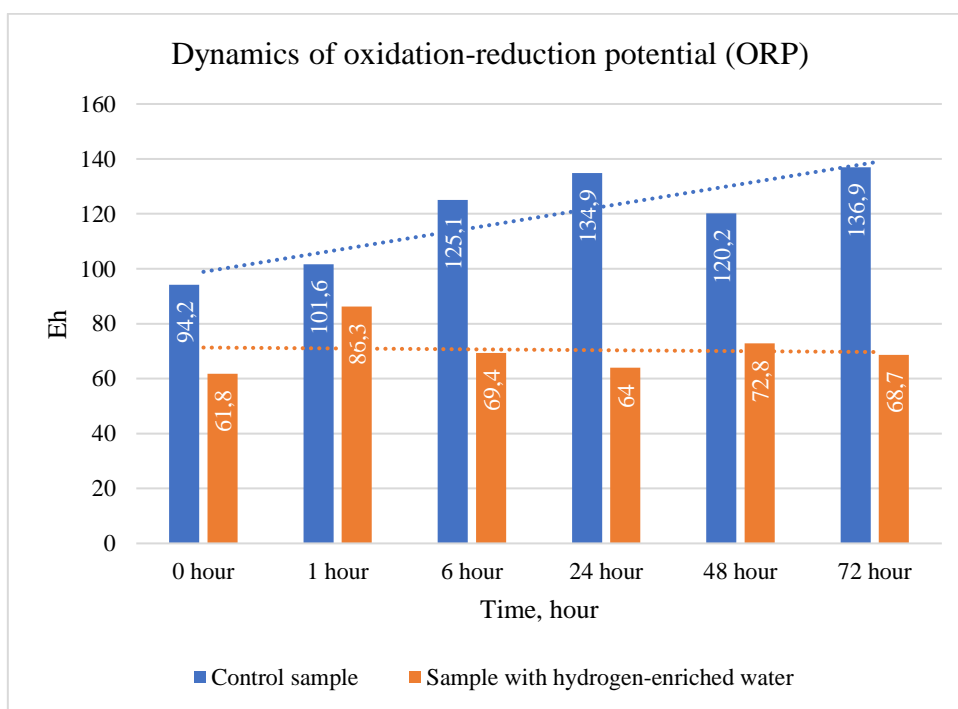


Figure 3. Dynamics of brine ORP over 72 h (mV, mean ± SD)

The figure shows the dynamics of oxidation–reduction potential (ORP) in the control sample and the sample treated with hydrogen-enriched water over 72 hours. The control sample exhibits higher ORP values (94.2–136.9 mV) with a steady increase during storage, indicating progressive oxidative conditions. In contrast, the hydrogen-treated sample demon-

strates significantly lower ORP values (61.8–72.8 mV) with minor fluctuations. The use of hydrogen-enriched water reduces ORP by approximately 30–70 mV, confirming its pronounced reducing and antioxidant effect, which contributes to the inhibition of oxidative processes and improves product stability during storage.

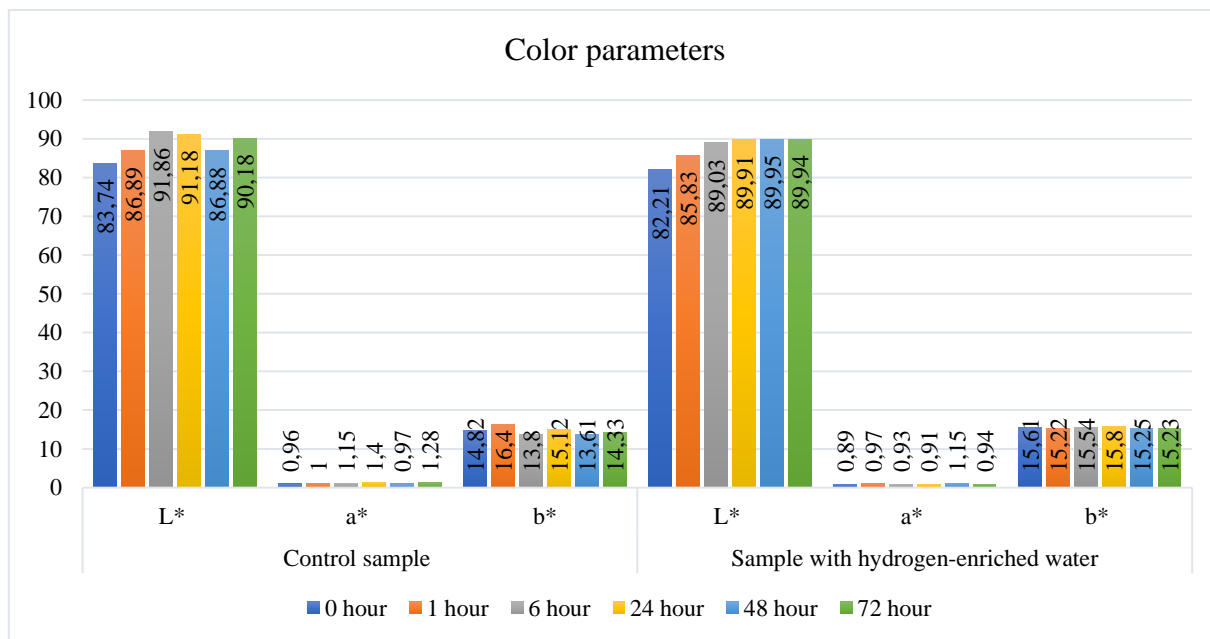


Figure 4. Color dynamics over 72 h of contact with brine. Changes in color parameters (L*, a*, b*) during contact with brine. Color is an important quality indicator of soft brined cheese, reflecting both product freshness and the degree of oxidation. The color coordinates L* (lightness), a* (red–green), and b* (yellow–blue) were measured for all samples of soft brined cheese: in water-based brine and hydrogen-enriched brine.

The figure presents the changes in color parameters (L*, a*, b*) of the control sample and the sample treated with hydrogen-enriched water over 72 hours. In the control, a slight decrease in lightness (L*) and minor fluctuations in a* and b* values are observed, indicating gradual color changes during storage. In contrast, the hydrogen-treated sample shows more stable L* values and lower variability in a* and b*. The use of hydrogen-enriched water helps preserve color characteristics, demonstrating an antioxidant effect and reducing pigment degradation, thereby maintaining product visual quality during storage.

Conclusion

The conducted study demonstrated that the incorporation of hop extract during the production of soft brined cheese, followed by storage in hydrogen-enriched brine, represents an effective technological approach for improving product stability. The application of hop extract at a dose of

200 mL per 10 L of milk in combination with hydrogen-enriched brine contributes to the reduction of oxidative processes, stabilization of physicochemical parameters (a_w 0.638–0.640, pH 4.96–5.08), and maintenance of low redox potential values. Microbiological analysis showed that the total viable count (TVC) in experimental samples remained at a low level (1.0–1.2 log CFU/g), while pathogenic microflora were not detected. In addition, improved stability of color characteristics was observed during storage. Thus, the combined use of hop extract and molecular hydrogen can be considered a promising approach for enhancing the stability of soft brined cheese and potentially extending its shelf life without the use of synthetic preservatives.

Funding information: This research was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant No. BR24992914).

REFERENCES

1. Alwazeer, D., K. Tan, and B. Örs. “Reducing Atmosphere Packaging as a Novel Alternative Technique for Extending Shelf Life of Fresh Cheese.” *Journal of Food Science and Technology* 57, no. 8 (2020): 3013–3023. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04334-4>
2. Nájera, A. I., et al. “A Review of the Preservation of Hard and Semi-Hard Cheeses: Quality and Safety.” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, no. 18 (2021): 9789. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189789>
3. Kyrykbaeva, S., et al. “Evaluation of Antimicrobial Efficacy and Shelf Life of Natural Hop Extract in Cheese Production.” *CyTA – Journal of Food* 23, no. 1 (2025). <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2446821>
4. Kolenc, Z., et al. “Antimicrobial Properties of Different Hop (*Humulus lupulus*) Genotypes.” *Plants* 12, no. 1 (2022): 120. <https://doi.org/10.3390/plants12010120>
5. Larson, A. E., et al. “Antimicrobial Activity of Hop Extracts against *Listeria monocytogenes* in Media and in Food.” *International Journal of Food Microbiology* 33, no. 2–3 (1996): 195–207. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01155-5](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01155-5)
6. Di Lodovico, S., et al. “Hop Extract: An Efficacious Antimicrobial and Anti-Biofilm Agent against Multidrug-Resistant Staphylococci Strains and *Cutibacterium acnes*.” *Frontiers in Microbiology* 11 (2020). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01852>
7. Kramer, B., et al. “Antimicrobial Activity of Hop Extracts against Foodborne Pathogens for Meat Applications.” *Journal of Applied Microbiology* 118, no. 3 (2015): 648–657. <https://doi.org/10.1111/jam.12717>
8. Kyrykbaeva, S. T., et al. “Investigation of the Possibility of Hop Extract Usage in Cheese Production.” *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences* 1, no. 4(12) (2023): 150–159. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4\(12\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4(12)-19)
9. Alwazeer, D., et al. “Molecular Hydrogen: A Sustainable Strategy for Agricultural and Food Production Challenges.” *Frontiers in Food Science and Technology* 4 (2024). <https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1448148>
10. Russell, G., A. Nenov, and J. T. Hancock. “How Hydrogen (H₂) Can Support Food Security: From Farm to Fork.” *Applied Sciences* 14, no. 7 (2024): 2877. <https://doi.org/10.3390/app14072877>
11. Alwazeer, D. “Consumption of Hydrogen-Treated Foods Provides Nutritional and Health Benefits.” (2024): 319–337. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47375-3_19
12. Ceylan, M. M., et al. “Evaluation of the Impact of Hydrogen-Rich Water on the Quality Attributes of Butter.” *Journal of Dairy Research* 89, no. 4 (2022): 431–439. <https://doi.org/10.1017/S0022029922000681>
13. Falih, M. A., et al. “Enhancing Safety and Quality in the Global Cheese Industry: A Review of Innovative Preservation Techniques.” *Heliyon* 10, no. 23 (2024): e40459. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40459>
14. Bulut, M., et al. “Hydrogen-Rich Water Can Reduce the Formation of Biogenic Amines in Butter.” *Food Chemistry* 384 (2022): 132613. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132613>
15. Paniagua-García, A. I., A. Ibáñez, and R. Díez-Antolínez. “Green Antimicrobials: Innovative Applications of Hop Extracts as Biocontrol Agents.” *Pathogens* 14, no. 5 (2025): 418. <https://doi.org/10.3390/pathogens14050418>
16. Quinto, E. J., et al. “Food Safety through Natural Antimicrobials.” *Antibiotics (Basel)* 8, no. 4 (2019). <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040208>
17. Bilska, A., et al. “Antioxidant Activity of *Humulus lupulus* Phenolic Hop Extracts in Creating a New Pâté: An Element Affecting Fat Stability and Microbiological Quality during Storage.” *Molecules* 29, no. 7 (2024): 1561. <https://doi.org/10.3390/molecules29071561>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА И НУТРИЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ (AI, TI, NN, Ω -6/ Ω -3) МЯСА, ПРИСУТСТВУЮЩЕГО НА РЫНКЕ КАЗАХСТАНА

А.Ю. МИРОНЕНКО^{id}, Ж.Н. УВАНИСКАНОВА*^{id}, Ю.А. СИНЯВСКИЙ^{id},
А.Ш. ШАРИПБАЕВА^{id}, Д. ЫНТЫМАҚҚЫЗЫ^{id}

(Казахская Академия питания, Республика Казахстан,
050008, г. Алматы, ул. Клочкова, 66)

Электронная почта автора-корреспондента: zhuldyz.uvaniskanova@gmail.com*

В статье представлены результаты комплексного исследования, направленного на сравнительную оценку жирнокислотного состава шести видов мяса (конина, говядина, баранина, свинина, мясо марала и верблюда). Методом газохроматографического анализа установлен полный жирнокислотный профиль и рассчитаны ключевые индексы: соотношение ω 6/ ω 3, атерогенный (AI), тромбогенный (TI) и гиперхолестеринемический (NN). Результаты выявили основных лидеров по жирнокислотному составу и нутриционному балансу: говядина и конина обладают наилучшим балансом и самыми низкими AI/TI. Мясо марала является уникальным источником омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) среди мяса. Баранина характеризуется самым высоким содержанием насыщенных жиров, а свинина критическим дисбалансом ω 6/ ω 3. Установлено, что мясо жвачных животных (говядина, баранина, а также марал и верблюд) закономерно содержит трансизомеры жирных кислот (октадеценую C18:1_{trans-9} и линолеидиновую C18:2_{n6t}), что связано с процессом биогидрогенизации в рубце. Присутствие данных изомеров является естественной видовой характеристикой и отличает жир жвачных от жиров нежвачных животных (свинина). Проведенный анализ доказывает приоритет качества жира над его количеством и предоставляет научную основу для рационального выбора мясных продуктов в рационе.

Ключевые слова: мясо; жирнокислотный состав; газовая хроматография; нутриционные индексы.

ҚАЗАҚСТАН НАРЫҒЫНДА ҰСЫНЫЛҒАН ЕТТІҢ МАЙ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН НУТРИЦИЯЛЫҚ ИНДЕКСТЕРІН (AI, TI, NN, Ω -6/ Ω -3) САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ

А.Ю. МИРОНЕНКО, Ж.Н. УВАНИСКАНОВА*, Ю.А. СИНЯВСКИЙ,
А.Ш. ШАРИПБАЕВА, Д. ЫНТЫМАҚҚЫЗЫ

(Қазақ тағамдану академиясы, Қазақстан Республикасы,
050008, Алматы қ., Клочкова к-сі, 66)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: zhuldyz.uvaniskanova@gmail.com*

Мақалада Қазақстан нарығында ұсынылған алты түрлі еттің (жылқы, сиыр, қой, шошқа, марал және түйе еттері) май қышқылдық құрамын салыстырмалы бағалауға бағытталған кешенді зерттеу нәтижелері ұсынылған. Газды хроматографиялық талдау әдісі арқылы май қышқылдарының толық профилі анықталып, негізгі нутрициялық индекстер есептелді: ω -6/ ω -3 қатынасы, атерогендік (AI), тромбогендік (TI) және гиперхолестеринемиялық (NN) индекстер. Алынған нәтижелер май қышқылдық құрамы мен нутрициялық теңгерімі бойынша жетекші ет түрлерін айқындады: сиыр еті мен жылқы еті ең оңтайлы теңгерімге және AI/TI көрсеткіштерінің ең төмен мәндеріне ие. Марал еті ет өнімдері арасында омега-3 полиқанықпаған май қышқылдарының бірегей көзі болып табылады. Қой еті қаныққан май қышқылдарының ең жоғары мөлшерімен сипатталса, шошқа еті ω -6/ ω -3 қатынасының айқын теңгерімсіздігімен ерекшеленеді. Зерттеу нәтижесінде күйіс қайыратын жануарлар етінде (сиыр, қой, сондай-ақ марал мен түйе) май қышқылдарының трансизомерлерінің (октадецен қышқылы C18:1_{trans-9} және линолеидин қышқылы C18:2_{n6t}) жүйелі түрде кездесетіні анықталды, бұл құбылыс месқарындағы

биогидрогенизация процесімен байланысты. Аталған изомерлердің болуы табиғи түрлік ерекшелік болып табылады және күйіс қайыратын жануарлар майын күйіс қайырмайтын жануарлар майынан (шошқа еті) ажыратады. Жүргізілген талдау майдың санынан гөрі оның сапасының басымдығын дәлелдейді және тағамдық рационда ет өнімдерін зғылыми негізде таңдауға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: ет; май қышқылдық құрамы; газды хроматография; нутрициялық индекстер.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF FATTY ACID COMPOSITION AND NUTRITIONAL INDICES (AI, TI, HH, Ω -6/ Ω -3) OF MEAT AVAILABLE ON THE KAZAKHSTANI MARKET

A.YU. MIRONENKO, Z.N. UVANISKANOVA*, YU.A. SINYAVSKIY,
A.SH. SHARIPBAYEVA, D. YNTYMAKKYZY

(Kazakh Academy of Nutrition, 66 Klochkova str., 050008, Almaty, Kazakhstan)

Corresponding author's e-mail: zhuldyz.uvaniskanova@gmail.com*

*This study presents the results of a comprehensive comparative analysis of the fatty acid composition of six meat types (horse, beef, lamb, pork, maral, and camel meats). Gas chromatography was employed to establish the complete fatty acid profile and to calculate key nutritional quality indices, including the ω -6/ ω -3 ratio, atherogenic index (AI), thrombogenic index (TI), and hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (HH). The results identified beef and horse meat as exhibiting the most favorable fatty acid profile and nutritional quality, characterized by the lowest AI and TI values. Maral meat was distinguished as a unique dietary source of omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) among the meat types analyzed. Lamb showed the highest proportion of saturated fatty acids, whereas pork demonstrated a pronounced imbalance in the ω -6/ ω -3 ratio. Meat from ruminant species (beef, lamb, maral, and camel) was found to consistently contain trans fatty acid isomers, specifically octadecenoic acid (C18:1 *trans*-9) and linolelaidic acid (C18:2n-6t), which originate from ruminal biohydrogenation processes. The presence of these trans isomers represents a natural, species-specific characteristic of ruminant fat and clearly differentiates it from the fat of non-ruminant animals (pork). Overall, the findings emphasize the predominance of fatty acid quality over total fat content and provide a scientific basis for evidence-based selection of meat products in human nutrition.*

Keywords: meat; fatty acid composition; gas chromatography; nutritional quality indices.

Введение

Жирнокислотный состав (ЖКС) является ключевым критерием, определяющим не только пищевую и биологическую ценность мясных продуктов, но и их технологические свойства, вкусоароматические характеристики и сроки годности. В условиях глобализации рынка и роста потребительского спроса на продукты с гарантированным происхождением и традиционными рецептурами анализ жирнокислотного состава жировой фазы мясных продуктов является одним из важных показателей биодоступности. Казахстан, обладающий уникальными агроклиматическими условиями, богатыми пастбищными ресурсами, представляет собой исключительную базу для таких исследований. Стоит учесть, что данные по ЖКС, охватывающие как промышленные, так и мясо эндемичных животных, по-

прежнему фрагментарны и недостаточно систематизированы [1].

В научной литературе можно достаточно много найти данных по ЖКС мяса крупного рогатого скота, свиней, лошадей. Однако практически отсутствуют систематизированные данные по мясу животных, выращенных на специфических кормовых базах Казахстана, а также по уникальным видам сырья, таким как мясо марала, верблюда.

Целью данного исследования стало комплексное определение жирнокислотного состава широкого спектра мясных продуктов, представленных на рынке Казахстана, для создания их детализированных «жирнокислотных профилей» и оценки потенциала этих данных для решения прикладных задач пищевой промышленности. А также анализ и обобщение данных о соотношении омега-6/омега-3 ПНЖК, атерогенном (АТИ) и

тромбогенном (ИТИ) индексах в различных видах мяса.

Для комплексной оценки липидного профиля мяса сегодня используются три взаимодополняющих показателя:

1. Соотношение омега-6 к омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Это один из наиболее значимых параметров. Исторически сложившийся в рационе человека баланс близок к 1:1, однако в современном западном питании он сместился в сторону 15:1 и даже 20:1 в пользу омега-6 ЖК. Высокое потребление омега-6 (в частности, линолевой кислоты) при дефиците омега-3 (альфа-линоленовой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот) способствует провоспалительному фону в организме и является фактором риска развития сердечно-сосудистых, аутоиммунных заболеваний и ожирения. Поэтому мясо с низким соотношением омега-6/омега-3 (например, 3:1 или ниже) считается более предпочтительным с точки зрения профилактики этих состояний [2,3].

2. Атерогенный индекс (АТИ, IA) и тромбогенный индекс (ИТИ, IT). Эти индексы представляют собой расчетные интегральные показатели, которые оценивают влияние совокупности насыщенных и ненасыщенных ЖК на развитие атеросклероза и тромбогенеза. АТИ отражает способность жиров повышать уровень холестерина в крови и способствовать образованию атеросклеротических бляшек. ИТИ характеризует потенциальную склонность жиров к образованию тромбов. Чем ниже значения этих индексов, тем более благоприятным и «здоровым» считается липидный профиль продукта [4-6].

Понимание и контроль этих индексов в мясе критически важны по нескольким причинам:

1. Позволяет делать осознанный диетический выбор, отдавая предпочтение видам мяса (например, мясу травоядных животных, некоторым видам дичи) и продуктам с более здоровым жировым профилем.

2. Рекомендации по потреблению мяса могут быть дифференцированы не только по количеству, но и по качеству, основываясь на объективных биохимических маркерах.

В рамках всего вышесказанного были исследованы следующие виды промышленно поставляемого мяса: свинина, баранина, конина, говядина. Также, в целях полноты исследования, были изучены данные по жирнокислотному составу мяса эндемичных

для Казахстана животных: верблюда (*Camelus bactrianus*) [7-9], марала (*Cervus elaphus sibiricus*) [10-11].

Задачи исследования включали:

1. Отбор образцов мяса (говядина, баранина, конина, свинина) на рынке Казахстана.

2. Экстрагирование липидного экстракта методом выпаривания после обработки петролейным эфиром и проведение метилирования жирных кислот.

3. Идентификацию и количественный анализ жирнокислотного профиля методом газовой хроматографии, на хроматографе ХРОМОС ГХ-1000 с установленным пламенно-ионизационным детектором.

4. Анализ полученных результатов.

5. Расчет ключевых индексов (омега-6/омега-3, индекс атерогенности, индекс тромбогенности, гипохолестеринемический индекс)

6. Оценку нутриционной ценности.

Материалы и методы исследований

Отбор образцов производился в разных областях на рынках Казахстана. Баранина, говядина и конина были отобраны на рынке г. Усть-Каменогорска, ВКО. Свинина на рынке г. Шымкент, Туркестанская область.

Определение жирнокислотного профиля разных видов мяса

Анализ жирнокислотного состава мяса проводился на газовом хроматографе «ХРОМОС ГХ-1000» (Россия). Данный хроматограф оснащен капиллярной колонкой Agilent CP Sil 88 for FAME 100x0.25x0.36 для корректного разделения всех жирных кислот, а также пламенно-ионизационным детектором (ПИД/FID-detector). Условия хроматографирования были следующими:

1. Температурная программа термостата колонки: начальная температура - 70°C, удержание на 3 минуты; далее с интервалом в 8°C/мин температура подымается до 120°C, удерживается 2 минуты. Далее с интервалом в 5°C/мин температура подымается до 200 °C, удерживается 4 минуты. Следующим этапом, с интервалом в 7°C/мин температура подымается до 220°C и удерживается 61,5 минут. Общее время анализа: 99,61 минут.

2. Температурные настройки хроматографа: инжектор – 250°C, ПИД-детектор – 280°C. Поток подвижной фазы (газ-азот) – 1,7 кгс/см², дополнительные потоки газа-носителя – 25 см³ и 40 см³. Расход водорода – 20 см³/мин. Расход воздуха – 200 см³/мин.

3. Пики жирных кислот были идентифицированы относительно калибровки по стандартному раствору жирных кислот - Supelco® 37 Component FAME Mix.

4. Образец жира мяса был растворен в гексане (предварительно проведена реакция

метилования с метилатом натрия). Объем вводимой пробы в хроматограф составил 1 мкл. [12]. Полученные результаты по содержанию жира в табл. 1.

Таблица 1. Содержание жира в разных видах мяса

Наименование образца	Содержание жира, %
Конина (n ¹ =5)	3,15±0,19
Говядина (n ¹ =5)	3,04±0,18
Баранина (n ¹ =4)	9,42±0,57
Свинина (n ¹ =4)	27,68±1,66
Мясо марала ²	1,0±0,06
Мясо верблюда ²	9,4±0,56

¹ (n) – количество исследованных образцов

²- данные взяты из научных литературных источников [7-9, 11]

Поскольку основная цель работы - определение жирнокислотного состава, следующим ключевым этапом исследования стал анализ

жирнокислотного профиля образцов. Результаты хроматографического определения представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сводная таблица жирнокислотного профиля разных видов мяса

Жирнокислотный состав ¹ , %:	Конина	Говядина	Баранина	Свинина	Мясо марала ²	Мясо верблюда ²
C _{10:0} каприновая	-	-	-	0,11	-	-
C _{12:0} лауриновая	1,52	1,80	-	0,10	0,06	-
C _{14:0} миристиновая	3,71	3,40	2,23	1,62	2,49	2,30
C _{15:0} пентадекановая	0,29	0,37	0,51	0,05	0,57	0,24
C _{16:0} пальмитиновая	4,17	24,32	23,31	24,66	16,33	15,55
C _{17:0} маргариновая	0,31	0,47	1,57	0,26	0,60	0,57
C _{18:0} стеариновая	7,03	8,59	27,85	12,25	14,78	12,80
C _{20:0} арахидиновая	0,31	1,49	0,06	0,94	0,06	0,23
C _{21:0} гентейкозановая	0,88	1,49	0,01	0,84	0,28	-
C _{24:0} лигноцеридовая	2,45	6,04	0,04	-	-	-
C _{14:1 (cis-9)} миристолеиновая	0,16	0,30	0,06	0,03	0,58	0,08
C _{16:1} пальмитолеиновая	-	3,72	1,11	2,94	2,35	2,56
C _{17:1 (cis-10)} маргаринолеиновая	0,32	0,23	0,50	0,18	0,22	0,59
C _{18:1 (trans-9)} октадеценивая	-	1,30	1,96	-	1,28	8,84
C _{18:1n9c} олеиновая	21,07	25,37	37,73	39,30	12,23	41,02
C _{20:1 (cis-11)} эйкозеновая	16,72	5,86	0,70	0,33	-	-
C _{18:2n6t} линолеидиновая	-	-	0,26	-	0,16	-
C _{18:2n6c} линолевая	14,70	10,20	1,60	15,59	0,18	4,83
C _{18:3n3} линоленовая	-	-	0,23	0,19	3,29	0,25
C _{18:3n6} γ-линоленовая	0,13	-	0,02	-	0,05	-
C _{20:3n3c (cis-11,14,17)} эйкозатриеновая	1,45	-	0,08	-	0,30	0,47
C _{20:5} эйкозапентаеновая	1,82	2,79	0,08	-	1,56	0,51
C _{22:2} докозадиеновая	0,47	1,42	0,02	-	0,17	-
C _{22:6} докозагексаеновая	0,46	-	0,02	-	0,42	-
Насыщенные	20,66	27,37	55,62	40,90	35,32	31,82
Мононенасыщенные	59,64	57,38	42,05	42,78	22,02	53,92
Полиненасыщенные	17,12	11,04	2,22	15,78	31,22	9,82

¹- погрешность метода определения жирных кислот составляет не более 10%

²- данные взяты из научных литературных источников [7-9, 11].

Расчет нутриционных индексов (АИ, ИТ, НН, ω-6/ω-3)

Расчет индексов атерогенности (ИА) и тромбогенности (ИТ) — важный этап оценки «полезности» жирового состава продукта. Эти индексы предсказывают потенциальное влияние пищи на развитие атеросклероза и тромбозов.

1. Индекс атерогенности (Atherogenic Index, IA или AI)

Показывает соотношение между «атерогенными» (способствующими образованию холестериновых бляшек) и «антиатерогенными» жирными кислотами.

Самая популярная и рекомендованная формула (Ульбрих и Саутгейт, 1991):

$$IA = \frac{(C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0)}{(ПНЖК + МНЖК)}$$

2. Индекс тромбогенности (Thrombogenic Index, TI)

Отражает способность жирных кислот стимулировать или ингибировать процессы агрегации тромбоцитов (образование тромбов).

Классическая формула (Ульбрих и Саутгейт, 1991):

$$IT = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{(0,5 * МНЖК + 0,5 * \text{Омега}6 + 3 * \text{Омега}3 + (\text{Омега}3/\text{Омега}6))}$$

3. Индекс гипохолестеринемический / гиперхолестеринемический (НН Index)

Иногда используется как дополнительный. Показывает влияние на уровень холестерина в крови.

$$ИГ = \frac{(C18:1 + ПНЖК)}{(C12:0 + C14:0 + C16:0)}$$

Согласно приведенным формулам, были рассчитаны содержание омега-3, омега-6 и нутриционные индексы, исходя из полученных ранее данных по жирнокислотному составу. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Сводная таблица содержания ω3, ω6 и нутриционных индексов

Наименование образца	ω3, %	ω6, %	Индекс ω6/ω3	Индекс атерогенности (AI)	Индекс тромбогенности (TI)	НН Index (ИГ)
Конина	2,29	15,96	6,98	0,20	0,10	7,53
Говядина	3,65	11,62	3,18	0,21	0,11	7,01
Баранина	0,33	1,65	4,99	0,73	0,82	1,56
Свинина	0,19	15,76	83,82	0,53	0,53	2,09
Мясо марала	5,27	21,34	4,05	0,46	0,57	2,52
Мясо верблюда	1,23	8,59	6,98	0,39	0,34	2,85

Результаты и их обсуждение

Проведенный анализ содержания жира в различных видах мяса позволил выявить значительное процентное колебание данного показателя. Полученные данные согласуются с литературными источниками, подтверждая, что свинина (27,68%) является наиболее жирным образцом, тогда как мясо марала (1,0%) характеризуется экстремально низким содержанием жира, что делает его продуктом диетической направленности [13-15].

Особого внимания заслуживает группа мяса с умеренной жирностью (около 9-11%) – баранина и мясо верблюда, которые могут представлять компромиссный вариант по

органолептическим и диетологическим свойствам. Следует подчеркнуть, что низкие значения, полученные для говядины (3,04%) и конины (3,15%), обусловлены спецификой отбора проб (анализу подвергалась мышечная ткань без видимого жира, соответствующая мясу 1 категории), что свидетельствует о необходимости учёта анатомического происхождения образца при сравнительной оценке. Таким образом, представленные данные имеют практическую ценность для формирования дифференцированных рекомендаций по питанию и разработки продуктов с заданным жирно-кислотным составом.

В ходе анализа выявлено, что мясо жвачных животных (говядина, баранина, а также, согласно данных статей [7-9, 11], марал и верблюд) содержит транс-изомеры жирных кислот, в частности октадеценовую (C18:1_{trans-9}, элаидиновую) и линолеидиновую (C18:2n6t) кислоты. Это является естественной характеристикой мяса жвачных животных и связано с процессом биогидрогенизации ненасыщенных жиров микрофлорой рубца. С диетологической точки зрения, в отличие от промышленных трансжиров, натуральные транс-изомеры из мяса в умеренных количествах не ассоциируются с повышенными рисками для здоровья и могут обладать биологической активностью.

На основании полученных данных по жирнокислотному профилю и расчету нутриционных индексов можно сформулировать следующие выводы:

1. Исследование наглядно показало разброс между общим содержанием жира и его нутриционной ценностью. Например, мясо марала (1% жира) и свинины (27,7% жира) находятся в противоположных концах по первому показателю. По балансу ПНЖК лучшие результаты демонстрируют образцы с умеренным и низким содержанием жира (марал, говядина, конина).

2. По соотношению омега-6/омега-3 (целевое значение <5.0): оптимальные значения имеют: говядина (3,18), мясо марала (4,05), баранина (4,99). Критически высокие значения имеет свинина (83,82), что указывает на резкий дисбаланс в сторону провоспалительных омега-6 кислот. По индексам безопасности (AI и TI): наилучшие (самые низкие) показатели, свидетельствующие о минимальном потенциале негативного влияния на сердечно-сосудистую систему, выявлены у конины (AI=0,202; TI=0,097) и говядины (AI=0,213; TI=0,110). Наихудший показатель AI – у баранины (0,728), TI – также у баранины (0,820).

3. По общей диетологической ценности образцы можно соотнести следующим образом: говядина и конина являются наиболее сбалансированными по всем критериям: низкие AI/TI индексы, хорошее соотношение $\omega 6/\omega 3$, высокий индекс гиперхолестеринемии (НН), что говорит о способности повышать уровень "хорошего" холестерина (ЛПВП). Мясо марала

- уникальный образец с максимальным содержанием $\omega 3$, что делает его особо ценным для коррекции рациона. Несколько более высокие AI/TI, чем у говядины, компенсируются лучшим соотношением ПНЖК. Мясо верблюда и баранина занимают среднюю позицию и имеют приемлемые, но не оптимальные показатели. Свинина имеет очень высокое соотношение $\omega 6/\omega 3$, что делает ее наименее предпочтительной с точки зрения профилактики алиментарно-зависимых заболеваний.

4. Результаты работы предоставляют потребителям и специалистам в области питания объективную основу для выбора. Для формирования здорового рациона рекомендуется делать акцент на мясе марала, постной говядине и конине, контролируя потребление свинины, особенно при наличии рисков сердечно-сосудистых патологий.

5. Профили жирных кислот мяса существенно различаются по видовому признаку. Одним из важных отличий является наличие трансизомеров жирных кислот (C18:1_{trans-9}, C18:2n6t) в мясе всех исследованных жвачных животных, в то время как в свинине они не обнаружены. Это подтверждает происхождение данных изомеров в результате микробиологической активности в пищеварительном тракте жвачных.

Заключение

Проведенный комплексный анализ (общее содержание жира и жирнокислотный профиль с расчетом нутриционных индексов) позволил провести объективную сравнительную оценку шести различных видов мяса.

Наиболее благоприятными диетологическими характеристиками обладает мясо марала: несмотря на минимальное общее содержание жира (1,0%), оно характеризуется рекордным уровнем омега-3 ПНЖК (5,27%) и, как следствие, оптимальным соотношением омега-6/омега-3 (4,05). Именно этот образец, наряду с говядиной и кониной, продемонстрировал исключительно низкие значения атерогенного (AI) и тромбогенного (TI) индексов, что свидетельствует о его потенциальной пользе для липидного профиля крови и сердечно-сосудистой системы.

Напротив, свинина при высоком содержании жира, показала критически высокое

соотношение омега-6/омега-3 (83,8), что классифицирует ее как продукт, способный усиливать провоспалительный фон в организме.

Таким образом, с точки зрения современных принципов нутрициологии, мясо марала, а также постная говядина и конина могут быть рекомендованы как наиболее ценные источники животного жира с оптимальным жирнокислотным профилем.

Проведенное исследование подтверждает, что оценка мясных продуктов должна основываться на комплексном анализе как количественных, так и качественных характеристик их липидной фракции, ключевыми интегральными показателями которой являются соотношение омега-6/омега-3, атерогенный и тромбогенный индексы.

Идентификация компонентов липидной фракции мяса в процессе хроматографического анализа подтвердила присутствие трансизомеров жирных кислот, выступающих еще одним значимым фактором исследования. Натуральные трансжиры из мяса жвачных животных, в отличие от промышленных, полученных в результате частичной гидрогенизации растительных масел под воздействием температуры, могут оказывать потенциально положительный или нейтральный эффект на здоровье в умеренных количествах. Их присутствие является естественной характеристикой мяса жвачных животных и связано с процессами биогидрогенизации в рубце. Для нежвачных животных (например, свиньи) наличие трансизомеров в значимых количествах нехарактерно и может указывать на особенности кормления.

Финансирование: Данное исследование финансировано Комитетом Науки Министерства Науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR28713075)

Конфликт интересов: Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson, R.I., Whittington F.M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review//Meat science. – 2008. – Vol. 78(4) – P. 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
2. Simopoulos A. P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for

obesity//Nutrients. – 2016. – Vol. 8(3) – P. 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>

3. Calder P. C. Functional roles of fatty acids and their effects on human health//Journal of parenteral and enteral nutrition. – 2015. – Vol. 39 – P. 18S-32S. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>

4. Ulbricht T. L. V., Southgate D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors//The lancet. – 1991. – Vol. 338(8773) – P. 985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)

5. Chen, J., Liu, H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review//International journal of molecular sciences. – 2020. – Vol. 21(16) – P. 5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>

6. Enser M., Hallett K., Hewitt B., Furse G. A. J., Wood J. D. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail//Meat science. – 1996. – Vol. 42(4) – P. 443-456. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00037-2](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00037-2)

7. Таева А. М., Узаков Я. М. Исследование аминокислотного и жирнокислотного составов верблюжатины//Мясная индустрия. – 2015. – №. 12. – С. 36-38.

8. Лебедев А. Д., Колобов С. В. Обзор последних достижений в изучении биохимического состава мяса верблюда//Ползуновский вестник. – 2024. – №. 4. – С. 61-65. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.009>

9. Li Q., Yang L., Li R., Chen G., Dong J., Wu L., Yang, J. Lipid analysis of meat from Bactrian camel (*Camelus bactrianus*), beef, and tails of fat-tailed sheep using UPLC-Q-TOF/MS based lipidomics//Frontiers in nutrition. – 2023. – Vol. 10 – P. 1053116. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053116>

10. Polak T., Rajar A., Gašperlin L., Žlender, B. Cholesterol concentration and fatty acid profile of red deer (*Cervus elaphus*) meat//Meat science. – 2008. – Vol. 80(3) – P. 864-869. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.005>

11. Razmaitė V., Pileckas V., Šiukšcius A., Juškienė, V. Fatty acid composition of meat and edible offal from free-living red deer (*Cervus elaphus*)//Foods. – 2020. – Vol. 9(7) – P. 923. <https://doi.org/10.3390/foods9070923>

12. Uvaniskanova Zh.N., Seitimova G.A., Burasheva G.Sh., Choudhary M.I. Evaluation of *Canavalia ensiformis* L. beans: Comparative Fatty Acid Profile in Extracts and Analysis of Minerals and Proximate Composition//International Journal of Biology and Chemistry. – 2025. – Vol. 18(1). <https://doi.org/10.26577/IJBCh202518110>

13. Chernukha I, Kotenkova E, Pchelkina V, Ilyin N, Utyanov D, Kasimova T, Surzhik A, Fedulova L. Pork Fat and Meat: A Balance between Consumer Expectations and Nutrient Composition of Four Pig Breeds//Foods. – 2023. – Vol. 12(4) – P. 690. <https://doi.org/10.3390/foods12040690>

14. Dugan MER, Vahmani P, Turner TD, Mapiye C, Juárez M, Prieto N, Beaulieu AD, Zijlstra RT, Patience JF, Aalhus JL. Pork as a Source of Omega-3 (n-3) Fatty Acids//Journal of Clinical Medicine. – 2015. –

Vol 4(12) – P. 1999-2011. <https://doi.org/10.3390/jcm4121956>

15. Okuskhanova E, Assenova B, Rebezov M, Amirkhanov K, Yessimbekov Z, Smolnikova F, Nurgazezova A, Nurymkhan G, Stuart M. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat//*Vet World*. – 2017. – Vol. 10(6) – P. 623-629. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>

REFERENCES

1. Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson, R.I., Whittington F.M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review//*Meat science*. – 2008. – Vol. 78(4) – P. 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>

2. Simopoulos A. P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity//*Nutrients*. – 2016. – Vol. 8(3) – P. 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>

3. Calder P. C. Functional roles of fatty acids and their effects on human health//*Journal of parenteral and enteral nutrition*. – 2015. – Vol. 39 – P. 18S-32S. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>

4. Ulbricht T. L. V., Southgate D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors//*The lancet*. – 1991. – Vol. 338(8773) – P. 985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)

5. Chen, J., Liu, H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review//*International journal of molecular sciences*. – 2020. – Vol. 21(16) – P. 5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>

6. Enser M., Hallett K., Hewitt B., Fursey G. A. J., Wood J. D. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail//*Meat science*. – 1996. – Vol. 42(4) – P. 443-456. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00037-2](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00037-2)

7. Taeva A.M., Uzakov Ya.M. Issledovaniya aminokislotojnogo i zhirnokislotojnogo sostavov verbluzhatiny [Investigation of the amino acid and fatty acid compositions of camel meat]//*Myasnaya industriya*. Vol. 12. (2015): pp. 36–38. (In Russian)

8. Lebedev A.D., Kolobov S.V. Obzor poslednih dostizhenii v izuchenii biohimicheskogo sostava myasa verbljuda [Review of latest achievements in study of biochemical composition of

camel meat]//*Polzunovskii vesnik*. Vol. 4. (2024): pp. 61–65. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.009> (In Russian)

9. Li Q., Yang L., Li R., Chen G., Dong J., Wu L., Yang, J. Lipid analysis of meat from Bactrian camel (*Camelus bactrianus*), beef, and tails of fat-tailed sheep using UPLC-Q-TOF/MS based lipidomics//*Frontiers in nutrition*. – 2023. – Vol. 10 – P. 1053116. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053116>

10. Polak T., Rajar A., Gašperlin L., Žlender, B. Cholesterol concentration and fatty acid profile of red deer (*Cervus elaphus*) meat//*Meat science*. – 2008. – Vol. 80(3) – P. 864-869. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.005>

11. Razmaitė V., Pileckas V., Šiukšcius A., Juškienė, V. Fatty acid composition of meat and edible offal from free-living red deer (*Cervus elaphus*)//*Foods*. – 2020. – Vol. 9(7) – P. 923. <https://doi.org/10.3390/foods9070923>

12. Uvaniskanova Zh.N., Seitimova G.A., Burasheva G.Sh., Choudhary M.I. Evaluation of *Canavalia ensiformis* L. beans: Comparative Fatty Acid Profile in Extracts and Analysis of Minerals and Proximate Composition//*International Journal of Biology and Chemistry*. – 2025. – Vol. 18(1). <https://doi.org/10.26577/IJBCh202518110>

13. Chernukha I, Kotenkova E, Pchelkina V, Ilyin N, Utyanov D, Kasimova T, Surzhik A, Fedulova L. Pork Fat and Meat: A Balance between Consumer Expectations and Nutrient Composition of Four Pig Breeds//*Foods*. – 2023. – Vol. 12(4) – P. 690. <https://doi.org/10.3390/foods12040690>

14. Dugan MER, Vahmani P, Turner TD, Mapiye C, Juárez M, Prieto N, Beaulieu AD, Zijlstra RT, Patience JF, Aalhus JL. Pork as a Source of Omega-3 (n-3) Fatty Acids//*Journal of Clinical Medicine*. – 2015. – Vol 4(12) – P. 1999-2011. <https://doi.org/10.3390/jcm4121956>

15. Okuskhanova E, Assenova B, Rebezov M, Amirkhanov K, Yessimbekov Z, Smolnikova F, Nurgazezova A, Nurymkhan G, Stuart M. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat//*Vet World*. – 2017. – Vol. 10(6) – P. 623-629. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>

ГЕРОПРОТЕКТОРЛЫҚ МАҚСАТТАҒЫ СҮЗБЕ МАССАСЫНА ТӨМЕН- ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ МЕТОКСИЛДЕНГЕН ПЕКТИНДЕРІН ҚОСУДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

С.У. ЕРКЕБАЕВА* , А.Т. ӨТЕШ 

(«М.Әуезов ат.Оңтүстік Қазақстан университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғам,
Қазақстан Республикасы, 160012, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: erkesapash@mail.ru*

Пектиндер энтеросорбция, антиоксиданттық белсенділік және сүт құрылымын тұрақтандыру арқылы геропротекторлық қасиеттерге ие болып саналады. Зерттеудің мақсаты ылғалды ең көп мөлшерде ұстағыш қабілетіне, синерезистің ең төменгі мәніне және жақсартылған құрылымдық-механикалық қасиеттеріне қол жеткізу үшін сүзбе массасына төмен метоксилденген және жоғары метоксилденген пектинін қосудың оңтайлы рН, мөлшерін және қосу сатыларын ғылыми негіздеу болып табылады. рН 3,0–6,0 аралығында төмен метоксилденген және жоғары метоксилденген пектинін 0,25–1,5% мөлшерде бөлек және біріктіріп қосу зерттелді. Сонымен қатар, біріктіріп қосу үшін рН 4,1–4,5 аралығында тексеру жүргізілді. Ылғал ұстағыш қабілеттілігі, синерезис, қаттылық пен когезивтілік, тұтқырлық бағаланды. Пектиннің таралу біркелкілігі метилен көк бояу әдісімен және Са-пектат әдісімен бақыланып, барлық үлгілерде таралу біркелкі деп танылды. Эксперименттер үш рет жүргізіліп, статистикалық өңдеу – Тьюки критерийімен бірге ANOVA post-hoc ($p < 0,05$) орындалды. Жоғары метоксилденген пектині үшін оңтайлы рН 3,5, төмен метоксилденген пектині үшін – 4,6 құрады. рН 4,3 өте аз аралығында 50:50 қатынастығында синерезистің мәні ең жоғары болды. Әрбір пектиннің оңтайлы мөлшері 1,0% құрады. Бастапқы кезеңде енгізу (сиыр сүтінен жаңадан дайындалған сүзбеге) пектиннің екі түр үшін де тиімді, бірақ біріктіріп қосу үшін төмен метоксилденген пектинін жаңадан дайындалған сүзбеге, жоғары метоксилденген пектинін дайын сүзбе массасына қосу тәсілі ұсынылды. рН 4,3 мәнінде пектиндердің 50:50 қатынасы ылғал ұстағыш қабілеттілігінің ең жоғарғы мәнін (78,0%), синерезистің ең төменгі мәнін (бастапқы тәулікте 3,2%, 14 тәулікте 8,0%) және 0,67 Н тең қаттылықты қамтамасыз етті. Бақылау тәжірибесінің 2,9 ммоль/кг мәнімен салыстырғанда, липидтік фракцияның асқынотығу саны 14 тәуліктен кейін 1,6 ммоль/кг құрады (бұл сүт өнімдерінің тотығу шегінен ≤ 4 ммоль/кг төмен). Ұсынылған параметрлер: пектиндердің жалпы мөлшері 1,0% (0,5% төмен метоксилденген пектині + 0,5% жоғары метоксилденген пектині), рН 4,3, төмен метоксилденген пектинін бастапқы сатыда, ал жоғары метоксилденген пектинін соңғы сатыда қосу. Дайын сүзбе массасы жақсартылған геропротекторлық және құрылымдық-механикалық сипаттамаларға ие болды.

Негізгі сөздер: төмен метоксилденген пектин, жоғары метоксилденген пектин, сүзбе массасы, геропротекторлық қасиеттер, ылғал ұстағыш қабілеті, синерезис.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОБАВЛЕНИЯ НИЗКО- И ВЫСОКОМЕТОКСИЛИРОВАННЫХ ПЕКТИНОВ В ТВОРОЖНУЮ МАССУ В ГЕРОПРОТЕКТОРНЫХ ЦЕЛЯХ

С.У. ЕРКЕБАЕВА*, А.Т. ӨТЕШ

(Некоммерческое акционерное общество «Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова»,
Республика Казахстан, 160012, г.Шымкент, проспект Тауке хана, 5)
Электронная почта автора-корреспондента: erkesapash@mail.ru*

Считается, что пектины обладают геропротекторными свойствами за счет энтеросорбции, антиоксидантной активности и стабилизации структуры молока. Целью исследования является научное обоснование оптимального значения рН, количества и стадий добавления низкометоксилированного и высокометоксилированного пектина в творожную массу для достижения максимальной влагоудерживающей способности, наименьшего значения синерезиса и улучшения структурно-механических свойств. Исследовали добавление низкометоксилированного и высокометоксилированного пектина по отдельности и в комбинации в количестве 0,25–1,5% при рН 3,0–6,0. Кроме того, был проведен тест при рН в диапазоне 4,1–4,5 для комбинированного добавления. Были оценены влагоудерживающая способность, синерезис, твердость и когезивность, а также вязкость. Равномерность распределения пектина контролировали методом метиленового синего и кальций-пектатным методом; распределение было признано равномерным во всех образцах.

Эксперименты проводились трижды, статистическая обработка выполнена с использованием ANOVA post-hoc и критерия Тьюки ($p < 0,05$). Оптимальный уровень pH для высокометоксилированного пектина составил 3,5, для низкометоксилированного – 4,6. В очень узком диапазоне pH 4,3 синерезис был самым высоким при соотношении 50:50. Оптимальное количество каждого пектина составило 1,0%. Добавление на начальном этапе (в свежеприготовленный творог из коровьего молока) эффективно для обоих видов пектина, но для комбинированного добавления был предложен способ: в свежеприготовленный творог добавляют низкометоксилированный пектин, а в готовую творожную массу — высокометоксилированный пектин. При pH 4,3 соотношение пектинов 50:50 обеспечило максимальную влагоудерживающую способность (78,0%), минимальный синерезис (3,2% в первый день, 8,0% через 14 дней) и твердость 0,67 Н. По сравнению со значением контрольного эксперимента (2,9 ммоль/кг) перекисное число липидной фракции через 14 дней составило 1,6 ммоль/кг, что ниже порога окисления для молочных продуктов (≤ 4 ммоль/кг). Рекомендуемые параметры: общая концентрация пектинов 1,0% (0,5% низкометоксилированного + 0,5% высокометоксилированного), pH 4,3, добавление низкометоксилированного пектина на начальном этапе и высокометоксилированного — на заключительном. Готовая творожная масса обладала улучшенными геропротекторными и структурно-механическими характеристиками.

Ключевые слова: низкометоксилированный пектин, высокометоксилированный пектин, творожная масса, геропротекторные свойства, влагоудерживающая способность, синерезис.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR ADDING LOW- AND HIGH-METHOXYLATED PECTINS TO CURD MASS FOR GEROPROTECTIVE PURPOSES

S.U. YERKEBAYEVA*, A.T. OTESH

("M.Auezov South Kazakhstan University" non-profit joint stock company
Republic of Kazakhstan, 160012, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5)
Corresponding author's e-mail: erkesapash@mail.ru*

Pectins are considered to have geroprotective properties through enterosorption, antioxidant activity and stabilization of milk structure. The aim of the study is to scientifically substantiate the optimal pH, amount and stages of addition of low-methoxylated and high-methoxylated pectin to the curd mass in order to achieve the maximum moisture retention capacity, the lowest syneresis value and improved structural and mechanical properties. The addition of low-methoxylated and high-methoxylated pectin separately and in combination at amounts of 0.25–1.5% was studied at pH 3.0–6.0. In addition, a pH test was carried out in the range of 4.1–4.5 for combined addition. Moisture retention capacity, syneresis, hardness and cohesiveness, and viscosity were evaluated. The uniformity of pectin distribution was controlled by the methylene blue dye method and the Ca-pectate method, and the distribution was recognized as uniform in all samples. The experiments were carried out three times and statistical processing was performed using ANOVA post-hoc with Tukey's criterion ($p < 0.05$). The optimal pH for high-methoxylated pectin was 3.5, for low-methoxylated pectin – 4.6. Within a very narrow pH range of 4.3, the syneresis value was the highest at a 50:50 ratio. The optimal amount of each pectin was 1.0%. Addition at the initial stage (to freshly prepared curd from cow's milk) is effective for both types of pectin, but for combined addition, a method was proposed: adding low-methoxylated pectin to freshly prepared curd, and high-methoxylated pectin to the finished curd mass. At pH 4.3, the 50:50 pectin ratio provided the maximum moisture retention capacity (78.0%), the minimum syneresis (3.2% on the initial day, 8.0% after 14 days) and a hardness of 0.67 N. Compared to the control experiment value of 2.9 mmol/kg, the lipid peroxidation value after 14 days was 1.6 mmol/kg (which is below the oxidation threshold for dairy products of ≤ 4 mmol/kg). Recommended parameters: total pectin concentration 1.0% (0.5% low-methoxylated pectin + 0.5% high-methoxylated pectin), pH 4.3, addition of low-methoxylated pectin at the initial stage, and high-methoxylated pectin at the final stage. The finished curd mass had improved geroprotective and structural-mechanical characteristics.

Keywords: low-methoxylated pectin, high-methoxylated pectin, curd mass, geroprotective properties, moisture retention capacity, syneresis.

Kіpіcne

Пектиндер жоғары сатыдағы өсімдіктердің жасуша қабырғаларын құрайтын және негізінен α -1,4-гликозидтік байланыстармен байланысқан α -D-галактурон қышқылының қалдықтарынан тұратын күрделі табиғи полисахаридтер болып табылады [1]. Гидрофильділік, қойытушы қабілеттілік, тұтқырлық

және сорбциялық белсенділік сияқты бірегей физика-химиялық қасиеттеріне байланысты пектиндер тамақ өнеркәсібінде қоюландырғыш, тұрақтандырғыш және гель түзгіштер ретінде, сондай-ақ фармацевтика мен медицинада энтеросорбенттер және дәрілік заттарды тасымалдаушылар ретінде кеңінен қолданылуда [2, 3]. Этерификация дәрежесі

(DE), яғни метанолмен эфирленген галактурон қышқылының карбоксил топтарының үлесі пектиннің функционалдық қасиеттерін анықтайтын негізгі сипаттама болып саналады. Этерификация дәрежесіне байланысты пектиндер жоғары метоксилденген (НМ-пектин, $DE \geq 50\%$) және төмен метоксилденген (LM-пектин, $DE < 50\%$) болып бөлінеді [4, 5].

pH пектин ерітінділерінің қоюландыру қабілеті мен тұтқырлығын анықтайтын маңызды факторлардың бірі болып саналады [6, 7].

НМ-пектин үш құрамдас заттың бір мезгілде болуын талап ететін гель түзудің қантқышқыл механизмімен сипатталады: қанттың жоғары мөлшері (55-75% құрғақ заттар), pH төмен (2,8-3,5) және [4, 8]]. pH-тың төмен мәндерінде галактурон қышқылының карбоксил топтары протонданып, пектин молекулаларының теріс зарядының төмендеуіне және олардың арасындағы электрстатикалық итеруінің төмендеуіне алып келеді [9, 10]. Сонымен бірге, қанттың жоғары мөлшері пектин молекулаларының дегидратациясына ықпал етіп, оларды жақындастырады және үш өлшемді гель желісін құрайтын сутекті байланыстар мен гидрофобтық өзара әрекеттесулердің түзілуіне жағдай жасайды [3]. pH 4-тен жоғарылағанда НМ-пектиннің гель түзу тиімділігі күрт төмендейді [11].

НМ-пектинмен салыстырғанда, LM-пектин кальций механизмі бойынша қоюланып, ол қанттың жоғары мөлшерін немесе pH-тің өте төмен мәндерін қажет етпейді. Кальций иондарының болуы (Ca^{2+}) гель түзудің қажетті шарты болып саналады: Ca^{2+} катиондары көршілес пектин молекулаларының бос карбоксил топтары арасында "айқасқан байланыс агенттері" ретінде әрекет етіп, "жұмыртқа қорабы" типті құрылымды құрайды. LM-пектин кең pH кең аралығында (3-тен 6-ға дейін) гельдер түзуге қабілетті [12, 13].

Сүзбе құрамында кальций иондарының болуы (100 г өнімде 140 мг) екі түрлі рөл атқарады. Бір жағынан, Ca^{2+} казеин ұйындысының құрылымын қалыптастыру үшін қажет, екінші жағынан, LM-пектин қосылған кезде кальций иондары гель түзілуін күшейтетін айқастырушы агент ретінде әрекет етеді [3].

Тамақтану мәнмәтінінде пектин биологиялық белсенді қасиеттер кешеніне байланысты ерекше қызығушылық тудыруда. Пектиндер адамның ас қорыту жүйесі іс жүзінде қорытпайтын диеталық талшықтар тобына жатады және энтеросорбенттер ретінде әрекет етеді [8]. Пектин полисахаридтері

қабынуға қарсы белсенділікпен қоса иммундік-модуляциялық қасиеттерге ие болып, қан сарысуындағы холестерин мен триглицеридтерді төмендетеді, глюкоза алмасуын қалыпқа келтіреді, улы заттар мен радионуклидтерді байланыстырып, жояды, сонымен бірге канцерогенге қарсы және антимагистатикалық әсерге ие болып табылады [14]. Бос радикалдарды бейтараптандыруда көрініс табатын пектиннің антиоксиданттық белсенділігі оның геропротекторлық мүмкіндігін толықтырады [15].

Сүт өнеркәсібінде LM-пектин pH-тің 5,0-6,0 аралығындағы мәндерінде гельдер түзу қабілетіне байланысты кеңінен қолданылып, ол сүт шикізатын пайдалануда маңызды болып табылады, ал НМ-пектин ортаның pH-на және құрғақ заттардың құрамына сезімтал болып келеді [4, 6, 16].

Тамақ өнеркәсіпорындарында пектинді қолданудың жекелеген негіздеріне арналған көптеген жұмыстарға қарамастан, геропротекторлық мақсаттағы сүзбе массасы үшін pH, LM- және НМ-пектиндердің мөлшерін, оларды қосу кезеңдері мен арақатынастарын оңтайландыру бойынша жүйелі зерттеулер жүргізілмеген. Бастапқы сипаттамалары (ылғалдылығы 70%, май 5%, ақуыз 15%, Са 140 мг/100 г) белгілі сүзбе бірегей модельдік жүйе саналып, мұнда бастапқы pH 4,6 НМ- және LM-пектиндердің тиімділігі арасындағы өтпелі аймақта болады,

Бұл зерттеудің мақсаты – ең жоғарғы мөлшерде ылғал ұстағыш қабілетін, синергистің ең төменгі мәнін, жақсартылған құрылымдық-механикалық қасиеттерін және айқын геропротекторлық әсерін қамтамасыз ететін сүзбе массасына қосылатын НМ- және LM-пектиндердің оңтайлы технологиялық параметрлерін (pH, мөлшері, қосу сатысы, НМ- және LM-пектиндердің қатынасы) ғылыми негіздеу болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысандары:

– сиыр сүтінен дайындалған қышқыл-ұйыған сүзбе. Көрсеткіштері: ылғалдылығы $70 \pm 0,5\%$, майдың массалық үлесі $5 \pm 0,2\%$, ақуыздың массалық үлесі $15 \pm 0,3\%$, кальцийдің мөлшері 140 ± 5 мг/100 г, бастапқы pH $4,6 \pm 0,1$.

– pH 4,6 және 20°C температурада өлшенген бастапқы сүзбенің ылғал ұстағыш қабілеті $55 \pm 1\%$ болды.

– құрылымдық тұтқырлық (көрінетін) – $10,0 \pm 0,5$ Па•с (Brookfield RV айналмалы вискозиметрінде өлшенді, 20 айн/мин).

– гелдің беріктігі (қышқыл казеин гелі) – $0,40 \pm 0,02$ Н.

– жоғары метоксилденген пектині (НМ-пектин): АРА 105 маркасы (Herbstreith & Fox, Германия), этерификация дәрежесі DE=60%.

– төмен метоксилденген пектині (LM-пектин): NH маркасы, DE<50%.

– рН реттегіштер: тағамдық лимон қышқылы (E330) және натрий гидрокарбонаты (E500 (ii)). Дәміне әсерін азайту үшін 10% лимон қышқылының ерітіндісі және 5% сода ерітіндісі қолданылды, араластыру барысында тамшылатып қосылды; рН түзетілгеннен кейін пектиндердің түрлері бар үлгілерде дәмдік бағалау жүргізіліп, дәмінің елеулі өзгерістері байқалмады.

Үлгілерді дайындау. Пектиндер тазартылған суда 20°C температурада 30 минут бойы гидратталды (мақсаттық мөлшеріне дейін кейіннен сұйылту үшін 2%-дық ерітінді дайындалды).

А нұсқасы (бастапқы кезең): пектиннен басқа қоспаларды қолданар алдында, сарысуы

бөлінген жаңа сүзбеге ($t=20^{\circ}\text{C}$), үнемі араластыру барысында пектин қосылды.

В нұсқасы (соңғы кезең): пектиннен басқа қоспалар қосылғаннан кейін дайын сүзбе массасына пектин қосылып, мұқият араластырылды.

Бақылау тәжірибесі: пектин қосылмаған сүзбе массасы.

Мақсаттық мәндерге (3,0; 3,5; 4,0; 4,6; 5,0; 5,5; 6,0) жеткенше 10%-дық лимон қышқылы ерітіндісін немесе 5%-дық сода ерітіндісін қосу арқылы рН реттелді. НМ және LM пектиндерінің 50:50 қатынасы үшін рН-ның тар аралықтағы мәндері (рН 4,1; 4,2; 4,3; 4,4; 4,5) оңтайлы мәнін нақтылау 0,1 қадамда қосымша зерттелді.

Эксперимент дизайны. 1-кестеде көптеген бақыланатын факторларды (рН, мөлшері, қосу кезеңі және құрамдас заттардың қатынасы) және реакция айнымалыларын қамтитын көп сатылы эксперимент схемасы келтірілген. 6 кезеңнен тұратын зерттеу жүргізілді.

Кесте 1. Эксперимент дизайны

Кезең	Факторлар	Деңгейі	Жауаптары
1	рН	3,0; 3,5; 4,0; 4,6; 5,0; 5,5; 6,0	Ерітіндінің тұтқырлығы
2	рН (LM-пектин және НМ-пектин үшін жеке), 1% мөлшерде	3,0; 3,5; 4,0; 4,6; 5,0; 5,5; 6,0	Ылғал ұстағыш қабілеті, синерезис, қаттылық
3	НМ- және LM-пектиндердің мөлшерлері	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5%	Ылғал ұстағыш қабілеті, синерезис, қаттылық
4	Қосу сатысы	Бастапқы, соңғы	Ылғал ұстағыш қабілеті, синерезис, қаттылық, когезивтілік
5	НМ- және LM-пектиндердің қатынасы (жалпы мөлшері 1%)	100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100	Ылғал ұстағыш қабілеті, синерезис, қаттылық, когезивтілік
6	Растаушы (14 тәулік сақтау)	Оңтайлы қатынаста, бақылау, монопектиндер	Синерезис, асқыноттығу саны

Кестеде келтірілген эксперимент жоспары негізгі әсерлер мен өзара әрекеттесулерді сенімді статистикалық бағалауға мүмкіндік беріп, ANOVA негізіндегі кейінгі оңтайландырудың негізін құрайды.

Барлық эксперименттер тәуелсіз үш қайталау арқылы орындалды ($n=3$).

Талдау әдістері:

– Ылғал ұстағыш қабілеті (%) - 15 минут бойы 3000 g центрифугалау күшінде 10 г үлгіні центрифугалау, ылғал ұстағыш қабілеті = (тұнбаның массасы / бастапқы масса) × 100.

– Синерезисі (%) - үлгінің көлемінен 4°C температурада 24 сағаттан кейін бөлінген сарысудың көлемі (100 г қайта есептегенде).

– Текстурасы (қаттылығы, Н; когезивтілігі, өлшемсіз) - TA.Xtplus текстуралық анализатор (Stable Micro Systems), ТРА режимі: цилиндрдің диаметрі $d=25$ мм, сығымдалуы 30%, жылдамдығы 1 мм/с.

– Тұтқырлығы (Па•с) – Brookfield RV айналмалы вискозиметрі (20 айн/мин). Алдын ала бағалау үшін В3-4 вискозиметрі қолданылды (ағып өту уақыты, с). Пектин ерітін-

ділерінің (1%) тұтқырлығы ВЗ-4 вискозиметрімен 20°C температурада өлшенді.

– Асқыноттығу саны (белсенді оттегінің ммолі/кг) – еріткішті буландырып Folch әдісі бойынша хлороформ-метанол қоспасымен экстракция арқылы бөлінген липидтік фракциядағы йодометриялық әдіс (2:1, көлемдік/көлемдік). Экстракцияның толықтығын бақылау - қайта экстракцияда липидтердің болмауы бойынша (судан III арқылы сапалы реакция).

– Пектиннің таралу біркелкілігі – метилен көк бояуымен (0,1% ерітінді) және Са-пектат әдісімен бейнелеу (1%-дық CaCl₂ өңдеу, гельдік қосындыларды бақылау). Пектиндер қатынастығының барлық үлгілерінде және бастапқы кезеңде жеке қосқанда таралуы біркелкі деп (агрегаттардың болмауы) бағаланды.

– Кальцийдің биожетімділігі – INFOGEST 2.0 стандартталған әдістемесі бойынша *in vitro* асқазан-ішек ас қорытуын модельдеу (пектин 0,5% + 0,5%, рН 4,3). Ас қорытудан кейін центрифугалау (10000 g, 30

мин) жүргізіліп, комплексометрия әдісімен еритін кальций фракциясы анықталды.

Статистикалық өңдеу. Деректер орташа ± стандарттық ауытқу (m±SD) ретінде көрсетілді. Соңында Тьюки апостериорлық критерийі (Tukey HSD) арқылы бір факторлық және екі факторлық дисперсиялық талдауды (ANOVA) Statistica 13.3 (TIBCO) бағдарламасында орындадық. Маңыздылық деңгейі p<0,05. Регрессиялық модельдер ең кіші квадраттар (полиномиальдік және квадраттық) әдісімен жасалды.

Нәтижелер және талқылау

1 кезең. рН аралықтарын анықтау. НМ-пектин үшін тұтқырлықтың ең жоғарғы мәні рН 3,0–3,5 (ВЗ-4 вискозиметрі бойынша 22-24 с), ал күрт төмендеуі рН 4,0-ден жоғары мәнінде тіркелді. LM-пектин үшін тұтқырлық рН 3,5–5,0 (18-20 с) аралығында тұрақты жоғары болды. Келесі зерттеулерді рН 3,0–6,0 аралықта жүргіздік.

2 кезең. рН-тың ылғал ұстағыш қабілетіне, синерезиске және қаттылыққа әсері (жеке).

Нәтижелер 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. 1% пектині бар сүзбе массасының рН-қа байланысты көрсеткіштері (n=3, M±SD)

рН	Қосылған пектин түріне байланысты					
	Ылғал ұстағыш қабілеті, %		Синерезис, %		Қаттылық, Н	
	НМ-пектин	LM-пектин	НМ-пектин	LM-пектин	НМ-пектин	LM-пектин
3,0	68,2±1,1	58,3±0,9	8,2±0,4	12,1±0,5	0,55±0,02	0,48±0,02
3,5	72,4±0,8	60,1±1,0	6,2±0,3	10,0±0,4	0,60±0,02	0,50±0,02
4,0	60,3±1,2	62,4±0,7	12,0±0,5	9,0±0,4	0,50±0,02	0,52±0,02
4,6	52,1±1,0	64,2±0,8	16,0±0,6	8,0±0,3	0,44±0,02	0,54±0,02
5,0	48,0±1,3	60,0±1,1	20,0±0,7	10,0±0,5	0,41±0,02	0,51±0,02
5,5	45,2±1,1	52,3±1,2	24,0±0,8	14,0±0,6	0,38±0,03	0,46±0,03
6,0	42,1±1,4	45,4±1,3	28,0±0,9	18,0±0,7	0,36±0,03	0,42±0,03
Бақылау	55,0±1,0	55,0±1,0	14,0±0,5	14,0±0,5	0,40±0,02	0,40±0,02

2-кестеде көрсетілгендей, рН пектиннің екі түрі үшін де ылғал ұстағыш қабілетіне, синерезиске және қаттылыққа статистикалық маңызды әсер етеді (НМ: F(6,14)=34,2, p<0,001, η²=0,94; LM: F(6,14)=28,7, p<0,001, η²=0,92). Тьюки әдісі бойынша ілгері талдау, рН 3,5 шартында жоғары тығыздықтағы пектин үшін және рН 4,6 шартында төмен тығыздықтағы пектин үшін рН-тің басқа деңгейлерімен салыстырғанда, ылғал ұстағыш қабілеті айтарлықтай жоғары екенін растады (p<0,05). Бұл

нәтижелер пектиннің функционалдығын реттеуде рН-тың басым рөлін сандық түрде растайды.

Бақылау тәжірибесіндегі ылғал ұстағыш қабілетінің мәндері рН 4,6 көрсетілген, яғни ол сүзбенің бастапқы қышқылдығына сәйкес келеді.

НМ-пектин үшін ANOVA (рН факторы): F(6,14)=34,2; p<0,001; η²=0,94. LM-пектин үшін ANOVA (рН фактор): F(6,14)=28,7; p<0,001; η²=0,92.

НМ-пектин үшін рН 3,5-те ылғал ұстағыш қабілетінің мәні барлық басқа рН-ға қарағанда айтарлықтай жоғары екенін Тьюки post-hoc көрсетті ($p < 0,01$). LM-пектин үшін рН 4,6-да, рН 3,0 және рН 5,0 тең және одан жоғары мәндерімен салыстырғанда, ылғал ұстағыш қабілетінің мәні едәуір жоғары ($p < 0,05$). НМ-пектин үшін рН 3,5, ал LM-пектин үшін рН 4,6 оңтайлы деп қабылданды.

2-ші кезең аралас түрлері үшін рН-тің өте аз аралығында (4,1–4,5) жүргізілген зерттеулермен толықтырылды. 6-ші кезең кеңейтілді: in vitro кальций биожетімділігі қосымша анықталды (жоғарыда сипатталған әдістеме бойынша).

3 кезең. Оңтайлы рН кезінде мөлшердің ықпалы (пектиндердің 0,25–1,5% мөлшерінде). Пектин мөлшеріне байланысты ылғал ұстағыш қабілетінің мәні 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3. Пектин мөлшеріне байланысты ылғал ұстағыш қабілетінің мәні (%)

Пектиннің мөлшері, %	Қосылған пектиннің түрі мен рН мәніне сәйкес ылғал ұстағыш қабілеті, %	
	НМ-пектин, рН 3,5	LM-пектин, рН 4,6
0,00	55,0±1,0	55,0±1,0
0,25	60,1±0,9	58,2±0,8
0,50	65,0±0,7	62,0±0,9
0,75	70,2±0,8	66,1±0,7
1,00	72,4±0,6	68,0±0,6
1,25	73,0±0,7	69,1±0,7
1,50	73,2±0,8	69,3±0,8

3-кестеде пектин мөлшерінің ылғал ұстағыш қабілетіне күшті әсері көрсетілген ($F(6,28)=45,3$, $p < 0,001$), мұнда пектиннің түрі мен мөлшері арасындағы байланыс статистикалық маңызды емес ($p=0,12$). Ақуыздың мөлшері 1,0%-ға дейін едәуір артып, кейін одан әрі статистикалық маңызды жақсару байқал-

майды ($p > 0,05$), бұл үстірт әсерін көрсетеді және оңтайлы мөлшер ретінде 1,0% қабылдауды негіздейді.

4 кезең. Қосу кезеңдерін салыстыру. Пектинді қосу кезеңінің (бастапқы және соңғы) көрсеткіштерге ықпалы 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4. Пектинді қосу кезеңінің (бастапқы және соңғы) көрсеткіштерге ықпалы (n=3)

Пектин	Кезең	Ылғал ұстағыш қабілеті, %	Синерезис, %	Қаттылығы, Н	Когезивтілігі
НМ-пектин	бастапқы	72,4±0,6a	6,2±0,3a	0,60±0,02a	0,65±0,02a
НМ-пектин	соңғы	58,0±1,1b	14,1±0,5b	0,48±0,03b	0,58±0,03b
LM-пектин	бастапқы	68,0±0,6a	7,0±0,4a	0,55±0,02a	0,62±0,02a
LM-пектин	соңғы	64,0±0,8b	9,0±0,4b	0,52±0,02b	0,60±0,02ab
Бақылау	—	55,0±1,0c	14,0±0,5b	0,40±0,02c	0,58±0,03b

Ескерту - Бағаналардағы әр түрлі әріптер Тьюки критерийі бойынша статистикалық маңызды айырмашылықтарды ($p < 0,05$) білдіреді.

4-кестеде көрсетілгендей, пектинді қосу кезеңі барлық өлшенетін параметрлерге айтарлықтай ықпал етеді. НМ-пектин үшін қосу кезеңінің әсері өте маңызды болып саналып ($F(1,4)=112,5$, $p < 0,001$), LM-пектин үшін ол аз байқалады, бірақ әлі де маңызды болуда ($F(1,4)=8,6$, $p=0,043$). Бастапқы кезеңде

пектиндерді қосқанда ылғал ұстағыш қабілеттің айтарлықтай жоғарылауына және синерезистің төмендеуіне алып келетінін Тьюки тесті растайды ($p < 0,05$), бұл құрылымдық интеграцияның жақсарғанын көрсетеді.

5 кезең. Аралас эксперимент (LM-пектин:НМ-пектин қатынасы). Жалпы мөлшері 1,0%, рН=4,3 ымыралы мән), кезең: LM-пектин – бастапқы, НМ-пектин – соңғы. 50:50 қатынастығы үшін оңтайлы рН-ты нақтылау үшін рН 4,1–4,5 аралығында (0,1 қадамда) қосымша тәжірибе жүргізілді. Ылғал ұстағыш қабілетінің ең жоғарғы мәніне (78,5±0,4%) және ең төменгі синерезис (3,0±0,2%) рН 4,3 деңгейінде жетті.

рН 4,2 және 4,4 мәндерінде ылғал ұстағыш қабілеті, сәйкесінше, 77,1% және 77,5% құрап, бұл рН 4,3 мәніндегі статистикалық маңызды ерекше болмады (p>0,05). Сонымен, рН 4,3 тұрақтылық қоры ретінде оңтайлы деп қабылданды. LM-пектин және НМ-пектин әр түрлі қатынастығындағы көрсеткіштердің, яғни ылғал ұстағыш қабілеті, синерезис, қаттылық және когезивтіліктің мәндері 5-кестеде келтірілген.

Кесте 5. НМ- және LM-пектиндердің әр түрлі қатынастығындағы көрсеткіштердің мәндері (n=3, M±SD)

LM-пектин:НМ-пектин қатынастығы	Ылғал ұстағыш қабілеті, %	Синерезис, %	Қаттылығы, Н	Когезивтілігі
100:0	68,0±0,6b	7,0±0,4b	0,55±0,02b	0,62±0,02b
75:25	74,2±0,7a	5,1±0,3c	0,62±0,02a	0,68±0,02a
50:50	78,0±0,5d	3,2±0,2d	0,67±0,01c	0,72±0,01c
25:75	72,0±0,8a	6,0±0,4bc	0,61±0,02a	0,66±0,02ab
0:100	58,0±1,1c	14,0±0,5a	0,48±0,03d	0,58±0,03d
Бақылау	55,0±1,0c	14,0±0,5a	0,40±0,02e	0,58±0,03d
Ескерту - Әр түрлі әріптер - маңызды айырмашылықтар (p<0,05).				

5-кестеде келтірілгендей, LM-пектиннің НМ-пектинге қатынасы ылғал ұстағыш қабілетіне (F(5,12)=89,4, p<0,001, η²=0,97), синерезиске (F(5,12)=76,2, p<0,001) және қаттылыққа (F(5,12)=65,1, p<0,001) ықпалы елеулі екенін көрсетеді. 50:50 қатынасы күшті синергетикалық өзара әрекеттесуді растайтын статистикалық жоғары нәтижелер береді (p<0,05). Квадраттық регрессия моделі де

(R²=0,982, p<0,001) тең қатынастықта оңтайлы мәннің болуын растайды.

6 кезең. Растаушы тәжірибе және сақтау. Оңтайлы параметрлер: LM-пектин 0,5% + НМ-пектин 0,5%, рН 4,3, LM-пектин – сарысудан жаңадан бөлініп алынған сүзбеге (бастапқы кезең), НМ-пектин – дайын сүзбе массасына (соңғы кезең). 4°C шартындағы синерезис динамикасы 6-кестеде келтірілген.

Кесте 6. 4°C шартындағы синерезис динамикасы (%) (n=3)

Үлгі	Бірінші күн	7 күн	14 күн
Бақылау	14,0±0,5a	22,1±0,7a	28,3±0,8a
НМ-пектин 1%	6,2±0,3b	10,0±0,5b	14,0±0,6b
LM-пектин 1%	7,0±0,4b	11,0±0,5b	15,0±0,6b
Қатынастығы 50:50	3,2±0,2c	5,1±0,3c	8,0±0,4c

6-кесте сақтау уақытының да, үлгі түрінің де синерезиске, сондай-ақ олардың өзара әрекеттесуіне айтарлықтай ықпалын көрсетеді (F(9,24)=45,7, p<0,001; p<0,01 өзара әрекеттесуі). Біріктірілген пектин жүйесі барлық уақыт сәттерінде айтарлықтай төмен синерезисін айқындап (p<0,05), бұл бақылау және

монопектин жүйелерімен салыстырғанда сақтау тұрақтылығының жоғарылауын көрсетеді.

Бақылау, НМ-пектин және LM-пектин үлгілер үшін бірінші, 7-ші және 14-ші күндердегі динамикадағы липидтік фракцияның асқынтотық санының мәндері 7-кестеде көрсетілген.

Кесте 7. Динамикадағы липидтік фракцияның асқынтотық саны (ммоль / кг)

Үлгі	Бірінші күн	7 күн	14 күн
Бақылау	0,80±0,05a	1,80±0,10a	2,90±0,15a
НМ-пектин	0,70±0,04b	1,40±0,08b	2,20±0,10b
ЛМ-пектин	0,70±0,04b	1,40±0,08b	2,10±0,10b
Аралас түрі	0,60±0,03c	1,10±0,06c	1,60±0,08c

7-кестеде келтірілгендей, 14-ші күні қолданылған әдіс асқынтотық санына айтарлықтай ықпал етеді ($F(3,8)=45,8$, $p<0,001$). Бақылау тәжірибесімен салыстырғанда ($p<0,001$), біріктірілген пектин үлгісі липидтердің тотығуының ең төменгі деңгейін көрсетті, бұл статистикалық расталған антиоксиданттық әсерін растайды.

Пектиндердің әртүрлі қатынастағы үлгілердегі асқынтотық санының төмендеуі (14-ші тәуліктегі бақылаудағы 2,9 ммоль/кг мәнімен салыстырғанда 1,6 ммоль/кг) пектиндердің антиоксиданттық қасиеттерімен және олардың липопероксидация өнімдерін байланыстыру қабілетімен байланысты геропротекторлық әсерін көрсетеді [17].

Алынған нәтижелер пектиндердің белгілі қоюландыру механизмдерін растайды. НМ-пектин үшін төмен рН 3,5 шекті фактор болып табылады, бұл шартта карбоксил топтары протонданып, электрстатикалық ығыстыру азаяды және пектин молекулалары арасында сутегі байланыстары қалыптасады [10]. рН 4,6 шартында (сүзбенің бастапқы қышқылдығы) НМ-пектин тиімділігі күрт төмендейді (ылғал ұстағыш қабілеті 72%-дан 52%-ға дейін төмендейді). Бұл аралас өнімде сүзбе массасын рН 4,3 дейін қышқылдандыру қажеттілігін түсіндіреді. ЛМ-пектин, керісінше, сүзбе құрамындағы кальций иондарын (140 мг/100 г) байланыстыру қабілетіне байланысты рН 4,0–5,0 аралығында жоғары ылғал ұстағыш қабілетін сақтайды. "Жұмыртқа қорабы" механизмі бейтарап рН мәндерінде де термиялық қайтымды гелдің қалыптасуын қамтамасыз етеді [12].

50:50 қатынасының синергетикалық әсері соңғы кезеңде қосылған НМ-пектин, рН 4,3 сутегі байланыстары арқылы сүзбе массасын қосымша құрылымдайтындығымен түсіндіріледі, ал ЛМ-пектин кальциймен байланыстыруды қамтамасыз етеді [16]. Бірлескен әрекеті бір НМ-пектин үшін 72% және бір ЛМ-пектин үшін 68% салыстырғанда ылғал ұстағыш қабілетінің 78%-ға артуына алып

келеді. Ұқсас синерезис әртүрлі көздерден алынған пектиндердің антиоксиданттық белсенділігі үшін сипатталған [12]. Нәтижелер Григер және т б пектин мөлшерінің сүзбе өнімдерінің құрылымына ықпалы туралы жүргізген зерттеулерге сәйкес келеді [18].

рН 4,1–4,5 аз аралығында жүргізілген қосымша эксперимент ЛМ-пектин және НМ-пектин қатынастығында синерезистің ең жоғарғы мәніне рН 4,3 кезінде қол жеткізілетінін растады. Бұл жағдайда өнім қолайлы қышқылдықты сақтап (белсенді 4,3 титрленетін қышқылдықтың ~70–80°Т мәніне сәйкес келеді), бұл шартта дәмінде шамадан тыс қышқылдық байқалмады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер кешенінің негізінде геропротекторлық мақсаттағы сүзбе массасына төмен метоксилденген (LM) және жоғары метоксилденген (НМ) пектинінің түрлерін бірге қосудың оңтайлы технологиялық параметрлері ғылыми негізделіп, эксперименттер жүргізу арқылы расталды. Ең жоғарғы синергетикалық әсерге жалпы мөлшері 1,0% болатын 50:50 қатынасында ЛМ-пектин және НМ-пектин түрлерін бірге қолдану арқылы қол жеткізілетіні анықталды. рН 4,3 болғанда, бұл қоспа жүйенің ең тиімді құрылымын қамтамасыз етеді: ылғал ұстағыш қабілеті 78,0%-ға дейін артып, бұл бақылау көрсеткіштерінен 23%-ға және монопектиндердің тиімділігінен 6-10%-ға жоғары болды. Ғылыми түсініктемесі екі механизмнің қосымша әрекетіне негізделген: ЛМ-пектин сүзбенің Ca^{2+} иондары бар кальций көпірлері ("egg-box model") арқылы қаңқасын құрайды, ал НМ-пектин әлсіз қышқыл ортада сутегі байланыстары мен гидрофобтық өзара әрекеттесу арқылы желіні қосымша нығайтады. Құрамдас заттарды қосудың дифференциаланған схемасы негізделді. Полисахаридтің біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін ЛМ-пектинді бастапқы кезеңде (сарысудан ажыратып, жаңадан алынған сүзбеге) қосқан тиімді болып табылады. НМ-пектин соңғы

сатыда (дайын сүзбе массасына) қосу тиімді саналып, бұл технологиялық факторлардың этерификация дәрежесіне теріс әсерін азайтуға және оның соңғы рН мәнінде қоюландыру мүмкіндігін барынша пайдалануға ықпал етеді. Пектиндердің оңтайландырылған аралас түрлерін қолдану синерзис деңгейін жана өнімде 4,5 есе (3,2%-ға дейін) төмендетуге және тұтынушылық қасиеттерін сақтауды қамтамасыз ете отырып, оны сақтаудың 14-ші тәулігіне 8,0% шегінде ұстауға мүмкіндік береді. Өнім айқын антиоксиданттық тұрақтылығымен сипатталады: липидтік фракцияның асқынототық саны 14 күннен кейін 1,6 ммоль/кг құрады, бұл бақылау мәндерінен екі есе төмен (2,9 ммоль/кг) болды. Бұл жағдайда кальцийдің жоғары биожетімділігінің сақталуы расталып (82%), бұл сүйек тінінің жасқа байланысты өзгерістерінің алдын алу үшін өте маңызды болып табылады.

Алғыс, мүдделер қақтығысы (қаржыландыру)

Қаржыландырылу жүргізілмеді.

Авторлар, осы басылымның мазмұнына ықтимал ықпал етуі мүмкін қандай да мүдделер қақтығысы жоқ екендігі туралы хабарлайды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ





1. Yadav K., Yadav S., Anand G., Yadav P. K., Yadav D. Hydrolysis of complex pectin structures: Biocatalysis and bioproducts // *Polysaccharide-degrading biocatalysts*. - 2023. – P. 205-225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99986-1.00011-9>
2. Freitas C. M. P., Coimbra J. S. R., Souza V. G. L., Sousa R. C. S. Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review // *Coatings*. – 2021. – Vol. 11, № 8. – P. 922. <https://doi.org/10.3390/coatings11080922>
3. Said N. S., Olawuyi I. F., Lee W. Y. Pectin hydrogels: Gel-forming behaviors, mechanisms, and food applications // *Gels*. – 2023. – Vol. 9, № 9. – P. 732. <https://doi.org/10.3390/gels9090732>
4. Liang W.-l., Liao J.-s., Qi J.-R., Jiang W.-x., Yang X.-q. Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification // *Food Chemistry*. – 2022. – Vol. 375. – P. 131806. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131806>
5. Krishna Murthy C., Salomi Suneetha D., Vijaya Nirmala P., Tingirikari J. M. R. Low methylated pectin: structure, sources, functional properties, and emerging role in gut health and industrial applications // *International Polymer Processing*. – 2026. – Vol.41, № 1. – P.1-30. <https://doi.org/10.1515/ipp-2025-0083>
6. Lootens D., Capel F., Durand D., Nicolai T., Boulenguer P., Langendorff V. Influence of pH, Ca concentration, temperature and amidation on the gelation of low methoxyl pectin // *Food hydrocolloids*. – 2003. – Vol. 17, № 3. – P. 237-244. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00056-5)
7. El-Nawawi S., Heikel Y. Factors affecting gelation of high-ester citrus pectin // *Process Biochemistry*. – 1997. – Vol. 32, № 5. – P. 381-385. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(96\)00076-3](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(96)00076-3)
8. Noor N., Shah A., Gani A., Gani A., Jhan F., ul Ashraf Z., Ashwar B. A., Ganaie T. A. Food biopolymers: Structural, functional and nutraceutical properties: Pectin. – New York: Springer, 2021. – P. 127-171. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27061-2>
9. Krapivnytska I., Ladyka V., Ianchyk M., Omelchenko S., Melnyk O., Pertsevyi F. Scientific and practical aspects of pectin and pectin products: Monograph. – Kharkiv: Dissa+, 2022. – 228 p. ISBN: 978-617-7927-98-2
10. Kastner H., Kern K., Wilde R., Berthold A., Einhorn-Stoll U., Drusch S. Structure formation in sugar containing pectin gels—Influence of tartaric acid content (pH) and cooling rate on the gelation of high-methoxylated pectin // *Food Chemistry*. – 2014. – Vol. 144. – P. 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.127>
11. Capel F., Nicolai T., Durand D., Boulenguer P., Langendorff V. Calcium and acid induced gelation of (amidated) low methoxyl pectin // *Food Hydrocolloids*. – 2006. – Vol. 20, № 6. – P. 901-907. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.09.004>
12. Löfgren C., Hermansson A.-M. Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels // *Food hydrocolloids*. – 2007. – Vol. 21, № 3. – P. 480-486. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.005>
13. Harte F., Montes C., Adams M., San Martin-Gonzalez M. Solubilized micellar calcium induced low methoxyl-pectin aggregation during milk acidification // *Journal of dairy science*. – 2007. – Vol. 90, № 6. – P. 2705-2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-629>
14. Sultana N. Biological properties and biomedical applications of pectin and pectin-based composites: A review // *Molecules*. – 2023. – Vol. 28, № 24. – P. 7974. <https://doi.org/10.3390/molecules28247974>
15. Pratsinis H., Mavrogonatos E., Zervou S.-K., Triantis T., Hiskia A., Kletsas D. Natural Product-Derived Senotherapeutics: Extraction and Biological Evaluation Techniques // *Oncogene-Induced Senescence: Methods and Protocols*. Part of the book series: *Methods in Molecular Biology*. - Springer, 2025. – Vol.2906. – P. 315-359. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4426-3_19
16. Тюсюпова Б., Артыкова Д., Тажигаева С., Мусабеков К. Биополимерлер, қауын езбесі және сүзбе негізіндегі тағамдық сірнелердің реологиялық қасиеттері // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2018. - № 3. – Б. 37-42.
17. Thakur B. R., Singh R. K., Handa A. K., Rao M. Chemistry and uses of pectin—A review // *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. – 1997. – Vol. 37, № 1. – P. 47-73. <https://doi.org/10.1080/10408399709527767>

18. Gryger T., Stěnička M., Vincová A., Lorencová E., Šantová K., Salek R.-N. Role of pectin in maintaining the physicochemical, textural, rheological, and organoleptic properties of model quark cheese spreads during simulated vibrations and storage // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2025. – Vol. 310, Part 3. – P. 143449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143449>

REFERENCES

1. Yadav K., Yadav S., Anand G., Yadav P. K., Yadav D. Hydrolysis of complex pectin structures: Biocatalysis and bioproducts // *Polysaccharide-degrading biocatalysts*. - 2023. – P. 205-225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99986-1.00011-9>
2. Freitas C. M. P., Coimbra J. S. R., Souza V. G. L., Sousa R. C. S. Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review // *Coatings*. – 2021. – Vol. 11, № 8. – P. 922. <https://doi.org/10.3390/coatings11080922>
3. Said N. S., Olawuyi I. F., Lee W. Y. Pectin hydrogels: Gel-forming behaviors, mechanisms, and food applications // *Gels*. – 2023. – Vol. 9, № 9. – P. 732. <https://doi.org/10.3390/gels9090732>
4. Liang W.-l., Liao J.-s., Qi J.-R., Jiang W.-x., Yang X.-q. Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification // *Food Chemistry*. – 2022. – Vol. 375. – P. 131806. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131806>
5. Krishna Murthy C., Salomi Suneetha D., Vijaya Nirmala P., Tingirikari J. M. R. Low methylated pectin: structure, sources, functional properties, and emerging role in gut health and industrial applications // *International Polymer Processing*. – 2026. – Vol.41, № 1. – P.1-30. <https://doi.org/10.1515/ipp-2025-0083>
6. Lootens D., Capel F., Durand D., Nicolai T., Boulenguer P., Langendorff V. Influence of pH, Ca concentration, temperature and amidation on the gelation of low methoxyl pectin // *Food hydrocolloids*. – 2003. – Vol. 17, № 3. – P. 237-244. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00056-5)
7. El-Nawawi S., Heikel Y. Factors affecting gelation of high-ester citrus pectin // *Process Biochemistry*. – 1997. – Vol. 32, № 5. – P. 381-385. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(96\)00076-3](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(96)00076-3)
8. Noor N., Shah A., Gani A., Gani A., Jhan F., ul Ashraf Z., Ashwar B. A., Ganaie T. A. Food biopolymers: Structural, functional and nutraceutical properties: Pectin. – New York: Springer, 2021. – P. 127-171. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27061-2>
9. Krapivnytska I., Ladyka V., Ianchyk M., Omelchenko S., Melnyk O., Pertsevyi F. Scientific and practical aspects of pectin and pectin products: Monograph. – Kharkiv: Dissa+, 2022. – 228 p. ISBN: 978-617-7927-98-2
10. Kastner H., Kern K., Wilde R., Berthold A., Einhorn-Stoll U., Drusch S. Structure formation in sugar containing pectin gels–Influence of tartaric acid content (pH) and cooling rate on the gelation of high-methoxylated pectin // *Food Chemistry*. – 2014. – Vol. 144. – P. 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.127>
11. Capel F., Nicolai T., Durand D., Boulenguer P., Langendorff V. Calcium and acid induced gelation of (amidated) low methoxyl pectin // *Food Hydrocolloids*. – 2006. – Vol. 20, № 6. – P. 901-907. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.09.004>
12. Löfgren C., Hermansson A.-M. Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels // *Food hydrocolloids*. – 2007. – Vol. 21, № 3. – P. 480-486. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.005>
13. Harte F., Montes C., Adams M., San Martin-Gonzalez M. Solubilized micellar calcium induced low methoxyl-pectin aggregation during milk acidification // *Journal of dairy science*. – 2007. – Vol. 90, № 6. – P. 2705-2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-629>
14. Sultana N. Biological properties and biomedical applications of pectin and pectin-based composites: A review // *Molecules*. – 2023. – Vol. 28, № 24. – P. 7974. <https://doi.org/10.3390/molecules28247974>
15. Pratsinis H., Mavrogonatou E., Zervou S.-K., Triantis T., Hiskia A., Kletsas D. Natural Product-Derived Senotherapeutics: Extraction and Biological Evaluation Techniques // *Oncogene-Induced Senescence: Methods and Protocols*. Part of the book series: *Methods in Molecular Biology*. - Springer, 2025. – Vol.2906. – P. 315-359. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4426-3_19
16. Tüsiupova B., Artykova D., Tajibaeva S., Musabekov K. Biopolimerler, qayn ezbesi jáne süzbe negizindegi taghamdyq simelerdiń reologialyq qasıetteri [Rheological Properties of Food Gels Based on Biopolymers, Melon Pulp and Cottage Cheese] // *Almaty tehnologialyq ýniversitetiniń habarshysy*. – 2018. - № 3. – B. 37-42. [In Kazakh]
17. Thakur B. R., Singh R. K., Handa A. K., Rao M. Chemistry and uses of pectin—A review // *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. – 1997. – Vol. 37, № 1. – P. 47-73. <https://doi.org/10.1080/10408399709527767>
18. Gryger T., Stěnička M., Vincová A., Lorencová E., Šantová K., Salek R.-N. Role of pectin in maintaining the physicochemical, textural, rheological, and organoleptic properties of model quark cheese spreads during simulated vibrations and storage // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2025. – Vol. 310, Part 3. – P. 143449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143449>

STUDY OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN THE PRODUCTION OF TRADITIONAL KAZAKH DAIRY PRODUCT “SARY IRIMSHIK”

M.K. ALIMARDANOVA* , R.B. MUKHARKHANOVA ,
A.I. MATIBAYEVA , D.T. TAPALOV 

(Almaty Technological University, 100 Tole bi Street, Almaty
050012, Republic of Kazakhstan)

Corresponding author's email: alimardan.m.atu4@mail.ru*

In recent years, the demand for natural and functional food products has been steadily increasing in Kazakhstan. In this regard, goat milk is of particular interest due to its high digestibility, nutritional value, and hypoallergenic properties. Sary irimshik made from goat's milk is a product with high nutritional value. Traditional Kazakh dairy products from goat milk are characterized by high nutritional and biological value. However, its quality and safety directly depend on the microbiological processes that occur during production. The aim of this study was to investigate the microbiological indicators of the traditional Kazakh dairy product “Sary Irimshik” produced from goat milk and to evaluate changes in microbial content at different technological stages of production. In the course of the research, microbiological characteristics of the product were analyzed throughout the production process. Changes in the number of microorganisms during fermentation and thermal treatment stages were determined. According to the obtained results, intensive growth of lactic acid bacteria was observed during the fermentation stage, while a significant reduction in microflora occurred during heat treatment. The study confirmed that the microbiological indicators of the finished product complied with sanitary and safety requirements.

Keywords: Sary Irimshik, microbiological indicators, goat milk, cow milk, traditional dairy product, food safety.

«САРЫ ІРІМШІК» ӨНДІРІСІНДЕГІ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

М.К.АЛИМАРДАНОВА*, Р.Б.МУХТАРХАНОВА,
А.И. МАТИБАЕВА, Д. ТАПАЛОВ

(«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: alimardan.m.atu4@mail.ru*

Соңғы жылдары Қазақстан аумағында табиғи және диеталық өнімдерге сұраныс артуда. Осы тұрғыдан ешкі сүті ерекше маңызға ие, себебі ол жоғары сіңімділігімен және гипоаллергендік қасиеттерімен ерекшеленеді. Ешкі сүтінен алынатын сары ірімшік – тағамдық құндылығы жоғары өнім. Алайда оның сапасы мен қауіпсіздігі өндіріс барысында жүретін микробиологиялық процестерге тікелей байланысты. Зерттеу мақсаты – ешкі сүтінен өндірілген сары ірімшіктің микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау және олардың технологиялық кезеңдерге байланысты өзгеруін зерттеу. Бұл зерттеу жұмысында ешкі сүтінен өндірілген сары ірімшіктің микробиологиялық көрсеткіштері зерттелді. Өндірістің әртүрлі кезеңдерінде микроорганизмдер санының өзгеруі талданды. Зерттеу нәтижелері бойынша ұйыту кезеңінде сүтқышқылды бактериялардың белсенді өсуі байқалып, қайнату кезеңінде микрофлораның айтарлықтай азаятындығы анықталды. Дайын өнімнің микробиологиялық көрсеткіштері санитарлық талаптарға сәйкес келетіні дәлелденді.

Негізгі сөздер: сары ірімшік, микробиологиялық көрсеткіштер, сақтау мерзімі, ешкі сүті, сиыр сүті.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ «САРЫ ИРИМШИК»

М.К. АЛИМАРДАНОВА*, Р.Б. МУХТАРХАНОВА,
А.И. МАТИБАЕВА, Д. ТАПАЛОВ

(АО «Алматинский технологический университет», Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: alimardan.m.atu4@mail.ru*

В последние годы на территории Казахстана возрастает спрос на натуральные и диетические продукты. В этом отношении особое значение имеет козье молоко, которое отличается высокой усвояемостью и гипоаллергенными свойствами. Сары иримшик, произведённый из козьего молока, является продуктом с высокой пищевой ценностью. Однако его качество и безопасность напрямую зависят от микробиологических процессов, происходящих в ходе производства. Цель исследования – определить микробиологические показатели сары иримшик, произведённого из козьего молока, а также изучить их изменения в зависимости от технологических этапов. В данной исследовательской работе были изучены микробиологические показатели сары иримшик, произведённого из козьего молока. Проанализированы изменения количества микроорганизмов на различных этапах производства. По результатам исследования установлено, что на этапе сквашивания наблюдается активный рост молочнокислых бактерий, а на этапе варки значительно снижается количество микрофлоры. Доказано, что микробиологические показатели готового продукта соответствуют санитарным требованиям.

Ключевые слова: сары ірімшік, микробиологические показатели, срок хранения, козье молоко, коровье молоко.

Introduction

Currently, there is growing interest in traditional food products in Kazakhstan. In particular, national dairy products are becoming increasingly popular due to the population's increasing demand for healthy and balanced nutrition. One of these traditional products is "Sary Irimshik," a traditional Kazakh dairy product distinguished by its high nutritional value and extended shelf life.

Scientific studies devoted to the composition and properties of dairy products have demonstrated that they contain biologically valuable components essential for human health. Milk proteins contain a complete set of essential amino acids, while minerals contribute to bone formation and metabolic processes. During the production of dairy products, the major nutritional components of milk become concentrated, thereby increasing the nutritional and energy value of the finished product. Studies on the biochemical properties of milk and dairy products have confirmed the high digestibility of milk proteins (casein), fats, and minerals by the human body [1]. In addition, thermal treatment during dairy product processing leads to structural changes in proteins, improving the texture and sensory properties of the product.

Adnan Y. Tamime [2], who investigated the structure and texture of dairy products, reported that the reduction in moisture content and increase in dry matter concentration during high-temperature processing contribute to extending

product shelf life. These characteristics are also typical technological features of traditional Kazakh dairy products such as "Sary Irimshik."

Furthermore, studies conducted by Paul L.H. McSweeney and other researchers on the microbiological safety and quality of traditional dairy products emphasize the important role of fermentation and thermal processing in reducing pathogenic microorganisms and ensuring product safety [3].

Kazakhstani researchers have also made a significant contribution to the study of traditional dairy products. In particular, Kuanyshev [4] described the technological features and nutritional value of traditional Kazakh dairy products and highlighted their importance in the national food system.

In addition, state programs implemented by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan aimed at developing the agro-industrial sector contribute to expanding the production, processing, and export potential of national food products [5].

Recent studies have focused on the probiotic properties of traditional dairy products. Seppo Salminen [6] demonstrated that fermented dairy products can positively influence intestinal microflora and contribute to improved digestive health. In this regard, traditional Kazakh dairy products such as "Sary Irimshik" may be considered functional foods with potential health benefits.

The adaptation of traditional food products to industrial production conditions has also been

widely discussed in scientific literature. Alan H. Varnam and J.P. Sutherland [7] emphasized that standardization of technological processes, quality control, and compliance with food safety requirements are among the key factors ensuring efficient and sustainable production.

In the production of traditional Kazakh dairy products, goat milk is often used alongside cow milk as a valuable raw material. Due to its unique composition and physicochemical properties, goat milk is considered an effective alternative to cow milk in certain applications. Goat milk is regarded as a high-quality raw material for producing nutritionally valuable dairy products. In particular, products based on goat milk are recommended for pregnant and lactating women, premature infants, preschool and school-age children, and people with special dietary needs [8,9,10].

According to the Kazakh Academy of Nutrition, goat milk is characterized by high nutritional and biological value. It contains significant amounts of proteins, fats, vitamins, and essential trace elements. Similar to cow milk, goat milk belongs to the casein group; however, it contains lower levels of allergenic proteins that are commonly associated with allergic reactions [11].

Thus, the analysis of international and domestic scientific studies indicates that traditional Kazakh dairy products such as “Sary Irimshik” possess high nutritional and biological value and represent technologically promising products with strong potential for industrial production and functional nutrition applications.

Research Materials and Methods

The objects of this study were traditional Kazakh dairy products “Sary Irimshik” produced from goat and cow milk. Experimental studies were carried out in the laboratory of the Food Safety Research Institute of Almaty Technological University. Optimal technological conditions for the production of the product were determined during the study.

The following standard analytical methods were used:

GOST 3624-92 - Milk and dairy products. Methods for determination of acidity;

GOST 9225-84 - Milk and dairy products. Methods for microbiological analysis;

GOST 33951-2016 - Milk and dairy products. Method for determination of lactic acid microorganisms;

GOST 5867-90 - Milk and dairy products. Methods for determination of fat content.

Results and Discussion

One of the main technological features of traditional Kazakh dairy product “Sary Irimshik” is the prolonged thermal treatment applied during production. During this process, the moisture content of the product decreases, while the concentration of dry matter increases. As a result, the product acquires a denser texture, characteristic golden-yellow color, and specific sensory properties. In addition, exposure to high temperatures significantly reduces the number of microorganisms, thereby ensuring microbiological safety and extending shelf life.

Scientific studies have demonstrated that fermented dairy products positively affect the digestive system by supporting the balance of intestinal microflora and improving immune system function. Therefore, traditional dairy products such as “Sary Irimshik” can be considered functional foods with beneficial nutritional properties.

The industrial production of traditional dairy products remains one of the important areas of modern food technology. In this regard, standardization of technological processes, stabilization of quality indicators, and compliance with food safety requirements play a significant role. The industrial production of traditional products requires the effective integration of traditional manufacturing methods with modern technological equipment and quality control systems.

In recent years, the demand for natural and dietary food products has increased significantly in Kazakhstan. Goat milk has attracted particular attention due to its high digestibility, nutritional value, and hypoallergenic characteristics. Dairy products produced from goat milk are considered promising products for functional and healthy nutrition.

Traditional Kazakh dairy products produced from goat milk are characterized by high nutritional value; however, their quality and safety largely depend on the microbiological processes occurring during production.

Based on these considerations, the production technology of traditional Kazakh dairy product “Sary Irimshik” from goat milk was carried out according to the following technological scheme:

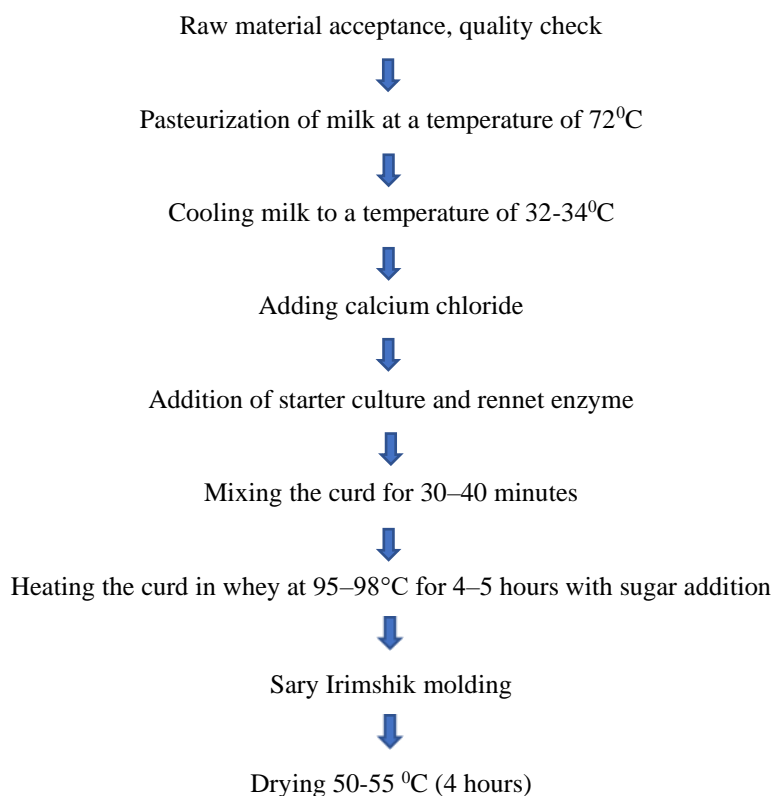


Figure 1. Production technology of “Sary Irimshik”.

Ensuring product safety and quality in dairy production is essential for the development of the food industry and directly affects several important aspects, particularly consumer health protection. The production of traditional dairy products is closely associated with the use of animal raw materials, which may be exposed to microbiological contamination risks [12].

As noted by international researchers, microbiological contamination in dairy production remains a significant issue, since microbiologically safe milk is one of the key factors in obtaining high-quality and safe dairy products. Spoilage microorganisms can affect milk components through enzymatic activity, leading to undesirable changes in the taste, odor, texture, and overall quality of the product. Furthermore, contaminants may enter the product during processing and storage stages, resulting in product defects and potential health risks for consumers [13].

Therefore, ensuring strict quality control and food safety is essential for preventing the spread of foodborne diseases and maintaining product quality. In the production of traditional dairy products, particular attention is paid to technological processes aimed at preventing contamination by pathogenic microorganisms. The application of modern technologies and systematic microbiological testing of finished products makes it possible to minimize potential health risks for consumers [14–16].

In addition, strict sanitary and hygienic control at all stages of production ensures the preservation of product quality and microbiological safety.

In the present study, the levels of microorganisms were investigated at each technological stage of “Sary Irimshik” production as well as in the finished product. The results of the microbiological analysis are presented in Table 1.

Table 1. Changes in the number of microorganisms in goat milk

Production processes	Total microbial count (CFU/g)	Acidity (°T)
Raw milk	8.5×10^5	18
During fermentation	4.2×10^7	70
During the boiling process	1.8×10^3	75
In the finished product	1.2×10^2	80

The results presented in Table 1 demonstrated that the initial microflora of goat milk was relatively low, which can be explained by its natural bactericidal properties. During the fermentation stage, active growth of lactic acid bacteria such as *Lactobacillus*, *Lactococcus*, and *Streptococcus thermophilus* was observed, ensuring the proper course of lactic acid fermentation.

The increase in acidity during fermentation contributed to the formation of the characteristic

structure and sensory properties of the product while simultaneously inhibiting the growth of pathogenic microorganisms. During the thermal treatment stage, most microorganisms were destroyed due to exposure to high temperatures, thereby ensuring the microbiological safety of the finished product.

The low total microbial count and the absence of pathogenic bacteria in the finished product indicate that the product complies with sanitary and microbiological safety requirements.

Table 2. Changes in the number of microorganisms in cow's milk

Production processes	Total microbial count (CFU/g)	Acidity (°T)
Raw milk	1.2×10^6	16
During fermentation	5.8×10^7	65
During the boiling process	2.1×10^3	70
In the finished product	1.5×10^2	75

According to the data presented in Table 2, the number of microorganisms increased significantly during the fermentation stage (5.8×10^7 CFU/g), while a substantial reduction in microbial count was observed during the thermal treatment stage (2.1×10^3 CFU/g). In the finished product, microbiological indicators stabilized at 1.5×10^2 CFU/g.

The study demonstrated that the primary microflora of milk mainly consists of lactic acid bacteria such as *Lactobacillus*, *Lactococcus*, and *Streptococcus thermophilus*. During fermentation, these microorganisms actively multiply and promote lactic acid fermentation processes. As a

result, the acidity of the medium increases, thereby inhibiting the growth and development of pathogenic microorganisms.

The thermal treatment stage is particularly important from a microbiological perspective, since high temperatures effectively destroy potentially hazardous microorganisms, including *Escherichia coli* and *Salmonella*, thus ensuring the microbiological safety of the finished product.

During the study, physicochemical and microbiological indicators of traditional Kazakh dairy product “Sary Irimshik” produced from goat and cow milk were determined. The obtained results are presented in Tables 3 and 4.

Table 3. Physicochemical and microbiological Indicators of “Sary Irimshik” produced from goat Milk

Name of indicators, unit of measurement	Standard value	Results obtained	Test method
1	2	3	4
Physico-chemical indicators:			
-pH		5.61	Potentiometric method
-Titratable acidity, ot		80	GOST 3624-92
Microbiological indicator:			
-KMAFAnM, CFU/g	100	16	GOST 9225-84
-BGKP (coli forms), in 1.0 g of product	Not detected	Not detected	GOST 9225-84
-lactic acid microorganisms, CFU/g		6×10^6	GOST 33951-2016

Table 4. Physicochemical and microbiological Indicators of “Sary Irimshik” produced from cow Milk

Name of indicators, unit of measurement	Standard value	Results obtained	Test method
1	2	3	4
Physico-chemical indicators:			
-pH		5.44	Potentiometric method
-Titratable acidity, °T		38	GOST 3624-92
Microbiological indicator:			
-KMAFAnM, CFU/g	100	13	GOST 9225-84
-BGKP (coli forms), in 1.0 g of product	Not detected	Not detected	GOST 9225-84
-lactic acid microorganisms, CFU/g		2 x 10 ⁶	GOST 33951-2016

Conclusion

The results of the study demonstrated that the traditional Kazakh dairy product “Sary Irimshik” possesses high nutritional value and significant potential for industrial production. Under modern production conditions, this traditional product can be developed into a competitive national food brand of Kazakhstan through the application of modern food technologies and quality control systems.

In addition, the use of goat milk alongside cow milk in the production of “Sary Irimshik” increases the possibility of obtaining a product with high nutritional and microbiological quality. According to the obtained results, goat milk can be considered a highly suitable raw material for the production of traditional dairy products from a microbiological perspective.

The number of lactic acid microorganisms in products produced from goat and cow milk was 6×10^6 CFU/g and 2×10^6 CFU/g, respectively, indicating more intensive microbiological fermentation processes in goat milk. At the same time, no BGKP (coliform bacteria) were detected in either sample, confirming the microbiological safety of the traditional Kazakh dairy product “Sary Irimshik”.

The obtained results indicate that traditional Kazakh dairy products such as “Sary Irimshik” have strong potential for further industrial application, development of functional food products, and promotion within the modern food industry.

Gratitude, conflict of interest (financing)

This research was carried out within the framework of the scientific project IRN №BR24993234 “Innovative Technologies for the Production of National Products: Intensification and Digitalization of Meat and Dairy Production.” There is no conflict of interest.

REFERENCES

1. Fox P.F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P.L.H., O'Mahony J.A. Dairy Chemistry and Biochemistry. 2nd ed. Springer, 2017.
2. Tamime A.Y. Structure of Dairy Products. Blackwell Publishing, 2007.
3. McSweeney P.L.H. Biochemistry of cheese ripening // International Journal of Dairy Technology. 2004. Vol. 57(2–3). P. 127–144. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x.
4. Қуанышев Қ. Қазақтың дәстүрлі сүт өнімдері. Алматы, 2019.
5. Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі. АӨК дамыту бағдарламасы. Астана, 2022.
6. Salminen S., Isolauri E., Salminen E. Functional foods and probiotics // International Dairy Journal. 2012. Vol. 22(2). P. 55–62.
7. Varnam A.H., Sutherland J.P. Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology. Chapman & Hall, 1994.
8. Амантай А. Ешкі сүтінің термиялық тұрақтылығының негізгі ерекшеліктері // Материалы международной научно-практической конференции «Х Торайғыров оқулары», посвященной 125-летию С. Торайғырова. 2018. С. 18–24.
9. Шалыгина А.М., Калинина Л.В. Общая технология молока и молочных продуктов. М.: Колос, 2006. 199 с.
10. Желтова О.А. Йогурт из козьего молока разных пород и генотипов // Переработка молока. 2011. № 6. С. 60–61.
11. Остроумова Т.Л., Фриденберг Г.В., Волкова Л.Г. Козье молоко — натуральная формула здоровья // Молочная промышленность. 2005. № 8. С. 69–70.
12. Хусенова Н. А., Суюнов М. А., Муродов А.А. Управление качеством и безопасностью молочных продуктов на основе принципов ХАССП // Вестник технологического университета.
13. Гайнулова Т.В., Кренева С.Г. ХАССП — основа безопасности и конкурентоспособности

молочных продуктов // Экономические науки. 2015. С. 68–73.

14. Борисова Т.А., Дмитриев В.Я. Система менеджмента качества: учебное пособие. Санкт-Петербург, 2017. С. 8–12.

15. Зайцева Н.В., Май И.В. Актуальные аспекты анализа риска здоровью и правовые подходы к оценке риска для здоровья населения при обеспечении безопасности товаров: мировой опыт и практика Таможенного союза.

16. Le S., Bazger W., Hill A.R., Wilcock A. Awareness and perceptions of food safety of artisan cheese makers in Southwestern Ontario: A qualitative study // Food Control. 2014. Vol. 41. P. 158–167. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.01.007.

REFERENCES

1 Fox P.F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P.L.H., O'Mahony J.A. Dairy Chemistry and Biochemistry. 2nd ed. Springer, 2017.

2 Tamime A.Y. Structure of Dairy Products. Blackwell Publishing, 2007.

3 McSweeney P.L.H. Biochemistry of cheese ripening // International Journal of Dairy Technology. 2004. Vol. 57(2–3). P. 127–144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>

4 Kuanyshiev K. Qazaqstıń dástırlı sıt önımleri [Traditional Kazakh Dairy Products]. Almaty, 2019. (In Kazakh).

5 Qazaqstan Respublikası Aıyl sharuashılıyǵı ministrligi. AÖK damıtu baǵdarlaması [Agrarian and Industrial Complex Development Program]. Astana, 2022. (In Kazakh).

6 Salminen S., Isolauri E., Salminen E. Functional foods and probiotics // International Dairy Journal. 2012. Vol. 22(2). P. 55–62.

7 Varnam A.H., Sutherland J.P. Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology. Chapman & Hall, 1994.

8 Amantai A. Eshki sütüniń termiyalyq turaqlylyǵynyń negizgi erekshelikleri [Main Features of Thermal Stability of Goat Milk] // Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii

«X Toraiǵyrov Oqulary», posvyashchenoi 125-letiyu S. Toraiǵyrova. 2018. P. 18–24. (In Kazakh).

9 Shalygina A.M., Kalinina L.V. Obshchaya tekhnologiya moloka i molochnykh produktov [General Technology of Milk and Dairy Products]. Moscow: Kolos, 2006. 199 p. (In Russian).

10 Zheltova O.A. Yogurt iz kozyego moloka raznykh porod i genotipov [Yogurt from Goat Milk of Different Breeds and Genotypes] // Pererabotka moloka. 2011. No. 6. P. 60–61. (In Russian).

11 Ostroumova T.L., Fridenberg G.V., Volkova L.G. Kozye moloko – naturalnaya formula zdorovya [Goat Milk as a Natural Health Formula] // Molochnaya promyshlennost. 2005. No. 8. P. 69–70. (In Russian).

12 Khusenova N.A., Suyunov M.A., Murodov A.A. Upravleniye kachestvom i bezopasnostyu molochnykh produktov na osnove printsipov KHASSP [Management of Quality and Safety of Dairy Products Based on HACCP Principles] // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. (In Russian).

13 Gainulova T.V., Kreneva S.G. KHASSP – osnova bezopasnosti i konkurentosposobnosti molochnykh produktov [HACCP as the Basis of Safety and Competitiveness of Dairy Products] // Ekonomicheskie nauki. 2015. P. 68–73. (In Russian).

14 Borisova T.A., Dmitriev V.Ya. Sistema menedzhmenta kachestva [Quality Management System]. Uchebnoe posobie. Saint Petersburg, 2017. P. 8–12. (In Russian).

15 Zaitseva N.V., Mai I.V. Aktualnye aspekty analiza riska zdorovyu i pravovye podkhody k otsenke riska dlya zdorovya naseleniya pri obespechenii bezopasnosti tovarov: mirovoi opyt i praktika Tamozhennogo soyuza [Current Aspects of Health Risk Analysis and Legal Approaches to Population Health Risk Assessment in Product Safety Assurance: International Experience and Practice of the Customs Union]. (In Russian).

16 Le S., Bazger W., Hill A.R., Wilcock A. Awareness and perceptions of food safety of artisan cheese makers in Southwestern Ontario: A qualitative study // Food Control. 2014. Vol. 41. P. 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.007>

ВЛИЯНИЕ МУКИ ИЗ ПРОСА НА КАЧЕСТВО ЗАВАРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

¹Д.А. ШАНШАРОВА , ¹Д.Б. АБДРАИМОВА , ¹А.Н. НУРЛАНОВА* ,
²Л. ГРИВНА , ¹Ж.С. НАБИЕВА 

¹Алматинский технологический университет, Республика Казахстан,
050012, г.Алматы, ул. Толе би 100

² Университет Менделя, Чешская Республика, 613 00, г. Брно, дом А Zemědělská, 1665/1)
Электронная почта автора-корреспондента: an.nurlanova@gmail.com*

Основным направлением развития ассортимента кондитерской индустрии является разработка изделий с улучшенными качественными характеристиками. Целью исследований явилась разработка технологии заварных полуфабрикатов с применением муки из проса, миндаля для повышения пищевой ценности, безопасности, удлинения сроков свежести изделий. Научная значимость исследования заключается в изучении влияния просяной муки на процессы клейстеризации крахмала, денатурации белка. Практическая значимость выражается в разработке новой технологии, применении сырья с богатым химическим составом, позволяющим улучшить пищевую ценность изделий. Методология исследований базировалась на экспериментальных методах пробных лабораторных выпечек, методов определения показателей качества готовых изделий, в том числе микробиологических. Установлено, что образцы заварных полуфабрикатов с применением 20% миндальной муки и 15% просяной муки на протяжении всего срока хранения (до 5 суток) имеют более высокие качественные показатели, по сравнению с контролем. Определена безопасность заварных полуфабрикатов в зависимости от сроков хранения. Выявлена целесообразность разработки технологии новых видов заварных полуфабрикатов, с применением просяной, миндальной муки, на основе комплексной оценки качества, микробиологических показателей, стойкости при хранении изделий.

Ключевые слова: просяная, миндальная мука, заварной полуфабрикат, пищевая ценность.

ПРОСО ҰНЫНЫҢ ЖАРТЫЛАЙ ПІСІРІЛГЕН ДАЙЫН ӨНІМДЕР САПАСЫНА ӘСЕРІ

¹Д.А. ШАНШАРОВА, ¹Д.Б. АБДРАИМОВА, ¹А.Н. НУРЛАНОВА*,
²Л. ГРИВНА, ¹Ж.С. НАБИЕВА

¹Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би көшесі, 100

² Мендель университеті, Чехия Республикасы, 613 00, Брно қ., Zemědělská көшесі, 1665/1)
Автр-корреспонденттің электрондық поштасы: an.nurlanova@gmail.com*

Нан-тоқаш және кондитерлік өнеркәсіп өнімдерінің ассортиментін дамытудың негізгі бағыты – сапалық сипаттамалары жақсартылған өнім түрлерін әзірлеу болып табылады. Зерттеу жұмысының мақсаты – тары және бадам ұнын қолдану арқылы қайнатпа жартылай фабрикаттар технологиясын әзірлеу, соның нәтижесінде өнімнің тағамдық құндылығын арттыру, қауіпсіздігін қамтамасыз ету және сақтау мерзімін ұзарту. Зерттеудің ғылыми маңыздылығы тары ұнының крахмалдың клейстерлену процесіне және ақуыздың денатурациясына әсерін зерттеуде көрінеді. Практикалық маңыздылығы – химиялық құрамы бай шикізатты қолдану арқылы өнімнің тағамдық құндылығын арттыруға мүмкіндік беретін жаңа технологияны әзірлеуде айқындалады. Зерттеу әдістемесі тәжірибелік зертханалық пісіру әдістеріне, сондай-ақ дайын өнімдердің сапа көрсеткіштерін, оның ішінде микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау әдістеріне негізделген. Зерттеу нәтижесінде құрамында 20% бадам ұны және 15% тары ұны бар қайнатпа жартылай фабрикаттар сақтау мерзімі бойы (5 тәулікке дейін) бақылау үлгісімен салыстырғанда жоғары сапа көрсеткіштерін көрсететіні анықталды. Сонымен қатар, қайнатпа жартылай фабрикаттардың қауіпсіздігі сақтау мерзіміне байланысты бағаланды. Кеиенді сапа бағасы, микробиологиялық көрсеткіштер және сақтау кезіндегі тұрақтылық негізінде тары және бадам ұнын қолдана отырып, жаңа түрдегі қайнатпа жартылай фабрикаттар технологиясын әзірлеудің мақсатқа сәйкестігі дәлелденді.

Негізгі сөздер: тары ұны, бадам ұны, қайнатпалы жартылай фабрикат, тағамдық құндылық.

EFFECT OF MILLET FLOUR ON THE QUALITY OF CHOUX PASTRY SEMI-FINISHED PRODUCTS

¹D.A. SHANSHAROVA, ¹D.B. ABDRAIMOVA, ¹A.N. NURLANOVA,
²L. HRYVNA, ¹ZH.S. NABIYEVA

(¹Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi 100

²Mendel University, Czech Republic, 613 00, Brno, A Zemědělská, 1665/1)

Corresponding author's email: an.nurlanova@gmail.com*

The primary direction in the development of the confectionery industry assortment is the creation of products with improved quality characteristics. The aim of this study was to develop a technology for choux semi-finished products using millet and almond flours in order to enhance nutritional value, ensure safety, and extend shelf life. The scientific significance of the research lies in studying the effect of millet flour on starch gelatinization processes and protein denaturation. The practical significance is reflected in the development of a new technology involving raw materials with a rich chemical composition, which contributes to improving the nutritional value of the products. The research methodology was based on experimental methods, including pilot laboratory baking and methods for determining the quality indicators of finished products, including microbiological parameters. The results showed that samples of choux semi-finished products containing 20% almond flour and 15% millet flour demonstrated higher quality indicators throughout the entire storage period (up to 5 days) compared to the control sample. In addition, the safety of the choux semi-finished products was assessed depending on storage duration. The feasibility of developing new types of choux semi-finished product technology using millet and almond flours has been established based on a comprehensive assessment of quality, microbiological indicators, and storage stability.

Keywords: millet flour, almond flour, choux semi-finished product, nutritional value.

Введение

Современные тенденции в пищевой промышленности направлены на разработку продуктов, обладающих повышенной пищевой ценностью, улучшенными органолептическими свойствами и функциональными характеристиками. В технологии кондитерского производства особое внимание уделяется снижению их калорийности и использованию здоровых компонентов. Особое внимание уделяется созданию изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья, способного повысить биологическую ценность продукции, снижению их калорийности, сохраняя при этом потребительские свойства на высоком уровне [1-3].

В настоящее время ученые все больше исследуют культуры, богатые необходимыми питательными веществами, углеводами с низким гликемическим индексом, резистентным крахмалом и биоактивными соединениями, которые помогают регулировать гликемический ответ, поддерживают кишечную микробиоту и снижают риск неинфекционных заболеваний, таких как диабет 2 типа и сердечно-сосудистые заболевания [4,5].

Также в последние годы наблюдается возрастающий интерес к использованию альтернативных зерновых культур. Среди таких культур особое внимание уделяется просу, отличающемуся высокой пищевой ценностью и устойчивостью к неблагоприятным клима-

тическим условиям. Просо богато белками, пищевыми волокнами, минеральными веществами (железо, магний, цинк, фосфор) и антиоксидантами, витаминами группы В, а также не содержит глютена, что делает его ценным компонентом диетического и безглютенового питания [6]. Существенным преимуществом проса является его способность расширять ассортимент и повышать вариативность пищевого рациона. Установлено, что включение проса в структуру питания способствует формированию более сбалансированного и разнообразного рациона, что подтверждает его значимость как ценного зернового компонента в системе здорового питания [7,8].

Разнообразие в потреблении проса важно для понимания пищевых привычек и культурных обычаев древних народов. Просо характеризуется высоким содержанием таких аминокислот как лейцин и гистидин, богато клетчаткой, минеральными веществами (кальцием, магнием, фосфором, железом, кобальтом, марганцем, медью и молибденом), витаминами В1, В6, В9, РР и каротиноидами. Просо обладает липотропным действием, нормализует работу сердечно-сосудистой системы за счет высокого содержания калия, магния и кальция, а также регулирует работу желудочно-кишечного тракта и печени. Способы приготовления могут влиять на питательный состав и усвояемость проса [7].

Результаты, полученные в работе Fu Y. и Shen Q. (2021), подчеркивают важность учета способов приготовления при оценке питательной ценности проса и его потенциальной пользы для здоровья. В своей работе авторы также исследовали потенциальные функциональные свойства данного зернового сырья и установили, что изоляты белка из сырого и термически обработанного щетинистого проса способны замедлять развитие сахарного диабета 2 типа у мышей с экспериментально индуцированным диабетом [9]. Согласно данным Hussain, S. (2019), включение просяной муки в рецептуру печенья способствует повышению антиоксидантной активности готовых изделий. Авторами установлено, что образцы печенья с частичной заменой пшеничной муки на просяную характеризовались более высоким содержанием фенольных соединений по сравнению с контрольными образцами [10].

В исследовательской работе Сысоевой Н.М. и Жданова Д.В. (2021) установлено, что мука из проса может использоваться не только при производстве традиционных изделий, но и при разработке современных продуктов функционального назначения. Включение просяной муки способствует повышению биологической ценности готовой продукции за счёт увеличения содержания пищевых волокон и минеральных веществ [11].

Работы Singh et al. (2019) и Sharma & Chauhan (2020) отмечают, что при введении просяной муки в пшеничную до 30% наблюдаются изменения в водопоглощительной способности, времени замеса и стабильности теста. При этом оптимальные дозировки (до 20%) позволяют улучшить питательную ценность и вкус без существенного ухудшения структуры [12-14].

Кроме того, Adeyeye et al. (2021) указывают, что технологическая обработка, включая термическое заваривание, может положительно влиять на взаимодействие белков и крахмала, улучшая текстуру и влажность полуфабрикатов на основе смесей пшеничной и просяной муки. Заваривание способствует частичному набуханию крахмала и снижению антинутриентов, что делает такие продукты более стабильными и питательными [15].

В последние годы, в связи увеличением выработки безглютеновой кондитерской продукции особую популярность приобрели миндальная мука, также как и мука из других орехов, семян и кокосового ореха. Миндальная мука является одной из распространенных и широко применяемых мукой из орехов, так как

используется для приготовления особо деликатного печенья, пирожных и других кондитерских изделий [16, 17].

Преимущество применения муки миндаля увеличение содержания белка и жира в готовом изделии. Замедляется процесс черствения при выработке бисквитов и кексов на миндальной муке, благодаря чему выпечка остаётся мягкой и свежей дольше. По химическому составу миндаль значительно превосходит пшеничную муку: он содержит 20–25% белка, 53–55% жира, а также разнообразные витамины и минеральные вещества. При выработке бисквита, печенья и других изделий на миндальной муке вкус и мягкость выпечки напоминают изделия на яйцах с добавлением масла, улучшая как консистенцию, так и органолептические свойства готового продукта [18].

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что использование просяной, миндальной муки является перспективным направлением, позволяющим обогатить заварные полуфабрикаты питательными веществами при сохранении приемлемых технологических свойств.

Целью исследований явилась разработка технологии заварных полуфабрикатов с применением муки проса, миндаля для повышения пищевой ценности, безопасности, удлинения сроков свежести изделий. Будут представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на оценку органолептических свойств, технологических параметров заварных полуфабрикатов с различными уровнями муки из проса, миндаля.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнялись на базе кафедры Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств, Института исследований безопасности пищевых продуктов АО «Алматинский технологический университет».

В качестве объектов исследований было выбрано исходное сырьё: мука пшеничная хлебопекарная 1 сорта, «Цесна», ГОСТ 26574-85; мука универсальная без глютена просяная (пшеничная), ООО «Гарнец», ТУ 9293-002-43175543-03; мука миндальная без глютена, ТОО Quantum Tech Solutions; контрольные и опытные образцы заварного полуфабриката.

Показатели качества определяли в соответствии с методиками, изложенными в следующих нормативных документах: ГОСТ 5897—90 Методы определения органолептических показателей качества (визуальная оценка внешнего вида и цвета продукта, тактильный

анализ консистенции, а также дегустация для определения вкуса и запаха); ГОСТ 5898—87 Методы определения кислотности и щелочности.

Тесто готовили из пшеничной муки первого сорта и муки из проса. Его подготовка включала следующие этапы: подготовка компонентов; смешивание соли, воды, нагрев до 80 °С, внесение муки; заваривание смеси в течение 5-10 мин; охлаждение заваренной смеси до 30-35°С; внесение яиц, перемешивание до однородности в миксере; внесение воды, перемешивание; формование; выпечка: 1 период при температуре не выше 190-220°С до формирования корочки, 2 период при 170-180 °С до готовности.

Исследовались микробиологические показатели качества заварных полуфабрикатов из муки пшеничной высшего сорта и просяной перед закладкой на хранение, после 3 и 5 суток хранения, в соответствии с ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 10444.12-88.

Результаты и обсуждение

Задачи расширения ассортимента, повышения качества и производства кондитерских изделий с высокими потребительскими свойствами могут решаться на основе применения продуктов переработки альтернативных культур. Мука из проса и миндаля влияет на белково-протеиназный, углеводно-амилазный комплексы пшеничной муки, обеспечивая оптимальные реологические свойства теста. Стабилизация

качества изделий в условиях разнообразия свойств основного и дополнительного сырья, улучшения качества изделий и другие факторы, влияющие на процесс приготовления теста, приводят к необходимости корректировки соотношений рецептурных компонентов, оценки эффективности их действия во взаимосвязи с параметрами ведения технологического процесса.

С целью разработки более эффективной технологии производства качественной продукции исследовали возможность использования просяной муки в заварном полуфабрикате. Дозировка просяной муки в тесте при проведении пробных выпечек выбрана в количестве 7, 15 и 20% к массе пшеничной муки, в соответствии с рецептурой. Мука из проса дозировалась на этапе заваривания массы. В качестве контроля был принят образец с применением пшеничной муки, без внесения альтернативных видов муки. В дальнейшем вносилась мука миндаля в количестве 10, 20, 30%, к массе муки в тесте.

Качество изделий (табл. 1) оценивали по органолептическим показателям: форма, состояние поверхности, цвет, вкус, запах, вид на срезе, связанный с образованием полости внутри изделия. По физико-химическим показателям характеризовались: массовая доля влаги, щелочность, высота изделий. Также определялись микробиологические показатели качества заварных полуфабрикатов.

Таблица 1. Показатели качества заварных полуфабрикатов с различной дозировкой просяной муки

№	Наименование показателей	Контроль, с применением пшеничной муки 1 сорта	Заварной полуфабрикат с применением просяной муки, в % к массе пшеничной муки		
			7	15	20
1	Форма	правильная, соответствующая данному наименованию заварных полуфабрикатов, без вмятин			
2	Поверхность	рифленая, с небольшими трещинами			
3	Цвет	золотисто-желтый	золотисто-желтый		желтый
4	Вкус и запах	свойственный заварному полуфабрикату, без посторонних запаха и привкуса		свойственный заварному полуфабрикату, с привкусом проса	
5	Вид на срезе (характерная полость)	пропеченные заварные полуфабрикаты, с характерной хорошо развитой полостью		пропеченный заварной полуфабрикат, с удовлетворительно развитой полостью	
6	Массовая доля влаги, %	7,4	7,2	7,6	8,0
7	Щелочность, град	1,3	1,4	1,5	1,5
8.	Высота изделий, см	4,0	4,0	4,2	3,5

Как показано в таблице 1, влажность теста, щелочность остается в пределах нормы. Органолептическая оценка готовых изделий показала, что изделия с 7, 15% содержанием просяной муки не отличались от контроля. Изделия имели свойственные для заварного полуфабриката золотисто-желтый цвет, поверхность с небольшими трещинами. Также, готовые изделия имели более развитый объем и хорошо развитую внутреннюю полость. С увеличением дозировки до 20% изделия получались с небольшим объемом и полостью, имели желтую окраску. Повышенная дозировка просяной муки приводила к появлению привкуса, характерного для проса. В результате исследований было доказано, что при производстве заварного полуфабриката введение 15% просяной муки, к общей массе муки будет наиболее оптимальным.

Одно из направлений повышения качества изделий – применение сырья, содержащего значительное количество жира с оптимальным жирнокислотным составом, что позволяет осуществить замену маргарина в изделиях. Жирнокислотный состав жиров миндаля в основном состоит из полезных ненасыщенных жирных кислот, где доминирует мононенасыщенная олеиновая кислота (омега-9) — до 62%, и полиненасыщенная линолевая кислота (омега-6) — около 24%, что способствует снижению уровня «плохого» холестерина, повышает защитные силы организма.

В исследованиях проводили оценку эффективности действия муки миндаля в количестве 10, 20, 30 %, к массе муки с в тесте (рис. 1-3).

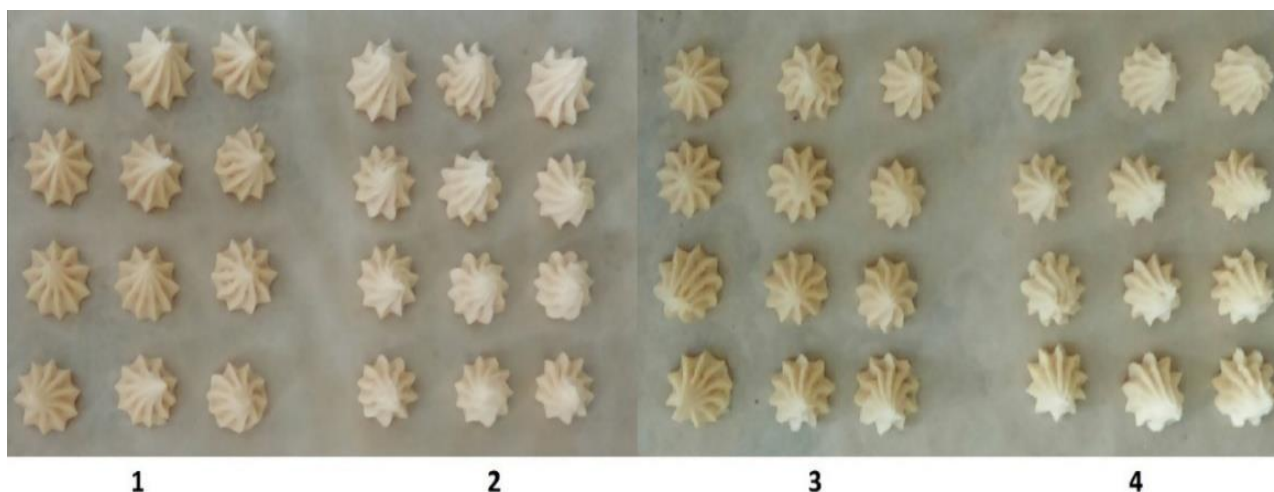


Рисунок 1. Отформованные тестовые заготовки заварного полуфабриката (вид сверху) с применением 15% просяной муки и миндальной муки в количестве: 1 – контроль (без внесения миндальной муки); 2 –10%; 3 –20%; 4 –30%

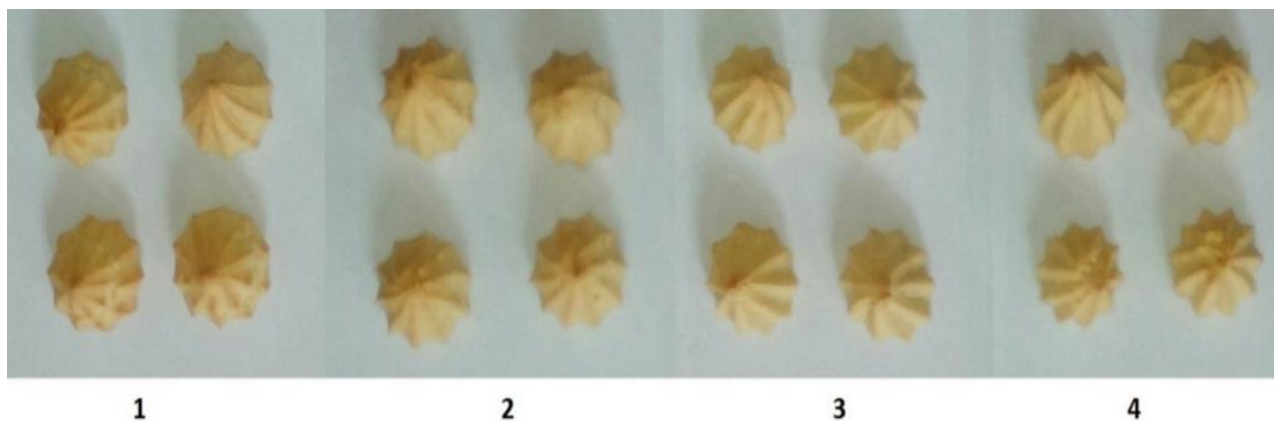


Рисунок 2. Выпеченный заварной полуфабрикат (вид сверху) с применением 15% просяной муки и миндальной муки в количестве: 1 – контроль (без внесения миндальной муки); 2 –10%; 3 –20%; 4 –30%



Рисунок 3. Выпеченный заварной полуфабрикат (вид в разрезе) с применением 15% просяной муки и миндальной муки в количестве: 1 – контроль (без внесения миндальной муки); 2 –10%; 3 –20%; 4 –30%

В качестве контрольных вариантов выбран: контроль - образец заварного полуфабриката с применением пшеничной муки и 15% просяной муки. При анализе качества кондитерских изделий, приготовленных с использованием муки миндаля, можно отметить ее высокую значимость для формирования качественных показателей заварных полуфабрикатов и образования полости внутри изделия.

Как показали пробные выпечки изделий, мука миндаля положительно влияла на процессы замеса и формования изделий. При смешивании компонентов теста для заварного полуфабриката вначале получалось крошковатым, но при дальнейшем замесе становилось однородным, упруго-пластичным. При внесении миндальной муки в количестве 10 и 20%, к массе муки, консистенция близка к консистенции теста контрольного образца, изделия легко отсаживались. Консистенция теста при внесении миндальной муки 30% была более плотной. Отсаженные изделия не расплывались и имели характерную для заварного полуфабриката структуру. Таким образом, лучший результат по консистенции теста и готовых изделий получен при внесении миндальной муки до 20%.

Одним из основных признаков качества пищевых продуктов является их безопасность. Безопасность изделий предполагает изучение заварных полуфабрикатов на микробиологические показатели. Анализ качества заварного полуфабриката по микробиологическим показателям проводили по общепринятым методикам в научно-исследовательской лаборатории Института исследований безопасности пищевых продуктов. Через 4 ч хранения заварных полуфабрикатов после выпечки, а также через 3 и 5 суток хранения в них определялись такие микробиологические показатели, как количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерий группы кишечных палочек (*Escherichiacoli*, *Enterococcus*, *Proteus*, *Clostridiumperfringens*, термофильные, *Salmonella*), группы одноклеточных грибов (дрожжей), плесневых грибов в соответствии с ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 10444.12-88.

Результаты санитарно-гигиенических исследований заварных полуфабрикатов с добавлением просяной, миндальной муки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Микробиологические показатели качества заварных полуфабрикатов: перед закладкой на хранение, после 3 и 5 суток хранения

Наименование микробиологических показателей	Норма по НД	Заварные полуфабрикаты с добавлением просяной муки (ПМ) и миндальной муки(ММ):	
		15% ПМ	15% ПМ+ 20% ММ
Показатели качества заварных полуфабрикатов перед закладкой на хранение			
- МАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^2$
-БГКП в 0,1 г/см ³ продукте	не допускается	не обнаружено	не обнаружено
-Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	5	7
-Плесень, КОЕ/г, не более	50	11	12
Показатели качества заварных полуфабрикатов после 3 суток хранения			
- МАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
-БГКП в 0,1 г/см ³ продукте	не допускается	не обнаружено	не обнаружено
-Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	10	16
-Плесень, КОЕ/г, не более	50	17	16
Показатели качества заварных полуфабрикатов после 5 суток хранения			
-КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$
-БГКП в 0,1 г/см ³ продукте	не допускается	не обнаружено	не обнаружено
-Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	15	19
-Плесень, КОЕ/г, не более	50	25	28

Анализ полученных данных свидетельствует, что все образцы изделий по микробиологическим показателям не превышают нормы по НД, также соответствуют ГОСТ 10444.15-94 и ГОСТ 10444.12-88. В них не обнаружены бактерии группы кишечных палочек - ГОСТ 31747-2012. Установленная в результате исследований безопасность изделий по микробиологическим показателям в результате применения муки первого сорта, муки из проса и миндаля, подтверждает целесообразность разработки технологии новых видов заварных полуфабрикатов.

Заключение

Полученные результаты по разработке заварного полуфабриката с использованием просяной, миндальной муки можно обобщить в следующих выводах:

- определены оптимальные соотношения от 93:7 до 85:15 муки пшеничной и муки просяной для производства заварного полуфабриката. Эти образцы имели приятный вкус и аромат, отличались хорошим цветом, правильной формой. В результате заваривания просяной муки, образовались изоляты белка проса, которые замедляют развитие диабета 2 типа, в соответствии с исследованиями [9].

- образцы с добавлением 20% миндальной муки и 15% просяной муки характеризовались свойственным заварным изделиям состоянием поверхности, правильной формой, хорошо развитой полостью. Внесение просяной, миндальной муки обеспечивает повышение пищевой ценности и качества заварных изделий. Доказано, что образцы заварных полуфабрикатов с применением 20% миндальной муки и 15% просяной муки на протяжении всего срока хранения (до 5 суток) имеют более высокие органолептические и физико-химические показатели по сравнению с контрольным образцом;

- установлена безопасность заварных полуфабрикатов по микробиологическим показателям в результате применения муки первого сорта, муки из проса и миндаля в зависимости от сроков хранения: через 4 ч после выпечки, через 3, 5 суток хранения;

- подтверждена целесообразность разработки технологии новых видов заварных полуфабрикатов, с применением 15 % заваренной просяной муки, 20 % миндальной муки, обеспечивающей замену маргарина в продукте на основе комплексной оценки качества, исследований продукции по микробиологическим критериям, высокая стойкость при хранении и удлинением сроков годности продукции до 5 суток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Suo X., Tagliasco M., Bonfini M., Bonfili L., Moreno Araiza O., Baggio A., Eleuteri A.M., Pellegrini N., Vittadini E. Development of sugar and fat reduced pulse cookies with improved predicted glycemic behavior // *Applied Food Research*. – 2025. – Vol. 5, Issue 1, Article 100761.
2. Nakov G. Apple cakes as a source of dietary fiber and polyphenols and their effect on rheological characteristics and preparation of cakes / G. Nakov, A. Brandolini, A. Hidalgo, N. Ivanova, V. Stamatovskaya, I. Dimov // *Food and technological properties of cakes*. – 2020. – № 134. – P. 109 – 150.
3. Василевская М.Н. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья при разработке мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов [Текст] / М.Н. Василевская // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2022. - №4 (15). - С.13-14.
4. Kaur S., Kaur G., Kumari A., Ghosh A., Singh G., Bhardwa R., Kumar A., Riar A. Resurrecting forgotten crops: Food-based products from potential underutilized crops a path to nutritional security and diversity // *Future Foods*, 2025, Vol. 11, Article 100585.
5. Rodriguez, J., Rahman, H., Thushar, S., & Singh, R. Healthy and resilient cereals and pseudo-cereals for marginal agriculture: molecular advances for improving nutrient bioavailability // *Frontiers in Genetics*, 2020, Vol. 11, Article 49.
6. Jukanti, A., Gowda, C., Rai, K., Manga, V., & Bhatt, R. Crops that feed the world 11. pearl millet (*pennisetum glaucum* L.): an important source of food security, nutrition and health in the arid and semi arid tropics // *Food Security*, 2016, Vol. 8, Issue 2, P. 307-329.
7. Gulati, P., Li, A., Holding, D., Santra, D., Zhang, Y., & Rose, D. Heating reduces proso millet protein digestibility via formation of hydrophobic aggregates // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, Vol. 65, Issue 9, P. 1952-1959.
8. Wang, T., Wei, D., Chang, X., Yu, Z., Zhang, X., Wang, C., Fuller, B. Tianshanbeilu and the isotopic millet road: reviewing the late neolithic/bronze age radiation of human millet consumption from north china to europe // *National Science Review*, 2017, Vol. 6, Issue 5, 1024-1039 p.
9. Fu, Y., Yin, R., Guo, E., Cheng, R., Diao, X., Xue, Y., Shen, Q. (2021). Protein isolates from raw and cooked foxtail millet attenuate development of type 2 diabetes in streptozotocin-induced diabetic mice. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2021, Vol. 65, Issue 9, Article e2000365.
10. Hussain, S., Mohamed, A., Alamri, M., Ibraheem, M., Qasem, A., El-Din, M., Almainan, S. Wheat-millet flour cookies: physical, textural, sensory attributes and antioxidant potential // *Food Science and Technology International*, 2019, Vol. 26, Issue 4 P. 311-320.
11. Сысоева, Н. М. Разработка изделий функционального назначения на основе муки из проса [Текст] / Н.М. Сысоева, Д.В.Жданов // *Вестник Казанского Технологического университета*. — 2021. — №12. — С. 78–82.

12. Singh, P., Kaur, A., Ahlawat, S., Sharma, S. Effect of millet flour incorporation on rheological and baking properties of wheat flour // *Journal of Food Processing and Preservation*, 2019, Vol. 43, Issue 8, Article e14032.

13. Sharma, S., Saxena, D. C., Riar, C. S. Effect of incorporating foxtail millet flour on quality characteristics of cookies // *Journal of Food Science and Technology*, 2016, Vol. 53. P. 2015–2024.

14. Sharma, S., Chauhan, E. S. Quality evaluation of composite flour biscuits using finger millet and wheat flour // *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2020, Vol. 5, Issue 2, P. 45–52.

15. Adeyeye, S. A. O., Oyewole, O. B., Obadina, A. O. Effect of processing methods on the nutritional and functional properties of millet-based food products // *Food Science & Nutrition*, 2021, Vol. 9, Issue 6, P. 3240–3252.

16. Сергеева, С. С. Исследование реологических свойств заварного теста на овсяной и пшеничной муке и разработка на его основе мучных полуфабрикатов [Текст] / С.С. Сергеева, В.С. Попов, В.Н. Красильников // *Современные проблемы науки и образования*. — 2021. — № 3. — С. 92–99.

17. Резниченко, И. Ю. Разработка и оценка качества заварного полуфабриката с использованием нетрадиционного сырья [Текст] / И.Ю. Резниченко // *Известия АЛГТУ*. — 2021. — № 5. — С. 78–85.

18. Churuangsuk C., Kherouf M., Combet E., Lean M. Low-carbohydrate diets for overweight and obesity: A systematic review of the systematic reviews // *Obesity Reviews*, 2018, Vol. 19, Issue 12, P. 1700–1718.

REFERENCES

1. Suo X, Tagliasco M, Bonfini M, Bonfili L, Moreno Araiza O, Baggio A, Eleuteri AM, Pellegrini N, Vittadini E. Development of sugar and fat reduced pulse cookies with improved predicted glycemic behavior. *Appl Food Res*. 2025;5(1):100761.

2. Nakov G, Brandolini A, Hidalgo A, Ivanova N, Stamatovskaya V, Dimov I. Apple cakes as a source of dietary fiber and polyphenols and their effect on rheological characteristics and preparation of cakes. *Food Technol Prop Cakes*. 2020;134:109–150.

3. Vasilevskaya MN. Perspektivy ispolzovaniya netraditsionnogo rastitel'nogo syria pri razrabotke muchnykh sladostei s differentsirovannym soedержaniem osnovnykh nutrientov [Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials in the development of flour sweets with differentiated content of basic nutrients]. *Pishchevaya promyshlennost: nauka i tekhnologii [Food Industry: Science and Technology]*. 2022;15:13–14. (In Russian).

4. Kaur S, Kaur G, Kumari A, Ghosh A, Singh G, Bhardwa R, Kumar A, Riar A. Resurrecting forgotten crops: food-based products from potential underutilized crops – a path to nutritional security and diversity. *Future Foods*. 2025;11:100585.

5. Rodríguez J, Rahman H, Thushar S, Singh R. Healthy and resilient cereals and pseudo-cereals for marginal agriculture: molecular advances for improving nutrient bioavailability. *Front Genet*. 2020;11:49.

6. Jukanti A, Gowda C, Rai K, Manga V, Bhatt R. Crops that feed the world 11. Pearl millet (*Pennisetum*

glaucom L.): an important source of food security, nutrition and health in the arid and semi-arid tropics. *Food Secur*. 2016;8(2):307–329.

7. Gulati P, Li A, Holding D, Santra D, Zhang Y, Rose D. Heating reduces proso millet protein digestibility via formation of hydrophobic aggregates. *J Agric Food Chem*. 2017;65(9):1952–1959.

8. Wang T, Wei D, Chang X, Yu Z, Zhang X, Wang C, Fuller B. Tianshanbeilu and the isotopic millet road: reviewing the late Neolithic/Bronze Age radiation of human millet consumption from North China to Europe. *Natl Sci Rev*. 2017;6(5):1024–1039.

9. Fu Y, Yin R, Guo E, Cheng R, Diao X, Xue Y, Shen Q. Protein isolates from raw and cooked foxtail millet attenuate development of type 2 diabetes in streptozotocin-induced diabetic mice. *Mol Nutr Food Res*. 2021;65(9):e2000365.

10. Hussain S, Mohamed A, Alamri M, Ibraheem M, Qasem A, El-Din M, Almainan S. Wheat–millet flour cookies: physical, textural, sensory attributes and antioxidant potential. *Food Sci Technol Int*. 2019;26(4):311–320.

11. Sysoeva NM, Zhdanov DV. Razrabotka izdelii funktsionalnogo naznacheniya na osnove muki iz prosa [Development of functional food products based on millet flour]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University]*. 2021;12:78–82. (In Russian).

12. Singh P, Kaur A, Ahlawat S, Sharma S. Effect of millet flour incorporation on rheological and baking properties of wheat flour. *J Food Process Preserv*. 2019;43(8):e14032.

13. Sharma S, Saxena DC, Riar CS. Effect of incorporating foxtail millet flour on quality characteristics of cookies. *J Food Sci Technol*. 2016;53:2015–2024.

14. Sharma S, Chauhan ES. Quality evaluation of composite flour biscuits using finger millet and wheat flour. *Int J Food Sci Nutr*. 2020;5(2):45–52.

15. Adeyeye SAO, Oyewole OB, Obadina AO. Effect of processing methods on the nutritional and functional properties of millet-based food products. *Food Sci Nutr*. 2021;9(6):3240–3252.

16. Sergeeva SS, Popov VS, Krasilnikov VN. Issledovanie reologicheskikh svoistv zavarnogo testa na ovsyanoi i pshenichnoi muke i razrabotka na ego osnove muchnykh polufabrikatov [Study of the rheological properties of choux pastry made from oat and wheat flour and development of flour semi-finished products based on it]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education]*. 2021;3:92–99. (In Russian).

17. Reznichenko IY. Razrabotka i otsenka kachestva zavarnogo polufabrikata s ispolzovaniem netraditsionnogo syria [Development and quality assessment of a choux semi-finished product using non-traditional raw materials]. *Izvestiya AltGTU [Proceedings of Altai State Technical University]*. 2021;5:78–85. (In Russian).

18. Churuangsuk C, Kherouf M, Combet E, Lean M. Low-carbohydrate diets for overweight and obesity: a systematic review of the systematic reviews. *Obes Rev*. 2018;19(12):1700–1718

ӨСІМДІК ТЕКТЕС КӨПКОМПОНЕНТТІ ҚОСПАЛАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ГРАНОЛАНЫҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ

З.Н. МОЛДАҚҰЛОВА , Т.Б. АХЛАН , А.С. АБДРЕЕВА ,
А.Қ. ҚҰРМЕТХАН , А.К. ИЗЕМБАЕВА 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би, 100)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: moldakulovaziliha@gmail.com*

Өсімдік тектес көпкомпонентті қоспаларды қолдану арқылы дайындалған граноланың сапасына салыстырмалы зерттеу жүргізілді (№1 және №2 үлгілер негізінде). №2 гранола үлгісі ақуыз мөлшерінің жоғары болуымен сипатталады (13,69% — №1-дегі 13,03%-ға қарсы), май (15,44% — 15,60%-ға қарсы), көмірсулар (47,84% — 44,43%-ға қарсы) және тағамдық талшықтар (8,31% — 7,42%-ға қарсы) мөлшерінің артуымен ерекшеленеді, бұл оның дәнді-өсімдік композициясы ретінде функционалдық бағыттылығын күшейтеді. Витаминдік профиль №2 үлгіде А витамині мөлшерінің (0,61 мг/100 г) №1 үлгімен (0,51 мг/100 г) салыстырғанда статистикалық тұрғыдан сенімді жоғарылағанын көрсетті, ал Е витамині мөлшері төмендеген (тиісінше 5,32 және 6,71 мг/100 г), сондай-ақ В тобы витаминдерінің арту үрдісі байқалды. №2 үлгісіндегі полифенолдар мен флавоноидтардың жалпы мөлшері тиісінше 0,91% және 0,47% болып, №1 үлгіге (0,63% және 0,41%) қарағанда жоғары екені анықталды, бұл оның антиоксиданттық әлеуетінің айқынырақ екенін көрсетеді. Минералдық талдау екі үлгіде де магний мен фосфордың жоғары деңгейін анықтады, сонымен қатар №2 үлгіде темір мөлшерінің жоғары болуы оны қан түзу және оттегін тасымалдау үдерістеріне қатысатын микроэлементтердің көзі ретінде құндылығын арттырады. Токсикологиялық бақылау өнімнің қауіпсіздігін растады: пестицидтер анықталған жоқ, кадмий, мышьяк және сынап табылмады, қорғасын мөлшері $\leq 0,0028$ мг/кг, бұл нормативтік шектерден едәуір төмен. Зерттеу нәтижелері өсімдік тектес көпкомпонентті қоспаларды қолдану граноланың тағамдық және функционалдық құндылығын тағамдық талшықтар, витаминдер және биологиялық белсенді қосылыстар мөлшерін арттыру арқылы жақсартуға мүмкіндік беретінін, сонымен қатар өнімнің қауіпсіздігі мен жоғары органолептикалық көрсеткіштерінің сақталатынын дәлелдейді.

Негізгі сөздер: гранола, өсімдік қоспалары, тағамдық талшықтар, витаминдер, минералдар, полифенолдар, флавоноидтар, антиоксиданттар, тағам қауіпсіздігі.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА БАТОНЧИКОВ ГРАНОЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

З.Н. МОЛДАҚҰЛОВА, Т.Б. АХЛАН, А.С. АБДРЕЕВА,
А.Қ. ҚҰРМЕТХАН, А.К. ИЗЕМБАЕВА

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г.Алматы, ул. Төле би, 100)
Электронная почта автора корреспондента: moldakulovaziliha@gmail.com*

Проведено сравнительное исследование гранолы, изготовленной с применением растительных многокомпонентных смесей, на примере двух образцов (№1 и №2). Гранола №2 характеризуется повышенным содержанием белка (13,69% против 13,03% у №1), жира (15,44% против 15,60%), углеводов (47,84% против 44,43%) и пищевых волокон (8,31% против 7,42%), что усиливает её функциональную направленность как продукт зерново-растительной композиции. Витаминный профиль показал статистически значимое увеличение содержания витамина А в образце №2 (0,61 мг/100 г) по сравнению с №1 (0,51 мг/100 г), снижение витамина Е (5,32 и 6,71 мг/100 г соответственно) и тенденцию к повышению витаминов группы В. Суммарное содержание полифенолов и флавоноидов в №2 достигло 0,91% и 0,47%, что выше, чем у №1 (0,63% и 0,41%), указывая на более выраженный антиоксидантный потенциал. Минеральный анализ выявил высокий уровень магния и фосфора в обоих образцах, при этом содержание железа в №2 было выше, что повышает его ценность как источника микроэлементов, участвующих в

кроветворении и транспортировке кислорода. Токсикологический контроль подтвердил безопасность продукции: пестициды не выявлены, кадмий, мышьяк и ртуть отсутствуют, свинец $\leq 0,0028$ мг/кг, значительно ниже нормативных пределов. Результаты исследования демонстрируют, что использование растительных многокомпонентных смесей позволяет улучшать пищевую и функциональную ценность гранолы за счёт повышения содержания пищевых волокон, витаминов и биологически активных соединений при сохранении безопасности и высоких органолептических характеристик.

Ключевые слова: гранола, растительные смеси, пищевые волокна, витамины, минералы, полифенолы, флавоноиды, антиоксиданты, безопасность пищевых продуктов.

QUALITY ASSESSMENT OF GRANOLA USING PLANT-BASED MULTICOMPONENT BLENDS

Z.N. MOLDAKULOVA, T.B. AKHLAN, A.S. ABDREEVA,
A.K. KURMETKHAN, A.K. IZEMBAYEVA

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100)
Corresponding author e-mail: moldakulovaziliha@gmail.com*

A comparative study of granola produced using plant-based multicomponent mixtures was conducted based on two samples (No. 1 and No. 2). Granola sample No. 2 was characterized by a higher content of protein (13.69% vs. 13.03% in No. 1), fat (15.44% vs. 15.60%), carbohydrates (47.84% vs. 44.43%), and dietary fiber (8.31% vs. 7.42%), which enhances its functional orientation as a grain–plant composite product. The vitamin profile demonstrated a statistically significant increase in vitamin A content in sample No. 2 (0.61 mg/100 g) compared to No. 1 (0.51 mg/100 g), a decrease in vitamin E (5.32 and 6.71 mg/100 g, respectively), and a tendency toward increased levels of B-group vitamins. The total content of polyphenols and flavonoids in sample No. 2 reached 0.91% and 0.47%, respectively, exceeding those of sample No. 1 (0.63% and 0.41%), indicating a more pronounced antioxidant potential. Mineral analysis revealed high levels of magnesium and phosphorus in both samples, while the iron content in sample No. 2 was higher, increasing its value as a source of trace elements involved in hematopoiesis and oxygen transport. Toxicological assessment confirmed product safety: pesticides were not detected; cadmium, arsenic, and mercury were absent; and lead content (≤ 0.0028 mg/kg) was significantly below regulatory limits. The study results demonstrate that the use of plant-based multicomponent mixtures improves the nutritional and functional value of granola by increasing the content of dietary fiber, vitamins, and biologically active compounds while maintaining product safety and high organoleptic characteristics.

Keywords: granola, plant-based mixtures, dietary fiber, vitamins, minerals, polyphenols, flavonoids, antioxidants, food safety.

Kіpіcne

Соңғы жылдары жоғары энергетикалық және тағамдық құндылығы бар, тұтынуға ыңғайлы жылдам тіскебасар өнімдерге сұраныс тұрақты түрде артып келеді. Тұтынушылардың тағам өнімдерінің сапасына деген қызығушылығы күшейіп, олардың құрамына мән беру үрдісі байқалуда. Қазіргі өмір ырғағына байланысты дайындалуына көп уақыт талап етпейтін, салауатты өмір салтына сәйкес келетін, адам денсаулығы мен қоршаған ортаға зиянсыз өндірілетін әрі барынша пайдалы өнімдерге басымдық берілуде [1].

Осы сегментте құрғақ таңғы ас өнімдері – гранола ерекше орын алады. Бұл олардың рецептураларының алуан түрлілігімен, ұзақ сақтау мерзімімен және құрамын тұқымдар,

жаңғақтар, жеміс-жидек шикізаты мен өсімдік экстрактылары сияқты өсімдік тектес ингредиенттермен мақсатты түрде байыту мүмкіндігімен түсіндіріледі. Осыған байланысты биологиялық құндылығы жоғары және тұтынушылық қасиеттері жақсартылған гранола рецептураларын әзірлеу тағам өнеркәсібі саласындағы перспективалы ғылыми бағыттардың бірі болып табылады.

Заманауи зерттеулер көпкомпонентті өсімдік қоспаларын енгізу дәнді өнімдер тағамдық құрамын және антиоксиданттық әлеуетін жақсартатынын растайды. Мысалы, амарант, сұлы және банан қабығы ұнтағы негізіндегі композициялар ақуыз, β -глюкан және тағамдық талшықтар мөлшерін арттырып, органолептикалық көрсеткіштерін сақтайды

[2]. Сонымен қатар, алдын ала өңделген дәнді компоненттерді қолдана отырып, кейіннен жеміс-жидек пен жаңғақ ингредиенттерін (мысалы, құрма пастасы, грек жаңғағы) қосу технологиялық тұрғыдан тиімді тәсіл болып табылады. Бұл әдіс өнімнің антиоксиданттық көрсеткіштерін арттырып, қажетті текстуралық қасиеттерін қалыптастыруға мүмкіндік береді [3].

Жидектен алынған экстрактылары мен өсімдік тектес жанама шізаттарды қолдану ерекше қызығушылық тудырады. Зерттеулер көрсеткендей, гранола құрамына мүкжидек экстрактын қосу фенолды қосылыстардың болуына байланысты оның сенсорлық тартымдылығын арттырып, функционалдық қасиеттерін жақсартады. Сонымен қатар, ғылыми дереккөздерде дәстүрлі ингредиенттерді ішінара өсімдік компоненттерімен, соның ішінде оларды қайта өңдеудің жанама өнімдерімен алмастыру арқылы өнімдердің антиоксиданттық белсенділігін күшейту және тағамдық құндылығын арттыру жолдары қарастырылған [4].

Дәнді-жаңғақ тобына жататын өнімдер үшін тек нутриенттік құндылығы ғана емес, сонымен қатар қауіпсіздік көрсеткіштерін (улы элементтер, пестицидтер) растау да аса маңызды, өйткені өсімдік шикізаты қоршаған ортадан контаминанттарды жинақтауы мүмкін. Осыған байланысты гранола рецептураларын әзірлеу тағамдық құндылығын, биологиялық белсенді заттардың мөлшерін және қауіпсіздік көрсеткіштерін кешенді бағалаумен қатар жүргізілуі тиіс [5].

Зерттеудің мақсаты – өсімдік тектес көпкомпонентті қоспаларды қолдану арқылы дайындалған граноланың (№1 және №2 үлгілер) тағамдық құндылығын, витаминді-минералдық құрамын, биологиялық белсенді заттар мөлшерін және қауіпсіздік көрсеткіштерін салыстырмалы түрде бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде граноланың тәжірибелік үлгілері №1 және №2 алынды. Өнімді алу үрдісі граноланы дайындаудан тұрды, оған дәндер, жаңғақтар, тұқымдар және кептірілген жемістерді тазалау, турау және сұрыптау жұмыстары кірді, бұл біркелкі термиялық өңдеуді қамтамасыз ету үшін қажет болды. Қоспаның негізін сұлы, жүгері, күріш және қарақұмық жармалары құрады, оған жаңғақтар (бадам, грек жаңғағы, кешью), асқабақ тұқымдары, кептірілген жемістер

(мейіз, кептірілген өрік, кептірілген алма, мүкжидек, асқабақ), сондай-ақ май, мүкжидек концентраты, сірне және сорбит қосылады. Қыздыру 170–180 °С температурада 12–18 минут, арасында араластыру арқылы жүргізіледі, бұл өнімге қытырлақ текстура қалыптастыруға мүмкіндік береді. Салқындағаннан кейін өнім тұтынушылық қаптамаға оралады.

Зерттеу барысында келесі көрсеткіштер анықталды: ақуыз мөлшері – ГОСТ 10846-9, май массалық үлесі – ГОСТ 29033-91, көмірсулар мөлшері – перманганатометриялық әдіспен, тағамдық талшықтар мөлшері – ГОСТ 31675-2012, күл массалық үлесі – ГОСТ 25555. 4-91, β-каротин мөлшері – ГОСТ Р 54058–2010, органикалық қышқылдардың массалық концентрациясы – ГОСТ 32771-2014, А витамині мөлшері – ГОСТ Р 54635-2011, В тобы витаминдері мен С витамині мөлшері – ГОСТ 31483–2012, Е витамині мөлшері – ГОСТ Р 54634–2011, Са, Fe, Mg мөлшері – ГОСТ 32343–2013, фосфор мөлшері – ГОСТ 26657–97, полифенолдар мөлшері – ГОСТ Р 55488-2013, флавоноидтар мөлшері – ГОСТ Р 55312-2012.

Токсиндік элементтер саны (кадмий, қорғасын) – ГОСТ Р 51301-99, сынап мөлшері – ГОСТ 26927-86, мышьяк мөлшері – ГОСТ 26930-86, пестицидтер мөлшері – ГОСТ 23452-2015 анықталды.

Әр талдау кемінде үш қайталауда жүргізілді ($n = 3$). Бөліну нормалдығын Шапиро–Уилк критеріімен бағалады, орта мәндер арасындағы айырмашылықтарды t -критерий Стюдент арқылы $p < 0,05$ деңгейінде есептеді. Корреляциялар Пирсон бойынша есептелді.

Нәтижелері және оларды талқылау

Зерттеу барысында өсімдік тектес көпкомпонентті қоспаларды қолдану арқылы дайындалған граноланың (№1 және №2 үлгілері) химиялық құрамы, витаминдер мен минералдық элементтер мөлшері, биологиялық белсенді заттар және қауіпсіздік көрсеткіштері салыстырмалы түрде бағаланды. Барлық нәтижелер $M \pm SD$ ($n = 3$) ретінде көрсетілген. Үлгілер арасындағы айырмашылықтардың статистикалық маңыздығы тәуелсіз t -тест арқылы $p < 0,05$ деңгейінде бағаланды.

Тағамдық құндылықты талдау нәтижелері 1-кестеде берілген.

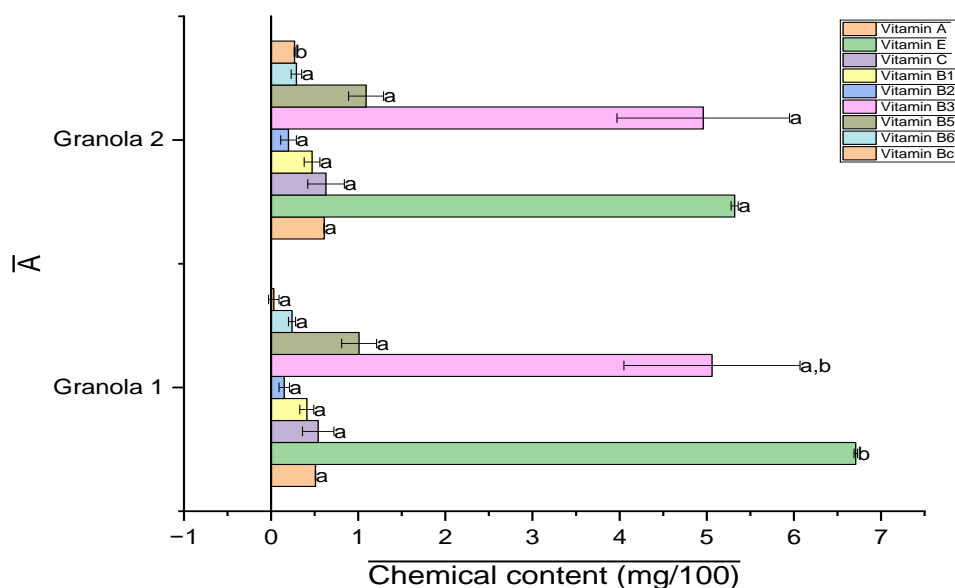
Кесте 1. Гранола таңғы асының химиялық құрамы (өнімнің 100 г-на)

Көрсеткіштің атауы	Гранола №1	Гранола №2
Ақуыз, %	13,03 ± 0,05	13,69 ± 0,08
Май, %	15,60 ± 0,35	15,44 ± 0,09
Көмірсу, %	44,43 ± 0,26	47,84 ± 1,12
Тағамдық талшық, %	7,42 ± 0,34	8,31 ± 0,64
Күлділігі, %	1,28 ± 0,05	1,48 ± 0,08
Энергетикалық құндылығы, ккал	370,24	385,08

1-кестедегі көрініп тұрғандай, зерттелген екі үлгі де ақуызға бай (13,03–13,69%), бұл жаңғақтар мен тұқымдардың өсімдік ақуызының көзі ретінде қосқан үлесін көрсетеді. Май мөлшері шамамен бір деңгейде (~15%) болып табылады. Көмірсулар негізгі компонент болып табылады, бұл дәнді компоненттер негізінде жасалған өнім болу есебінен жоғары мөлшерді көрсетеді [6,7]. №2 үлгісінде тағамдық талшықтар мөлшері жоғарырақ ($8,31 \pm 0,64\%$ қарсы $7,42 \pm 0,34\%$), бұл өнімнің функцио-

налдық бағыттылығын, яғни рациондағы тағамдық талшық үлесін арттыру тұрғысынан күшейтеді [8].

Гранола №1 және №2 үлгілеріндегі витаминдер мөлшерін анықтау нәтижелері 1-суретте көрсетілген ($M \pm SD$, $n = 3$). Орта мәндер арасындағы айырмашылықтардың статистикалық маңыздығы t-критерий Стюдент арқылы $p < 0,05$ деңгейінде бағаланды. Витаминдер мөлшері бойынша нәтижелер 1-суретте берілген.



Сурет 1. Гранола №1 және Гранола №2 үлгілеріндегі витамин құрамының салыстырмалы сипаттамасы ($M \pm SD$, $n = 3$)

Кесте 2. Гранола №1 және Гранола №2 үлгілеріндегі витаминдер мөлшерінің салыстырмалы көрсеткіші ($M \pm SD$, $n = 3$)

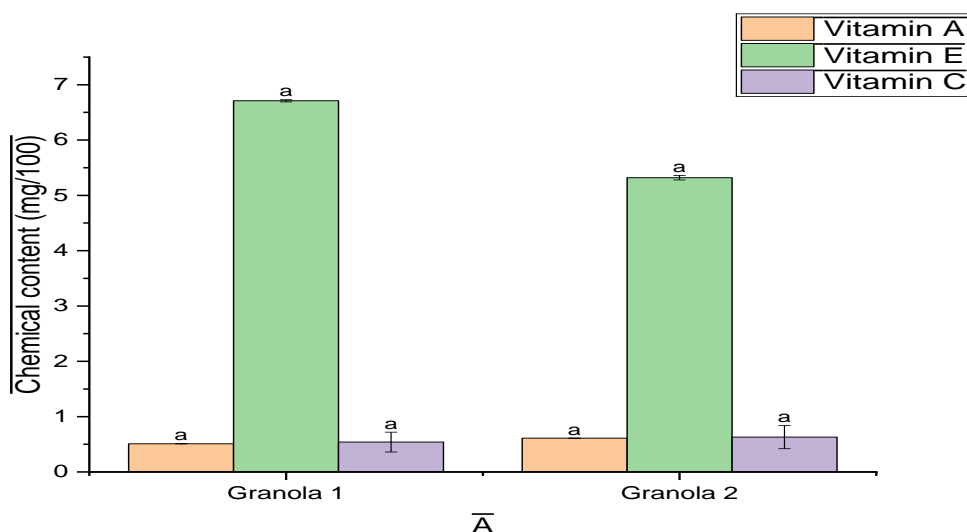
Көрсеткіш	Гранола №1 ($M \pm SD$)	Гранола №2 ($M \pm SD$)	t	p
А витамині, мг/100 г	0,510 ± 0,002	0,610 ± 0,003	-48,038	<0,001
Е витамині, мг/100 г	6,710 ± 0,020	5,320 ± 0,040	53,834	<0,001
С витамині, мг/100 г	0,540 ± 0,180	0,630 ± 0,210	-0,564	0,603
В ₁ витамині, мг/100 г	0,410 ± 0,080	0,470 ± 0,090	-0,863	0,437
В ₂ витамині, мг/100 г	0,150 ± 0,060	0,200 ± 0,090	-0,801	0,468
В ₃ витамині, мг/100 г	5,060 ± 1,010	4,960 ± 0,990	0,122	0,908
В ₅ витамині, мг/100 г	1,110 ± 0,200	1,090 ± 0,200	0,122	0,908
В ₆ витамині, мг/100 г	0,240 ± 0,040	0,290 ± 0,060	-1,201	0,296
Фолий қышқылы, мг/100 г	0,031 ± 0,006	0,027 ± 0,005	0,887	0,425
β-каротин, мг/кг	4,530 ± 0,070	4,340 ± 0,080	3,096	0,036

1-сурет пен 2-кестедегі деректерге сәйкес, екі үлгіде де витаминдер (А, Е, С және В тобы) анықталды. №2 үлгісінде А витаминінің мөлшері жоғарырақ болды (0,61 мг/100 г қарсы №1-дегі 0,51 мг/100 г), сондай-ақ В₁ және В₂ витаминдерінің мөлшері жоғары болды. №2 үлгісіндегі Е витаминінің мөлшері төмен болды, бұл жаңғақ-майды компоненттердің үлесінің айырмашылығын көрсетеді. Жалпы, алынған нәтижелер гранола өнімінің витаминдік құрам таңдалған көпкомпонентті дәнді-өсімдік компоненттерінің құндылығын растайды.

В тобы витаминдерінің жоғары деңгейі бүтін дәнді және жидек компоненттердің қолданылуына байланысты, олар дәстүрлі түрде осы витаминдердің көзі болып табылады. Аталған витаминдер метаболикалық процестерде маңызды рөл атқарады, макроэлементтердің катаболизмін қамтамасыз етіп, энергия-

ның бөлінуіне ықпал етеді, бұл әсіресе жоғары энергетикалық құндылығы бар, ағзаның энергиясын тез және тиімді толықтыруға арналған өнімдерді әзірлеу кезінде өзекті. Е витамині жеткілікті мөлшерде кездеседі, бұл жаңғақ-майды компоненттердің болуымен байланысты. Токоферолдар тағамдық өнімдердің антиоксиданттық әлеуетіне үлес қосатын қосылыстарға жатады [9]. Сондықтан граноланың витаминдік құрамы оның тағамдық құндылығын елеулі түрде арттырады, өнімнің функционалдық қасиеттерін ағзаға қажетті биологиялық белсенді заттарды қамтамасыз ету арқылы күшейтеді.

Гранола №1 және №2 үлгілеріндегі минералдық элементтерді анықтау нәтижелері 3-кестеде берілген. 3-кестеге сәйкес, кальций, магний, темір және фосфор мандері көрсетілген. Минералдық заттарды талдау нәтижелері 3-кестеде берілген.



Сурет 1. Granola №1 және Granola №2 үлгілеріндегі минералдық құрамның салыстырмалы сипаттамасы (M ± SD, n = 3)

Минералдық құрамды талдау (3-кесте) нәтижесінде, гранола магний және фосфорға бай. Магний жүйке-бұлшықет белсенділігін және энергетикалық алмасуды реттеуге қатысады, ал фосфор сүйек тіні мен жасушалық мембраналардың фосфолипидтерінің маңызды компоненті болып табылады. Бұл элементтердің жоғары мөлшері құрамға тұқымдар мен жаңғақтардың қосылуымен байланысты. №2 гранола үлгісінде темір мөлшері аздап жоғары, бұл оны қан түзу процестері мен оттегінің ағзаға тиімді тасымалдануы үшін қажетті осы

микроэлементтің қосымша көзі ретінде құндылығын арттырады.

Осылайша, зерттелген үлгілердің минералдық құрамы олардың тағамдық құндылығын толықтырып, өнімнің функционалдық қасиеттерін кеңейтуге ықпал етеді.

Гранола №1 және №2 үлгілеріндегі биологиялық белсенді заттарды анықтау нәтижелері 3-кестеде берілген. Көрсеткіштер M ± SD (n = 3) ретінде көрсетілген. 3-кестедегі деректерге сәйкес β-каротин, органикалық қышқылдар, полифенолдар және флавоноидтар мөлшері берілген.

Кесте 3. Гранола құрамындағы биологиялық белсенді заттардың мөлшері

Көрсеткіш	Гранола №1	Гранола №2
β-каротин, мг/кг	4,53 ± 0,07	4,34 ± 0,08
Органикалық қышқылдар, %	0,12 ± 0,01	0,15 ± 0,01
Полифенолдар, %	0,63 ± 0,02	0,91 ± 0,02
Флавоноидтар, %	0,41 ± 0,02	0,47 ± 0,02

3-кестеге сәйкес, гранола құрамында полифенолдар мен флавоноидтар бар. №2 гранола үлгісіндегі полифенолдар мен флавоноидтардың жоғары мөлшері антиоксиданттық белсенділігін көрсетті, бұл дәнді және өсімдік компоненттеріндегі фенолды қосылыстар негізгі антиоксиданттық компоненттер ретінде қарастырылады [10,11]. Мүкжидек концентраттарын қолдану тағамдық жүйелердегі фенолдық құрамға үлес қосады [12]. β-каротиннің болуы өнімнің биологиялық белсенді қосылыстар мөлшерін кеңейтеді. Осылайша, көп-

компонентті өсімдік қоспаларын қолдану макро- және микронутриенттер мөлшерін артырумен қатар биологиялық белсенді қосылыстар деңгейін де жоғарылатуға ықпал етеді.

Зерттелген үлгілердің қауіпсіздік көрсеткіштерін бақылау нәтижелері 4-кестеде берілген. 5-кестедегі деректерге сәйкес, гранола №1 және №2 үлгілерінде пестицидтер мен токсиндік элементтердің (Pb, Cd, As, Hg) мөлшері нормативтік шектермен салыстырмалы түрде көрсетілген.

Кесте 4. Granola №1 және Granola №2 үлгілерінің қауіпсіздік көрсеткіштері

Көрсеткіш	Гранола №1	Гранола №2	Норматив
Пестицидтер	анықталмады	анықталмады	рұқсат етілмейді
Қорғасын	0,0025 ± 0,0002	0,0028 ± 0,0001	≤ 0,1
Кадмий	анықталмады	анықталмады	≤ 0,05
Күшән	анықталмады	анықталмады	≤ 0,2
Сынап	анықталмады	анықталмады	≤ 0,03

Нәтижесінде, токсиндік элементтердің алынған мәнделері тағам өнімдері үшін қолданыстағы нормативтік құжаттармен белгіленген шекті рұқсат етілген деңгейден едәуір төмен. Сонымен қатар, Cd, As және Hg болмауы ерекше маңызды, өйткені өсімдік ингредиенттері қоршаған ортадан контаминанттарды жинақтауы мүмкін.

Осылайша, токсикологиялық бақылау нәтижелері зерттелген үлгілердің қауіпсіздік талаптарына сәйкес келетінін растайды және оларды күнделікті тұтынуға ауыр металдардың жинақталуы тәуекелсіз рационда қолдануға болатындығын көрсетеді.

Зертханалық сынақтардың нәтижелері көрсеткендей, №2 гранола үлгісінде ақуыз 13,69%, май 15,44%, көмірсу 47,84% және тағамдық талшықтар 8,31% мөлшерінде, ал №1 гранола үлгісінде сәйкесінше 13,03%, 15,60%, 44,43% және 7,42% құрайды (1-кесте). Осылайша, №2 үлгісі тағамдық талшықтар мөлшері жоғары болғаны анықталды [8].

№2 гранола үлгісінде А витаминінің мөлшері статистикалық маңызды түрде №1 үлгісінен жоғары, ал Е витаминінің мөлшері төмен екені анықталды (2-кесте). Токоферол-

дар (Е витамині) тағамдық жүйелерде антиоксиданттық қорғанысқа қатысатын қосылыстарға жататындықтан, анықталған айырмашылықтар рецептурадағы жаңғақ-майлы компоненттер мен мүкжидек концентратының қатынасының ерекшеліктерін көрсетуі мүмкін [9].

№2 үлгідегі полифенолдар мен флавоноидтардың жалпы мөлшерінің артуы (3-кесте) дәнді дақылдар мен өсімдік компоненттері (мүкжидек концентраты) антиоксиданттық белсенділіктің көзі ретінде қарастырылатын фенолдық қосылыстар туралы мәліметтермен сәйкес келеді [10,11,12]. Өнімнің полифенолдық құрамына қосымша үлес жеміс-жидек компоненттері арқылы қамтамасыз етеді, олардың полифенолдық құрамы мен антиоксиданттық сипаттамалары сипатталған [13,14, 15].

Минералдық құрам (3-кесте) екі үлгіден де Mg және P жоғары деңгейде екенін көрсетті, сонымен қатар №2 үлгісінде Mg және Fe мөлшері салыстырғанда статистикалық маңызды түрде артқаны байқалды, бұл минералдық заттардың көзі ретінде тұқымдар мен жаңғақтардың қосылуымен байланысты.

Токсикологиялық бақылау нәтижелері зерттелген үлгілердің қауіпсіздігін растайды:

пестицидтер анықталмаған, Cd, As және Hg анықталмаған, ал Pb мөлшері нормативтік шектерден едәуір төмен (5-кесте). Жалпы алғанда, алынған деректер көпкомпонентті өсімдік қоспаларын қолдану тағамдық талшықтар мен биологиялық белсенді фенолдық қосылыстар мөлшерін арттыруға мүмкіндік беретінін, сонымен қатар тағамдық құндылықты сақтап, қауіпсіздік талаптарына сәйкес келетінін көрсетеді [11].

Қорытынды

Зерттеудің мақсаты - көпкомпонентті өсімдік қоспаларын қолдану арқылы дайындалған граноланың (№1 және №2 үлгілері) химиялық құрамы, витаминдік және минералдық сипаттамасы, биологиялық белсенді заттар мөлшері және қауіпсіздік көрсеткіштерін салыстырмалы бағалау болды. Мақсатқа жету үшін кешенді аналитикалық әдістер қолданылды: ақуыз, май, көмірсу және тағамдық талшықтар мөлшерін анықтау, витаминдер мен минералдық элементтерді аспаптық әдіспен өлшеу, биологиялық белсенді қосылыстарды (полифенолдар, флавоноидтар, β-каротин) бағалау, сондай-ақ токсиндік элементтер мен пестицидтер бойынша қауіпсіздік бақылауы және алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу (t-тест, $p < 0,05$).

Нәтижесінде, екі үлгі де ақуызға бай және май мөлшері салыстырмалы бірдей деңгейде болды. №2 үлгісі тағамдық талшықтар мөлшері жоғары болуымен ерекшеленеді, бұл өнімнің функционалдық бағыттылығын күшейтеді. Витаминдік сипаттама №2 үлгісінде А витаминінің статистикалық маңызды өсуін, Е витаминінің азаюын, ал №2 үлгідегі жалпы полифенолдар мен флавоноидтар мөлшері №1-ге қарағанда жоғары болып, фенолдық қосылыстардың антиоксиданттық белсенділігі жоғары екенін көрсетеді. Екі үлгінің минералдық құрамында Mg және P жоғары деңгейде болды, сонымен қатар №2 гранолада Mg және Fe мөлшері №1-ге қарағанда артқаны анықталды.

Токсикологиялық бағалау зерттелген үлгілердің қауіпсіздігін растады: пестицидтер анықталмаған, Cd, As және Hg жоқ, ал Pb мөлшері өте төмен деңгейде болып, қолданыстағы нормативтік шектерден едәуір төмен екені анықталды.

Жалпы, алынған нәтижелер көпкомпонентті өсімдік қоспаларын қолданған рецептураның граноланың функционалды маңыздылығы көрсеткіштерін - тағамдық талшықтар мен фенолдық қосылыстарды мақсатты түрде жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Алғыс, мүдделер қақтығысы, қаржыландыру

Ұсынылған зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі «АР22786450 «Көп компонентті қоспалар мен биологиялық белсенді қоспаларды пайдалана отырып функционалды тағзы ас өнімдері (гранола, снектер) технологиясын жасау» 2024-2026 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде жасалынды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Иванова И.С., Петрова А.А. Современные тенденции развития функциональных пищевых продуктов // Пищевая промышленность.-2020.-№5.-С. 12–16.
2. Бесолова Б.В.; Конько Е.А. Аналитический обзор использования пищевых продуктов для спортсменов под общим названием «гранола». //Молодой ученый, 2020.-№ 21.-С. 232–233. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/311/70557/>
3. Касьянов Г.И.; Ольховатов Е.А.; Сакибаев К.Ш. Инновации в технологии производства сухих завтраков. //Научный журнал КубГАУ.-2017.-№ 130.-С. 1–12. Режим доступа: <https://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/67.pdf>
4. Демченко Е.А.; Савенкова Т.В. Зерновые завтраки как неотъемлемая часть здорового питания. //Пищевая промышленность. Наука и технологии, 2021.-Т. 14. -С. 6–11.
5. Steinert, R.E.; Raederstorff, D.; Wolever, T.M. Effect of Consuming Oat Bran Mixed in Water before a Meal on Glycemic Responses in Healthy Humans—A Pilot Study. *Nutrients* 2016, 8, 524.
6. Mir, N.A.; Yousuf, B.; Gul, K.; Riar, C.S.; Singh, S. Cereals and Pseudocereals: General Introduction, Classification, and Nutritional Properties. In *Food Bioactives*; Apple Academic Press: Palm Bay, FL, USA, 2019; pp. 281–322.
7. Raut, B.N.; Sakhale, B.K.; Vairagar, P.R.; Waghchaure, R.S.; Quadri, A.S. Young Cereal Grains: The Emerging Nutraceuticals. In *Traditional Foods: The Reinvented Superfoods*; Springer: Berlin/ Heidelberg, Germany, 2024; pp. 207–223.
8. Беркотова Л.В. Содержание пищевых волокон в зерновых продуктах прикорма. //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2021. -Т. 83. -С. 154–159.
9. Górnaś, P.; Radenkovs, V.; Pugajeva, I.; Soliven, A.; Needs, P.W.; Kroon, P.A. Varied Composition of Tocochromanols in Different Types of Bran: Rye, Wheat, Oat, Spelt, Buckwheat, Corn, and Rice. *Int. J. Food Prop.* 2016, 19, 1757–1764.
10. Xie, F.; Lei, Y.; Han, X.; Zhao, Y.; Zhang, S. Antioxidant ability of polyphenols from black rice, buckwheat and oats: In vitro and in vivo. *Czech J. Food Sci.* 2020, 38, 242–247.
11. Nguyen, S.N.; Drawbridge, P.; Beta, T. Distribution of cereal phytochemicals and micro-

nutrients in whole grains: A review of nutraceutical, industrial, and agricultural implications. *Cereal Chem.* 2024, 101, 903–925.

12. Zoumpoulakis, P.; Sinanoglou, V.J.; Siapi, E.; Heropoulos, G.; Proestos, C. Evaluating Modern Techniques for the Extraction and Characterisation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds Phenolics. *Antioxidants* 2017, 6, 46

13. Forney, C.F.; Kalt, W.; Jordan, M.A.; Vinqvist-Tymchuk, M.R.; Fillmore, S.A.E. Blueberry and cranberry fruit composition during development. *J. Berry Res.* 2012, 2, 169–177.

14. Kierońska, E.; Skoczylas, J.; Dziadek, K.; Pomietło, U.; Piątkowska, E.; Kopeć, A. Basic Chemical Composition, Selected Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity in Various Types of Currant (*Ribes* spp.) Fruits. *Appl. Sci.* 2024, 14, 8882.

15. Dzah C. S., Duan Y., Zhang H., Wen C., Zhang J., Chen G., Ma H. The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience.* 2020;35:100547.

REFERENCES

1. Ivanova I.S., Petrova A.A. → *Sovremennyye tendentsii razvitiya funktsional'nykh pishchevykh produktov* [Modern Trends in the Development of Functional Food Products], *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2020, № 5, S. 12–16 (In Russian).

2. Besolova B.V., Kon'ko E.A. → *Analiticheskiy obzor ispol'zovaniya pishchevykh produktov dlya sportsmenov pod obshchim nazvaniem "granola"* [Analytical Review of the Use of Food Products for Athletes under the General Name "Granola"], *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2020, № 21, S. 232–233. Dostup: <https://moluch.ru/archive/311/70557/> (In Russian).

3. Kasyanov G.I., Ol'khovtov E.A., Sakibayev K.Sh. → *Innovatsii v tekhnologii proizvodstva sukhikh zavtrakov* [Innovations in the Technology of Breakfast Cereals Production], *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubGAU], 2017, № 130, S. 1–12. Dostup: <https://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/67.pdf> (In Russian).

4. Demchenko E.A., Savenkova T.V. → *Zernovye zavtraki kak neot'emlemaya chast' zdorovogo pitaniya* [Cereal Breakfasts as an Integral Part of Healthy Nutrition], *Pishchevaya promyshlennost'. Nauka i tekhnologii* [Food Industry. Science and Technology], 2021, T. 14, S. 6–11 (In Russian).

5. Steinert R.E., Raederstorff D., Wolever T.M. → *Effect of Consuming Oat Bran Mixed in Water*

before a Meal on Glycemic Responses in Healthy Humans — A Pilot Study, *Nutrients*, 2016, 8, 524.

6. Mir N.A., Yousuf B., Gul K., Riar C.S., Singh S. → *Cereals and Pseudocereals: Genera Introduction, Classification, and Nutritional Properties*, In: *Food Bioactives*, Apple Academic Press: Palm Bay, FL, USA, 2019, pp. 281–322.

7. Raut B.N., Sakhale B.K., Vairagar P.R., Waghchaure R.S., Quadri A.S. → *Young Cereal Grains: The Emerging Nutraceuticals*, In: *Traditional Foods: The Reinvented Superfoods*, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2024, pp. 207–223.

8. Berkotova L.V. → *Soderzhanie pishchevykh volokon v zernovykh produktakh prikorma* [Dietary Fiber Content in Cereal Complementary Foods], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies], 2021, T. 83, S. 154–159 (In Russian).

9. Górnaś P., Radenkovs V., Pugajeva I., Soliven A., Needs P.W., Kroon P.A. → *Varied Composition of Tocochromanols in Different Types of Bran: Rye, Wheat, Oat, Spelt, Buckwheat, Corn, and Rice*, *Int. J. Food Prop.*, 2016, 19, 1757–1764.

10. Xie F., Lei Y., Han X., Zhao Y., Zhang S. → *Antioxidant Ability of Polyphenols from Black Rice, Buckwheat and Oats: In Vitro and In Vivo*, *Czech J. Food Sci.*, 2020, 38, 242–247.

11. Nguyen S.N., Drawbridge P., Beta T. → *Distribution of Cereal Phytochemicals and Micronutrients in Whole Grains: A Review of Nutraceutical, Industrial, and Agricultural Implications*, *Cereal Chem.*, 2024, 101, 903–925.

12. Zoumpoulakis P., Sinanoglou V.J., Siapi E., Heropoulos G., Proestos C. → *Evaluating Modern Techniques for the Extraction and Characterisation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds Phenolics, Antioxidants*, 2017, 6, 46.

13. Forney C.F., Kalt W., Jordan M.A., Vinqvist-Tymchuk M.R., Fillmore S.A.E. → *Blueberry and Cranberry Fruit Composition during Development*, *J. Berry Res.*, 2012, 2, 169–177.

14. Kierońska E., Skoczylas J., Dziadek K., Pomietło U., Piątkowska E., Kopeć A. → *Basic Chemical Composition, Selected Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity in Various Types of Currant (*Ribes* spp.) Fruits*, *Appl. Sci.*, 2024, 14, 8882.

15. Dzah C. S., Duan Y., Zhang H., Wen C., Zhang J., Chen G., Ma H. The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience.* 2020;35:100547.

ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ МЕН РЕЖИМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Г.Н. ЖАКУПОВА , Т.Ч. ТУЛТАБАЕВА , А.Е., ШОМАН , Г.М. ТОКЫШЕВА ,
А.Х. МУЛДАШЕВА , А.Т. САФАНДЫҚ , А.Т. АХМЕТЖАНОВА* 

(КеАҚ «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті»,
Қазақстан Республикасы, 010000 Астана қ., Жеңіс 62 даңғылы)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: aygerim_talgatqyzy@mail.ru*

Жұмыста өсімдік шикізатынан және өсімдіктердің жасушалық (*in vitro*) дақылдарынан фенолдық қосылыстарды алудың дәстүрлі және заманауи әдістері қарастырылып, салыстырмалы талдау жүргізілді. Зерттеу нысандары ретінде *Hypericum perforatum* (шайқұрай), *Melilotus officinalis* (түйежоңышқа) және *Portulaca oleracea* (портулак) таңдалды. Зерттеудің өзектілігі табиғи фенолдық қосылыстарға антиоксиданттар мен функционалды ингредиенттер көзі ретінде сұраныстың артуымен, сондай-ақ оларды алудың тиімді, экономикалық және экологиялық қауіпсіз технологияларын әзірлеу қажеттілігімен негізделеді. Зерттеу мақсаты – биоактивті қосылыстардың шығымдылығы, тұрақтылығы және технологиялық тиімділігі тұрғысынан фенолдық қосылыстарды алудың оңтайлы әдісін анықтау. Жұмыста 70% этанол экстрагенті қолданылып, үш әдіс – мацерация, Сокслет экстракциясы және ультрадыбыстық экстракция (UAE) – салыстырылды. Зерттеу нәтижелері бойынша фенолдық қосылыстардың ең жоғары мөлшері Сокслет әдісі арқылы алынғаны анықталды: табиғи өсімдік шикізатында *Hypericum perforatum* үшін $61,2 \pm 2,4$ мг GAE/г, *Melilotus officinalis* үшін $56,3 \pm 1,9$ мг GAE/г және *Portulaca oleracea* үшін $45,7 \pm 1,5$ мг GAE/г көрсеткіштері тіркелді. Ультрадыбыстық экстракция әдісі сәйкесінше $58,4 \pm 2,1$; $44,1 \pm 1,5$ және $32,8 \pm 1,1$ мг GAE/г мәндерін көрсетті, бұл мацерация әдісіне қарағанда жоғары, бірақ Сокслеттен төмен нәтиже береді. Мацерация кезінде ең төмен көрсеткіштер байқалды ($24,2$ – $42,6$ мг GAE/г диапазонында). *In vitro* дақылдарынан алынған сығындыларда фенолдық қосылыстар мөлшері табиғи өсімдік шикізатымен салыстырғанда орта есеппен 10–20% төмен екені анықталды. Экстракция параметрлерін оңтайландыру нәтижесінде фенолдық қосылыстарды тиімді алу үшін 70% этанол және 50–70 °C температура диапазоны оңтайлы екені анықталды, бұл жағдайда максималды мәндер 70 °C температурада тіркелді. Салыстырмалы талдау көрсеткендей, Сокслет әдісі максималды шығымдылықты қамтамасыз етеді, алайда жоғары температура мен энергия шығынын талап етеді. Ал ультрадыбыстық экстракция әдісі шығымдылығы сәл төмен болғанымен, экстракция уақытының қысқалығы (30 мин), еріткіш шығынының аздығы және биологиялық белсенді қосылыстардың сақталуы тұрғысынан анағұрлым тиімді және перспективалы болып табылады. Осылайша, зерттеу нәтижелері фенолдық қосылыстарды алу әдісін таңдау нақты мақсатқа байланысты болуы тиіс екенін көрсетті: максималды шығымдылық үшін – Сокслет әдісі, ал технологиялық тиімділік, энергия үнемділігі және өнім сапасын сақтау үшін ультрадыбыстық экстракция әдісі ұсынылады. Алынған нәтижелер тағам өнеркәсібінде және функционалды өнімдер өндірісінде өсімдік сығындыларын алу технологияларын әзірлеуде қолданылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: *Hypericum perforatum*, *melilotus officinalis* және *portulaca oleracea*, фенолдық қосылыстар, мацерация, экстракция.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И РЕЖИМОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Г.Н. ЖАКУПОВА, Т.Ч. ТУЛТАБАЕВА, А.Е. ШОМАН, Г.М. ТОКЫШЕВА,
А.Х. МУЛДАШЕВА, А.Т. САФАНДЫҚ, А.Т. АХМЕТЖАНОВА*

(АО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Республика
Казахстан, 010000, г. Астана, проспект Женис, 62.)

Электронная почта автора-корреспондента: aygerim_talgatqyzy@mail.ru*

В работе рассмотрены традиционные и современные методы получения фенольных соединений из растительного сырья и клеточных (*in vitro*) культур растений и проведен сравнительный анализ. В качестве объектов исследования были выбраны *Hypericum perforatum* (чайный гриб), *Melilotus officinalis* (вербейник) и *Portulaca oleracea* (портулак). Актуальность исследования обусловлена возросшим спросом на природные фенольные соединения как источники антиоксидантов и функциональных ингредиентов, а

также необходимостью разработки эффективных, экономически и экологически безопасных технологий их получения. Цель исследования – определение оптимального способа получения фенольных соединений с точки зрения выхода, стабильности и технологической эффективности биоактивных соединений. В работе использовался 70% этаноловый экстрагент, и сравнивались три метода – мацерация, экстракция Сокслетом и ультразвуковая экстракция (UAE). По результатам исследования установлено, что наибольшее количество фенольных соединений получалось методом Сокслета: в натуральном растительном сырье были зарегистрированы показатели $61,2 \pm 2,4$ мг GAE/g для *Hypericum perforatum*, $56,3 \pm 1,9$ мг GAE/g для *melilotus officinalis* и $45,7 \pm 1,5$ мг GAE/g для *Portulaca oleracea*. Метод ультразвуковой экстракции показал значения GAE/g $58,4 \pm 2,1$; $44,1 \pm 1,5$ и $32,8 \pm 1,1$ мг соответственно, что выше, чем у метода мацерации, но ниже, чем у Сокслета. Самые низкие показатели наблюдались при мацерации (в диапазоне 24,2-42,6 мг GAE/g). Было обнаружено, что в экстрактах, полученных из культур *In vitro*, содержание фенольных соединений в среднем на 10-20% ниже, чем в натуральном растительном сырье. В результате оптимизации параметров экстракции было обнаружено, что для эффективного получения фенольных соединений оптимальным является 70% этанол и температурный диапазон 50-70 °C, при этом максимальные значения регистрировались при 70 °C. Сравнительный анализ показал, что метод Сокслета обеспечивает максимальную урожайность, однако требует высоких температур и энергозатрат. И хотя метод ультразвуковой экстракции имеет немного более низкий выход, он более эффективен и перспективен с точки зрения короткого времени экстракции (30 минут), меньшего расхода растворителя и сохранения биологически активных соединений. Таким образом, результаты исследования показали, что выбор способа получения фенольных соединений должен зависеть от конкретной цели: для максимального выхода – метод Сокслета, а для технологической эффективности, энергоэффективности и сохранения качества продукции – предлагается метод ультразвуковой экстракции. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий получения растительных экстрактов в пищевой промышленности и производстве функциональных продуктов.

Ключевые слова: *hypericum perforatum*, *melilotus officinalis* и *portulaca oleracea*, фенольные соединения, мацерация, экстракция.

OPTIMIZATION OF METHODS AND MODES OF EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM PLANT RAW MATERIALS

G.N. ZHAKUPOVA, T.Ch. TULTABAYEVA, A.E. SHOMAN, G.M. TOKYSHEVA,
A.H. MULDASHEV, A.T. SAGANDYK, A.T. AKHMETZHANOVA*

(JSC «S. Seifullin Kazakh agrotechnical research University», Republic of Kazakhstan,
010000, Astana, Zhenis ave., 62)

Corresponding author's e-mail: aygerim_talगतqyzy@mail.ru*

*The paper considers traditional and modern methods of obtaining phenolic compounds from plant raw materials and cellular (in vitro) plant cultures and provides a comparative analysis. Hypericum perforatum (kombucha), Melilotus officinalis (verbena) and Portulaca oleracea (purslane) were selected as the objects of research. The relevance of the study is due to the increased demand for natural phenolic compounds as sources of antioxidants and functional ingredients, as well as the need to develop effective, economically and environmentally friendly technologies for their production. The purpose of the study – determination of the optimal method for obtaining phenolic compounds in terms of yield, stability and technological effectiveness of bioactive compounds. 70% ethanol extractant was used in the work, and three methods were compared – maceration, Soxlet extraction and Ultrasonic extraction (UAE). According to the results of the study, the largest amount of phenolic compounds was obtained by the Soxlet method: in natural plant raw materials, 61.2 ± 2.4 mg GAE/g for *Hypericum perforatum*, 56.3 ± 1.9 mg GAE/g for *melilotus officinalis* and 45.7 ± 1.5 mg GAE/g for *Portulaca oleracea* were recorded. The ultrasonic extraction method showed GAE/g values of 58.4 ± 2.1 ; 44.1 ± 1.5 and 32.8 ± 1.1 mg, respectively, which is higher than that of the maceration method, but lower than that of Soxlet. The lowest values were observed during maceration (in the range of 24.2-42.6 mg GAE/g). It was found that in extracts obtained from *In vitro* cultures, the content of phenolic compounds is on average 10-20% lower than in natural plant raw materials. As a result of optimization of extraction parameters, it was found that 70% ethanol and a temperature range of 50-70 °C are optimal for the effective production of phenolic compounds, while the maximum values were recorded at 70 °C. Comparative analysis has shown that the Soxlet method provides maximum yield, but requires high temperatures and energy consumption. Although the ultrasonic extraction method has a slightly lower yield, it is more effective and promising*

in terms of a short extraction time (30 minutes), lower solvent consumption and preservation of biologically active compounds. Thus, the results of the study showed that the choice of a method for producing phenolic compounds should depend on a specific goal: for maximum yield, the Soxhlet method is used, and for technological efficiency, energy efficiency and product quality preservation, the ultrasonic extraction method is proposed. The results obtained can be used in the development of technologies for the production of plant extracts in the food industry and the production of functional products.

Key words: *hypericum perforatum, melilotus officinalis және portulaca oleracea, phenolic compounds, maceration, extraction.*

Kіріспе

Қазақстан Республикасында ғылыми зерттеулерді қолдаудың, технологиялық дамудың және азық-түлік қауіпсіздігін нығайтудың маңызды элементі агроөнеркәсіптік кешенді және тамақ өңдеу өнеркәсібін дамытуға бағытталған мемлекеттік саясат болып табылады. Негізгі бағыттардың бірі Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2024 жылғы 28 маусымдағы №512 қаулысымен бекітілген Ауыл шаруашылығы өнімдерін қайта өңдеуді дамытудың 2024-2028 жылдарға арналған Кешенді жоспарын іске асыру болып табылады, ол қайта өңдеу қуаттарын жаңғырту және кеңейту, азық-түлік өнімдерінің қосылған құнын арттыру және саланы технологиялық жаңартуды ынталандыру жөніндегі шараларды көздейді [1].

Бұдан басқа, 2025 жылы Қазақстан Республикасының Үкіметі кредиттер бойынша пайыздық мөлшерлемелерді субсидиялауға, тамақ өнеркәсібі кәсіпорындарын жаңғыртуды жеңілдетілген қаржыландыруға және инновациялық технологияларды енгізуді ынталандыруға бағытталған тамақ өнеркәсібін дамытуға 44 млрд теңге бөлді, бұл импортты алмастыру, отандық өнімдердің бәсекеге қабілеттілігін арттыру және елдің азық-түлік тәуелсіздігін нығайту жөніндегі мемлекеттік стратегияның бір бөлігі болып табылады [2].

Кешенді мемлекеттік шаралар сонымен қатар ауыл шаруашылығы шикізатын қайта өңдеу кезінде қаржылық және нормативтік қолдауды, азық-түлік өнімдерін өндіруге инвестицияларды ынталандыруды және қайта өңделген өнім экспортын кеңейтуді қамтиды, бұл биологиялық белсенді заттар мен тағамдық ингредиенттерді қайта өңдеудің барлық кезеңдерінде заманауи технологиялық шешімдерді енгізу үшін қолайлы жағдайлар жасайды.

Мацерация және Сокслет (аппарат Сокслет) экстракциясы сияқты дәстүрлі экстракция әдістері қарапайымдылығы мен қол жетімділігіне байланысты фитохимияда маңызды болып табылады. Мацерация өсімдік материалын еріткіште бөлме температурасында ұзақ уақыт әдетте 24-72 сағат бойы жібітуді

қамтиды, бұл еритін заттардың еріткіш диффузиясына мүмкіндік береді. Бұл әдіс әсіресе термолабильді қосылыстар үшін өте қолайлы, өйткені ол *H. perforatum* құрамындағы гиперидин сияқты сезімтал биоактивті заттарды ыдырататын жоғары температурадан аулақ болады. Негізгі артықшылықтарға төмен шығындар, жабдыққа қойылатын минималды талаптар және полярлы және жартылай полярлы қосылыстар үшін тиімді су, этанол немесе олардың қоспалары сияқты еріткіштердің кең ауқымын пайдалану мүмкіндігі жатады [3]. Алайда, мацерация ұзақ уақыт экстракциядан, еріткіштің жоғары ағынынан және интенсивті әдістермен салыстырғанда төмен өнімділіктен зардап шегеді, бұл көбінесе толық емес экстракцияға және ұзақ өңдеу процесінде микробтардың ластану қаупіне әкеледі [4-5]. *P. oleracea* зерттеулерінде көлемді шектейтін 48 сағатты қажет етті, 80% метанолмен мацерация фенолдардың орташа жалпы құрамын (TPC) бір граммға шамамен 5,11 мг галл қышқылының эквивалентін (мг GAE/г) қамтамасыз етті [6].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу әдістері

Бастапқы өсімдік шикізатын алу үшін Орталық Қазақстанның табиғи жағдайында белсенді гүлдену кезеңінде жиналған өсімдіктердің кептірілген жер үсті бөліктері пайдаланылды. *In vitro* жасуша дақылдары биомассаның тұрақты өсуін қамтамасыз ететін оңтайлы концентрацияда 2,4-Д және кинетин қосылған мурасиге және Скуга (MS) қоректік ортасында каллус тінін өсіру арқылы алынды [8-9]. Шикізат 40 °С-тан аспайтын температурада кептіріліп, 0,5–1,0 мм фракцияға дейін ұнтақталған.

Экстракция үш схема бойынша жүргізілді:

1. Мацерация: 5 г өсімдік шикізаты 100 мл 40% этанол құйып, 25 °С температурада 24 сағат бойы тұрақты араластырумен ұсталды.

2. Сокслет әдісі: 5 г шикізатты алу Сокслет аппаратында 6 сағат еріткіштің қайнау температурасында (шамамен 78 °С) жүргізілді.

3. Ультрадыбыстық экстракция (UAE): 5 г шикізат ультрадыбыстық ваннада 30 минут ішінде 50 °С температурада 100 мл 40% этанолға алынды (жиілігі 40 кГц, қуаты 150 Вт).

Экстракциядан кейін барлық ерітінділер сүзіліп, тұрақты көлемге жеткізілді. Жалпы фенолдық қосылыстардың саны (TPC) стандарт ретінде галл қышқылын қолдана отырып, Фолин–Чокальтеу колориметриялық әдісімен анықталды. Оптикалық тығыздық 765 нм - де өлшенді. Нәтижелер бір грамм құрғақ затқа (мг GAE/г) мг галл қышқылында көрсетілген. (Зерттеу барысында фенолдық қосылыстардың мөлшері мг GAE/г құрғақ зат бірлігінде анықталды).

Бұл зерттеудің мақсаты өсімдік шикізатынан (*Hypericum Perforatum* (шәйқурай), *Melilotus Officinalis* (түйежоңышқа) және *Portulaca Oleracea* (портулак)) фенолдық қосылыстарды одан әрі сүт өнімдерін байытушы ретінде пайдалану үшін алудың ең жақсы әдісін анықтау болды. Салыстыру үшін үш түрлі әдіс қолданылды: мацерация, Сокслет экстракциясы және ультрадыбыстық экстракция (UAE). Экстрагент ретінде 70% этанол қолданылды, өйткені бұл еріткіш жоғары полярлықты, қауіпсіздікті және фенол мен флавоноидты қосылыстардың кең спектрін алу қабілетін біріктіретін әмбебап қасиеттерге ие [10-11].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Өсімдік шикізатынан биологиялық белсенді заттарды (ББЗ) алу тағамдық қоспаларды, функционалды өнімдерді және тамақ өнер-

кәсібіне арналған ингредиенттерді өндірудегі маңызды қадам болып табылады. Өсімдік материалдарында биоактивті қосылыстардың кең спектрі бар - полифенолдар, флавоноидтар, кумариндер, каротиноидтар, витаминдер және антиоксидантты, қабынуға қарсы және иммуномодуляциялық белсенділігі бар басқа метаболиттер. Бұл заттарды тиімді алу үшін мақсатты қосылыстардың функционалды белсенділігін сақтай отырып және шығындарды азайта отырып, жоғары шығымдылығын қамтамасыз ететін әдістерді қолдану қажет [12-13].

Мацерация және Сокслет экстракциясы сияқты дәстүрлі экстракция әдістері қарапайымдылығы мен қол жетімділігіне байланысты кеңінен қолданылады. Мацерация өсімдік материалын еріткіште ұзақ уақыт бойы төмен температурада жібітуді қамтамасыз етеді, бұл әсіресе термолабильді қосылыстар үшін өте маңызды. Алайда, бұл әдіс ұзақ мерзімдермен, еріткіштің көп тұтынылуымен және көбінесе мақсатты заттардың төмен шығымдылығымен сипатталады. Еріткіштің үздіксіз айдау және конденсация цикліне негізделген Сокслет экстракциясы қосылыстардың толық алынуын қамтамасыз етеді, бірақ жоғары энергия шығынын қажет етеді және ыстыққа сезімтал (ББЗ) деградациясына әкелуі мүмкін [14-15].

Бұл деректерді жалпылау үшін әдебиеттерді шолудан алынған негізгі параметрлерге негізделген әдістерді бағалайтын салыстырмалы кесте (1-кесте) берілген.

Кесте 1. Экстракция әдістерінің салыстырмалы сипаттамалары

Әдіс	Экстракция уақыты	Еріткіш шығыны	Шығу тиімділігі	Энергия тұтыну	Термолабильді қосылыстар үшін жарамдылық	Экологиялық әсер
Мацерация	Жоғары (24–72 с.)	Жоғары	Орташа	Төмен	Жоғары	Орташа (жоғары еріткіш қалдықтары)
Сокслет	Орташа (6–24 с.)	Жоғары	Жоғары	Жоғары	Төмен	Жоғары (улы еріткіштер, энергия)
UAE	Төмен (15–60 мин)	Төмен	Жоғары	Орташа	Жоғары	Төмен (жасыл технологияның әлеуеті)

Бұл кестеде суреттелген: мацерация және Сокслет сияқты дәстүрлі әдістер қол жетімділікке баса назар аударады, бірақ тиімділікті құрбан етеді, ал UAE сияқты заманауи тәсілдер шығу мен тұрақтылықты оңтайландыруды ұсынады. *H. perforatum* үшін (UAE) антиоксиданттар үшін оңтайлы; *M. officinalis* үшін Сокслет кумариндерге жарамды; және *P. oleracea* MAE үшін *Omega-3* экстракциясын күшейтеді. Тиімділікті салыстыру үшін үш түрлі әдіс қолданылды: мацерация, Сокслет экстракциясы және ультрадыбыстық экстракция (UAE). Бастапқы өсімдік шикізатын алу үшін Орталық Қазақстанның табиғи жағдайында белсенді гүлдену кезеңінде жиналған өсімдіктердің кептірілген жер үсті бөліктері пайдаланылды. "in vitro" жасуша дақылдары биомассаның тұрақты өсуін қамтамасыз ететін оңтайлы концентрацияда Мурасиге және Скут (MS) (MS+ метилжасмонат 0,1%) қоректік ортада өсімдік шикізатын өсіру арқылы алынды.

Жүргізілген зерттеу *Hypericum Perforatum*, *Melilotus officinalis* және *Portulaca Oleracea* дақылдарының "in vitro" өсімдік шикізатынан фенолдық қосылыстарды алу тиімділігі қолданылатын экстракция әдісіне айтарлықтай тәуелді екенін көрсетті. Өсімдік жасушалық дақылдарының өсімдік шикізатын алудың оңтайлы түрі мен технологиялық параметрлері

зерттеліп, таңдалды. Мацерация әдісі үшін экстракцияның оңтайлы параметрлері: температура 50 °С, этил спиртінде ұстау ұзақтығы 24 сағат (қараңғыда), stegler айналмалы буландыру қондырғысында экстракциялау ұзақтығы-30 мин. Перколяция әдісі үшін оңтайлы экстракция параметрлері: температура 40 °С, Сокслет аппаратында экстракция ұзақтығы 3-4 сағат. Ультрадыбыстық экстракция (UAE) әдісі үшін экстракцияның оңтайлы параметрлері: температура 50 °С, этил спиртінде экспозиция ұзақтығы 30 сағат (қараңғыда), ультрадыбыстық ваннада экстракция ұзақтығы 30 мин. Жалпы фенолдық қосылыстардың ең жоғары мәндері мацерация мен ультрадыбыстық экстракциямен салыстырғанда өнімділіктің 25-40% жоғарылауын қамтамасыз ететін перколяция әдісін қолдану арқылы алынады. "In vitro" дақылдары табиғи жағдайда жиналған өсімдіктермен салыстырғанда фенолдық заттардың жоғары құрамымен сипатталатыны анықталды, оларды пайдалану қайталану және қайталама метаболиттердің биосинтезін бағытталған реттеу мүмкіндігі тұрғысынан қызығушылық тудырады.

Жалпы антиоксидантты экстракцияның үш әдісінің салыстырмалы талдауының нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Өсімдіктердің әртүрлі түрлерінің өсімдік және In vitro шикізат сығындыларындағы жалпы фенолдық қосылыстардың (мг GAE/г құрғақ зат) құрамы

Өсімдік түрі	Өсімдіктер типі	Экстракция әдістері		
		Мацерация	Сокслет (аппаратом Сокслета)	Ультрадыбыс (UAE)
<i>Hypericum perforatum</i>	Табиғи өсімдік шикізаты	42,6 ± 1,3	61,2 ± 2,4	58,4 ± 2,1
<i>Hypericum perforatum</i>	In vitro өсірілген өсімдік шикізаты	36,9 ± 1,2	54,5 ± 2,0	49,8 ± 1,7
<i>Melilotus officinalis</i>	Табиғи өсімдік шикізаты	31,4 ± 0,9	56,3 ± 1,9	44,1 ± 1,5
<i>Melilotus officinalis</i>	In vitro өсірілген өсімдік шикізаты	27,6 ± 1,0	50,1 ± 1,6	39,7 ± 1,3
<i>Portulaca oleracea</i>	Табиғи өсімдік шикізаты	24,2 ± 0,8	45,7 ± 1,5	32,8 ± 1,1
<i>Portulaca oleracea</i>	In vitro өсірілген өсімдік шикізаты	20,5 ± 0,7	40,2 ± 1,3	28,1 ± 1,0

Сокслет әдісі фенолдық қосылыстарды алудың жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Табиғи өсімдік пен in vitro шикізатты салыстыру кезінде жасуша дақылдарының сығындыларындағы фенолдық қосылыстардың концентрациясы тұтас өсімдік материалының сығындыларымен салыстырғанда біршама төмен (орта есеппен 10-20 %) екені анықталды.

Бұл in vitro дақылдардағы жасушалардың толық емес дифференциациясына және табиғи ортадағы стресс факторларына ұшыраған өсімдіктермен салыстырғанда қайталама метаболизмнің салыстырмалы түрде төмен деңгейіне байланысты [16-17].

Сонымен қатар, in vitro дақылдардан алынған сығындылар құрамның көбеюімен

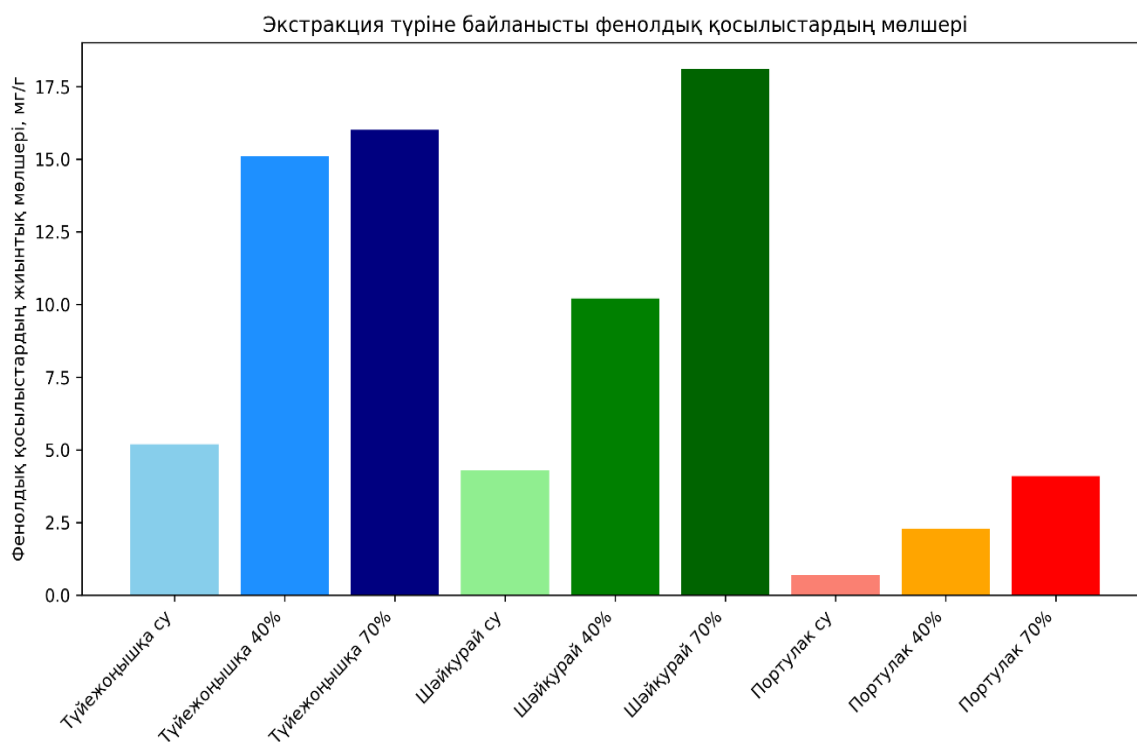
және тұрақтылығымен сипатталады, бұл шикізаттың бұл түрін стандартталған фитопрепараттар мен функционалды ингредиенттер үшін перспективалы етеді [18-19].

Фенолды қосылыстардың жалпы құрамының ең жоғары мәндері мацерация мен ультрадыбыстық экстракциямен салыстырғанда өнімділікті 25-40% арттыруды қамтамасыз ететін перколяция әдісін қолдану арқылы алынады. «in vitro» дақылдары табиғи жағдайда жиналған өсімдіктермен салыстырғанда фенолдық заттардың жоғары құрамымен сипатталатыны анықталды, олардың қолданылуы қайталану мүмкіндігі және қайталама метаболиттердің биосинтезін бағытталған реттеу тұрғысынан қызығушылық тудырады [20].

Демек, Сокслет аппаратындағы перколяция әдісі антиоксиданттық белсенділігі бар функционалды ингредиенттер мен сығындыларды жасауға арналған табиғи өсімдік және «in vitro» жасушалық материалдан биология-

лық белсенді қосылыстарды оқшаулаудың оңтайлы әдісі ретінде ұсынылады.

Сондықтан 70% этанолмен ультрадыбыстық экстракция функционалды ингредиенттер мен айқын антиоксиданттық белсенділігі бар сығындыларды жасауға арналған өсімдік және in vitro жасушалық материалдан биологиялық белсенді қосылыстарды оқшаулаудың оңтайлы әдісі ретінде ұсынылуы мүмкін. Алынған сығындылар құрғақ заттар мен полифенол қосылыстарының жалпы мөлшеріне тексерілді. Экстракция температурасы 30-70 °С аралығында зерттелді. Өсімдік шикізатынан қайталама метаболиттерді алу тиімділігі 30 °С, 40 °С, 50 °С, 60 °С, 70 °С температурада нәтижелер көрсеткендей, 70 °С температура оптималды болды, мацерацияның ұзақтығы 24 сағат, экстракция 10 минут сығындының көлемі 100 мл. нәтижелер деректері сурет-1 көрсетілген.



Сурет 1. Түйежоңышқа, шәйқурай және портулак сығындыларындағы құрғақ заттар мен фенолдық қосылыстардың жиынтық құрамы

Алынған нәтижелерге сәйкес, Сокслет әдісі барлық зерттелген өсімдіктер үшін фенолдық қосылыстардың ең жоғары шығымын қамтамасыз етті. Атап айтқанда, табиғи өсімдік шикізатында *Hypericum perforatum* үшін 61,2 мг GAE/г, *Melilotus officinalis* үшін 56,3 мг GAE/г және *Portulaca oleracea* үшін 45,7 мг GAE/г мәндері тіркелді. Бұл көрсеткіштер

мацерация және ультрадыбыстық экстракция нәтижелерінен жоғары.

Ультрадыбыстық экстракция (UAE) Сокслет әдісімен салыстырғанда біршама төмен нәтиже көрсеткенімен, мацерация әдісіне қарағанда жоғары тиімділік көрсетті. Сонымен қатар, бұл әдіс экстракция уақытын айтарлықтай қысқартуға (30 мин) және еріткіш шығынын азайтуға

мүмкіндік береді. УД әсерінен пайда болатын кавитациялық құбылыстар жасуша құрылымын бұзып, мақсатты қосылыстардың бөлінуін жеделдететіні белгілі.

Мацерация әдісі ең төмен көрсеткіштерді көрсетті, бұл оның ұзақ уақытты қажет етуімен және масса алмасу процесінің баяулығымен түсіндіріледі.

Табиғи өсімдік шикізаты мен *in vitro* дақылдарын салыстыру нәтижесінде, *in vitro* үлгілерінде фенолдық қосылыстар мөлшері орта есеппен 10–20% төмен екені анықталды. Бұл құбылыс жасушалардың толық дифференциацияланбауымен және табиғи стресс факторларының болмауымен түсіндіріледі. Дегенмен, *in vitro* дақылдары құрамының тұрақтылығымен және қайта өндірілу мүмкіндігімен ерекшеленеді.

Температуралық фактордың әсерін зерттеу нәтижесінде экстракция тиімділігі 30–70 °С диапазонында артатыны анықталды. Ең жоғары көрсеткіштер 70 °С температурада тіркелді, бұл еріткіштің диффузиялық қабілетінің артуымен және фенолдық қосылыстардың ерігіштігінің жоғарылауымен түсіндіріледі.

Экстрагент ретінде қолданылған этанол-су қоспалары ішінде 70% этанол барлық үлгілер үшін ең тиімді болды. Мысалы, шайқурай сығындысында фенолдық қосылыстар мөлшері 18,1 мг ГАЕ/г жетті, бұл басқа концентрациялармен салыстырғанда жоғары нәтиже көрсетті. Түйежоңышқа мен портулак үшін де ұқсас үрдіс байқалды.

Осылайша, алынған нәтижелер экстракция әдісін таңдауда тек шығымдылық емес, сонымен қатар уақыт, энергия шығыны және мақсатты қосылыстардың тұрақтылығы сияқты факторларды кешенді түрде ескеру қажеттігін көрсетеді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері *Hypericum perforatum*, *Melilotus officinalis* және *Portulaca oleracea* өсімдік шикізатынан фенолдық қосылыстарды алудың тиімділігі қолданылатын экстракция әдісіне тікелей тәуелді екенін көрсетті.

Салыстырмалы талдау нәтижесінде Сокслет әдісі фенолдық қосылыстардың ең жоғары шығымын қамтамасыз ететіні анықталды. Бұл әдіс әсіресе термостабильді қосылыстарды толық экстракциялау үшін тиімді болып табылады. Алайда, оның негізгі кемшіліктері ретінде жоғары температура, ұзақ уақыт және энергия шығынының көптігі анықталды.

Ультрадыбыстық экстракция (UAE) әдісі шығымдылығы жағынан Сокслеттен біршама төмен болғанымен, экстракция уақытының қысқалығы, энергия тиімділігі және экологиялық қауіпсіздігімен ерекшеленеді. Сондықтан бұл әдіс функционалды тағам өнімдерін өндіруде биологиялық белсенді қосылыстарды алудың перспективалы тәсілі ретінде қарастырылуы мүмкін.

Мацерация әдісі қарапайымдылығына қарамастан, ең төмен тиімділік көрсетті және өндірістік мақсатта қолдану үшін шектеулі болып табылады.

Температуралық және еріткіш факторларын оңтайландыру нәтижесінде 70% этанолды қолдану және 50–70 °С температура диапазоны фенолдық қосылыстарды тиімді экстракциялау үшін оңтайлы екені анықталды. *In vitro* өсірілген өсімдік шикізаты табиғи өсімдіктермен салыстырғанда фенолдық қосылыстардың төмен мөлшерін көрсеткенімен, олардың құрамының тұрақтылығы мен стандартталуы бұл шикізатты функционалды ингредиенттер алу үшін перспективалы етеді. Осылайша, экстракция әдісін таңдау нақты мақсатқа байланысты жүргізілуі тиіс: максималды шығымдылық қажет болған жағдайда – Сокслет әдісі, ал технологиялық тиімділік пен тұрақтылық маңызды болған жағдайда – ультрадыбыстық экстракция әдісі ұсынылады.

Алғыс, мүдделер қақтығысы (қаржыландыру)

Зерттеулер ИРН АР23489321 "In vitro өсірілетін өсімдік шикізатының қайталама метаболиттерін пайдалана отырып алынған функционалдық сүт өнімдерінің технологиясын әзірлеу" гранттық қаржыландыру жобасы шеңберінде орындалды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28.06.2024 № 512 «Об утверждении Комплексного плана по развитию переработки сельскохозяйственной продукции на 2024–2028 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000512> (дата обращения: 13.01.2026).
2. На поддержку пищевой промышленности в 2025 году выделили 44 млрд тенге [Электронный ресурс] // Kapital.kz. — 14.10.2025. — Режим доступа: <https://kapital.kz/economic/141476/napod-derzhku-pishevoj-promyshlennosti-v-2025-godu-vydilili-44-mlrd-tenge.html> (дата обращения: 13.01.2026).
3. Жакупова Г. Н. и др. Перспективы применения растений Северного Казахстана в производстве продуктов питания функционального назначения //Вестник Алматинского технологи-

ческого университета. – 2025. – Т. 147. – №. 1. – С. 99-106. doi:10.48184/2304-568X-2025-1-99-106

4. Petropoulos S. A. et al. Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part // *Antioxidants*. – 2019. – Т. 8. – №. 8. – С. 293. doi:10.3390/antiox8080293

5. Fernández-Poyatos M. P., Llorent-Martínez E. J., Ruiz-Medina A. Phytochemical composition and antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: Influence of the steaming cooking process // *Foods*. – 2021. – Т. 10. – №. 1. – С. 94. doi:10.3390/foods10010094

6. Alara O. R., Abdurahman N. H., Ukaegbu C. I. Extraction of phenolic compounds: A review // *Current research in food science*. – 2021. – Т. 4. – С. 200-214. doi: 10.1016/j.crfs.2021.03.011

7. Xu L., Wang X. A Comprehensive Review of Phenolic Compounds in Horticultural Plants // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Т. 26. – №. 12. – С. 5767. doi:10.3390/ijms26125767

8. Assouguem A. et al. Innovative approaches in the extraction, identification, and application of secondary metabolites from plants // *Phyton*. – 2025. – Т. 94. – №. 6. – С. 1631. doi:10.32604/phyton.2025.065750

9. Yüksel i. T. Automatic solvent extraction of bioactive molecules rich in phenolics and flavonoids from *hypericum perforatum* L.: optimization and multivariate analysis // *gida*. – 2025. – т. 50. – №. 6. – с. 1200-1219. doi:10.15237/gida.gd25123.

10. Zhang Q.-W. et al. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review // *Chin. Med.* 2018. Vol. 13. Art. 20. doi:10.1186/s13020-018-0177-x

11. Shen L. et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2023. – Т. 101. – С. 106646. doi:10.1016/j.jultsonch.2023.106646

12. Мулдашева А. и др. Исследование различных методов извлечения полифенолов из растительного сырья: исследование различных методов извлечения полифенолов из растительного сырья // *Наука и образование*. – 2025. – Т. 4. – №. 2 (79). – С. 76-84. doi:10.52578/2305-9397-2025-2-4-76-84

13. Lesellier E., Lefebvre T., Destandau E. Recent developments for the analysis and the extraction of bioactive compounds from *Rosmarinus officinalis* and medicinal plants of the Lamiaceae family // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2021. – Т. 135. – С. 116158. doi:10.1016/j.trac.2020.116158

14. Pingret D., Fabiano-Tixier A. S., Chemat F. Ultrasound-assisted extraction. – 2013. doi:10.1039/9781849737579-00089

15. Uwineza P.A., Waśkiewicz A. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 1–30. doi:10.3390/molecules25173847

16. Destandau E., Michel T. Microwave-assisted extraction. – 2022. doi:10.1039/9781849737579.

17. Wawrosch C., Zotchev S. B. Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies—status and outlook // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2021. – Т. 105. – №. 18. – doi:C. 6649-6668 10.1007/s00253-021-11539-w

18. Laina K. T. et al. Optimization of Combined Ultrasound and Microwave-Assisted Extraction for Enhanced Bioactive Compounds Recovery from Four Medicinal Plants: Oregano, Rosemary, Hypericum, and Chamomile // *Molecules*. – 2024. – Т. 29. – №. 23. – С. 5773. doi.org/10.3390/molecules29235773

19. Yusoff I. M. et al. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins // *Food research international*. – 2022. – Т. 157. – С. 111268. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111268

20. Dias Bertoco Júnior F. et al. Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds and Flavonoids from Banana Inflorescence and Characterization of Its Fibrous Residue // *Separations*. – 2025. – Т. 12. – №. 5. – С. 109. doi:10.3390/separations12050109

REFERENCES

1. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot [Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated] 28.06.2024 № 512 «Ob utverjdenii Kompleksnogo plana po razvitiyu pererabotki selskohozyaistvennoi produkcii na 2024–2028 godi» [On Approval of the Comprehensive Plan for the Development of Agricultural Product Processing for 2024-2028] [Elektronnii resurs]. – Rejim dostupa: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000512> (data obrascheniya: Access mode:13.01.2026). (In Russian)

2. Na podderjku pishevoi promishlennosti v 2025 godu videlili 44 mlrd tenge [44 billion tenge was allocated to support the food industry in 2025] // [Elektronnii resurs] // [Electronic resource]. Kapital.kz. – 14.10.2025. — Rejim dostupa: <https://kapital.kz/economic/141476/na-podderzhku-pishevoj-promyshlennosti-v-2025-godu-vydelili-44-mlrd-tenge.html> (data obrascheniya: Access mode: 13.01.2026). (In Russian)





3. Jakupova G. N. i dr. Perspektivi primeneniya rastenii Severnogo Kazahstana v proizvodstve produktov pitaniya funkcionalnogo naznacheniya [Prospects for the Use of Plants from Northern Kazakhstan in the Production of Functional Food Products] // *Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Almaty Technological University]. – 2025. – Т. 147. – №. 1. – С. 99-106. doi:10.48184/2304-568X-2025-1-99-106 (In Russian)

4. Petropoulos S. A. et al. Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part // *Antioxidants*. – 2019. – Т. 8. – №. 8. – С. 293. doi:10.3390/antiox8080293

5. Fernández-Poyatos M. P., Llorent-Martínez E. J., Ruiz-Medina A. Phytochemical composition and

- antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: Influence of the steaming cooking process // *Foods*. – 2021. – Т. 10. – №. 1. – С. 94. doi:10.3390/foods10010094
6. Alara O. R., Abdurahman N. H., Ukaegbu C. I. Extraction of phenolic compounds: A review // *Current research in food science*. – 2021. – Т. 4. – С. 200-214. doi: 10.1016/j.crfs.2021.03.011
7. Xu L., Wang X. A Comprehensive Review of Phenolic Compounds in Horticultural Plants // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Т. 26. – №. 12. – С. 5767. doi: 10.3390/ijms26125767
8. Assouguem A. et al. Innovative approaches in the extraction, identification, and application of secondary metabolites from plants // *Phyton*. – 2025. – Т. 94. – №. 6. – С. 1631. doi:10.32604/phyton.2025.065750
9. Yüksel i. T. Automatic solvent extraction of bioactive molecules rich in phenolics and flavonoids from *hypericum perforatum* L.: optimization and multivariate analysis // *gda*. – 2025. – т. 50. – №. 6. – с. 1200-1219. doi:10.15237/gda.gd25123.
10. Zhang Q.-W. et al. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review // *Chin. Med*. 2018. Vol. 13. Art. 20. doi:10.1186/s13020-018-0177-x
11. Shen L. et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2023. – Т. 101. – С. 106646. doi:10.1016/j.ultsonch.2023.106646
12. Muldasheva A. i dr. Issledovanie razlichnih metodov izvlecheniya polifenolov iz rastitelnogo sirya_ issledovanie razlichnih metodov izvlecheniya polifenolov iz rastitelnogo sirya [Research on various methods of extracting polyphenols from plant raw materials: Research on various methods of extracting polyphenols from plant raw materials] // *Nauka i obrazovanie [Science and Education.]*. – 2025. – Т. 4. – №. 2 (79). – С. 76-84. doi:10.52578/2305-9397-2025-2-4-76-84 (In Russian)
13. Lesellier E., Lefebvre T., Destandau E. Recent developments for the analysis and the extraction of bioactive compounds from *Rosmarinus officinalis* and medicinal plants of the Lamiaceae family // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2021. – Т. 135. – С. 116158. doi:10.1016/j.trac.2020.116158
14. Pingret D., Fabiano-Tixier A. S., Chemat F. Ultrasound-assisted extraction. – 2013. doi:10.1039/9781849737579-00089
15. Uwineza P.A., Waśkiewicz A. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 1–30. doi:10.3390/molecules25173847
16. Destandau E., Michel T. Microwave-assisted extraction. – 2022. doi:10.1039/9781849737579.
17. Wawrosch C., Zotchev S. B. Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies—status and outlook // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2021. – Т. 105. – №. 18. – doi:C. 6649-6668 10.1007/s00253-021-11539-w
18. Laina K. T. et al. Optimization of Combined Ultrasound and Microwave-Assisted Extraction for Enhanced Bioactive Compounds Recovery from Four Medicinal Plants: Oregano, Rosemary, Hypericum, and Chamomile // *Molecules*. – 2024. – Т. 29. – №. 23. – С. 5773. doi.org/10.3390/molecules29235773
19. Yusoff I. M. et al. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins // *Food research international*. – 2022. – Т. 157. – С. 111268. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111268
20. Dias Bertoco Júnior F. et al. Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds and Flavonoids from Banana Inflorescence and Characterization of Its Fibrous Residue // *Separations*. – 2025. – Т. 12. – №. 5. – С. 109. doi:10.3390/separations12050109

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБЕЗЖИРЕННОГО ПЕРСИКОВОГО ЙОГУРТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО СУБЛИМАЦИЕЙ

А.А. УСУПКОЖОЕВА* , Р.Ш. ЭЛЕМАНОВА ,
А. САБЫРБЕКОВА , А.А. ЭМИЛЬЕВА 

(Кыргызский Государственный Технический университет им. И. Разакова,
Кыргызстан, 720044, Бишкек, пр-т Ч.Айтматова, 66)

Электронная почта автора-корреспондента: anipa.usupkozhoeva@gmail.com*

В последние годы производители, расширяя ассортимент кисломолочной продукции функционального назначения все больше заинтересованы производить такие продукты в сухом виде с хорошими сенсорными показателями. Так, из многочисленных методов консервирования способ сублимации позволяет сохранять питательную ценность лучше, чем другие способы сушки, сохраняя фактический цвет и форму исходного сырья. В данной работе приведены результаты исследований влияния сублимационной сушки на показатели качества обезжиренного персикового йогурта функционального назначения. По результатам проведения сублимационной сушки был получен сублимированный йогурт, обогащенный соком персика. В целях предотвращения роста микроорганизмов и увеличения срока хранения продукта в работе подобраны оптимальные параметры процесса (давление $p=0,050$ тбар, температура конденсатора $t=-80^{\circ}\text{C}$), позволяющие получать продукт требуемого качества. Остаточная влажность сухого йогурта, оказывающая влияние на показатели качества, составила 3,1%, 3,5% и 3,8% для 3х образцов А, В, С в зависимости от толщины заранее замороженного продукта перед сушкой, которые составили 10 мм, 15 мм, 20 мм. Как показали исследования, продолжительность сушки зависела от толщины подготовленных замороженных образцов. Оптимальной и ресурсосберегающей можно отметить толщину замороженных заготовок 10 мм, продолжительность сушки при которой составила 27 часов. При толщине 15 мм и 20 мм продолжительность сушки варьировала от 32,2 до 36, 5 ч в зависимости от толщины образцов соответственно. Внесение персикового сока в количестве 20% от общей массы готового йогурта, изготовленного из обезжиренного молока, позволило повысить пищевую ценность конечного продукта за счет повышения содержания углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов.

Ключевые слова: сублимационная сушка, кисломолочный продукт, йогурт, пищевая ценность, качество, безопасность, сенсорные показатели.

ҚҰРҒАҚ МҰЗДАТУ ӘДІСІМЕН ӨНДІРІЛГЕН ФУНКЦИОНАЛДЫ ТӨМЕН МАЙЛЫ ӨРІК ЙОГУРТЫНЫҢ САПА ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

А.А. УСУПКОЖОЕВА*, Р.Ш. ЭЛЕМАНОВА,
А. САБЫРБЕКОВА, А.А. ЭМИЛЬЕВА

(И.Разаков атындағы Кыргыз мемлекеттік техникалық университеті,
Кыргызстан, 720044, Бишкек, Ш.Айтматов даңғылы, 66)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: anipa.usupkozhoeva@gmail.com*

Соңғы жылдары өндірушілер функционалдық ашытылған сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейткен сайын, оларды жақсы сенсорлық қасиеттері бар құрғақ түрде өндіруге барған сайын көбірек қызығушылық танытуда. Қолданыстағы көптеген сақтау әдістерінің ішінде мұздату арқылы кептіру басқа кептіру әдістеріне қарағанда қоректік құндылықты жақсырақ сақтайды және шикізаттың табиғи түсі мен пішінін сақтайды. Бұл мақала функционалдық мақсаттағы төмен майлы өрік йогуртінің сапа параметрлеріне мұздату арқылы кептірудің әсері туралы зерттеу нәтижелерін ұсынады. Мұздату кептіру процесі өрік шырынымен байытылған мұздатылған йогуртті алуға мүмкіндік берді. Микроорганизмдердің өсуін болдырмау және өнімнің сақтау мерзімін ұзарту үшін оңтайлы процесс

параметрлері (басымдық $p = 0,050$ мбар, конденсатор температурасы $t = -80$ °C) таңдалды, бұл қажетті сападағы өнімді өндіруге мүмкіндік берді. Құрғатылған йогурттағы қалдық ылғалдылық мөлшері, ол сапа көрсеткіштеріне әсер ететін, А, В және С үш үлгі үшін тиісінше 10 мм, 15 мм және 20 мм қалыңдықтағы алдын ала мұздатылған өнімге байланысты 3,1%, 3,5% және 3,8% болды. Зерттеулер көрсеткендей, кептіру уақыты дайындалған мұздатылған үлгілердің қалыңдығына тәуелді болды. 10 мм қалыңдықтағы мұздатылған үлгі 27 сағатта кепіп, оңтайлы әрі ресурс үнемді болып шықты. 15 мм және 20 мм қалыңдықтағы үлгілерді кептіру уақыты тиісінше 32,2–36,5 сағат аралығында өзгерді. Сүттен алынған майсыз йогурттың жалпы массасының 20%-ын құрайтын шабдалы шырынын қосу көмірсулар, витаминдер және макро- және микроэлементтер мөлшерін арттыра отырып, соңғы өнімнің қоректік құндылығын жоғарылатты.

Негізгі сөздер: сублимациялық кептіру, ашытылған сүт өнімі, йогурт, қоректік құндылығы, сапасы, қауіпсіздігі, сенсорлық сипаттамалары.

RESEARCH ON THE QUALITY PARAMETERS OF A FUNCTIONAL LOW-FAT PEACH YOGURT PRODUCED BY FREEZE-DRYING

A.A. USUPKOZHOEVA, R.SH. ELEMANOVA,
A. SABYRBEKOVA, A.A. EMILEVA

(Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov,
Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Aitmatova ave., 66)
Corresponding Author e-mail: anipa.usupkozhoeva@gmail.com

In recent years, as manufacturers have expanded their range of functional fermented milk products, they have become increasingly interested in producing these products in dried form with good sensory characteristics. Among the many preservation methods, freeze-drying preserves nutritional value better than other drying methods, while retaining the actual color and shape of the raw materials. This paper presents the results of studies on the effect of freeze-drying on the quality parameters of low-fat peach yogurt intended for functional use. As a result of the freeze-drying process, freeze-dried yogurt enriched with peach juice was obtained. To prevent microbial growth and extend the product's shelf life, optimal process parameters were selected (pressure $p = 0.050$ mbar, condenser temperature $t = -80$ °C), enabling the production of a product of the required quality. The residual moisture content of the dry yogurt, which affects quality indicators, was 3.1%, 3.5%, and 3.8% for the three samples A, B, and C, depending on the thickness of the pre-frozen product before drying, which was 10 mm, 15 mm, and 20 mm, respectively. As the studies showed, the drying time depended on the thickness of the prepared frozen samples. A frozen sample thickness of 10 mm was found to be optimal and resource-efficient, with a drying time of 27 hours. For thicknesses of 15 mm and 20 mm, the drying time ranged from 32.2 to 36.5 hours, depending on the sample thickness, respectively. The addition of peach juice in an amount equal to 20% of the total mass of the finished yogurt, made from skim milk, increased the nutritional value of the final product by raising the content of carbohydrates, vitamins, and macro- and micronutrients.

Keywords: freeze-drying, fermented milk product, yogurt, nutritional value, quality, safety, sensory characteristics.

Введение

Всем известно, что молочная продукция издревле считалась одной из самых полезных и необходимых продуктов для организма человека. Еще с раннего возраста материнское молоко выступает единственным продуктом и даже по завершению грудного вскармливания остается важной частью полноценного здорового питания [1–2]. Молоко содержит достаточное количество калия, кальция, магния, цинка, а также группы различных витаминов, которые помогают организму

нормально функционировать. Кроме этого, молоко богато пищеварительными ферментами, факторами роста и иммуноглобулинами, жирными кислотами, как омега-3 и линолевая кислота [3–4].

Среди молочных продуктов большой интерес представляют кисломолочные продукты, которые также содержат кальций и полноценный белок, участвующие в формировании мышц и костей. Регулярное употребление кисломолочной продукции защищает организм от разных заболеваний [5–8]. Такие

продукты могут быть изготовлены из молока всех домашних животных путем сквашивания и брожения под воздействием бифидо- и лактобактерий, а также дрожжей. Кисломолочные продукты отличаются от молочных прежде всего тем, что они содержат бактерии и ферменты, которые сквашивают натуральное молоко и лучше усваиваются организмом. Особой популярностью среди кисломолочных продуктов пользуется йогурт, получаемый с помощью ферментирования живыми бактериями.

В последние годы производство сухого йогурта функционального назначения имеет тенденцию своего развития, внося в продукт дополнительную пищевую ценность в виде природных витаминов. Поэтому исследования, направленные на поиск разработок новых технологий получения сухого йогурта, обогащенного различными ингредиентами для повышения качественных показателей достаточно актуальны. Многие ученые по результатам многолетних исследований подтверждают эффективность применения фруктовых добавок в различном состоянии при производстве сухого йогурта. Изучению технологии производства йогуртов с фруктовыми добавками и их последующее влияние на качество готовой продукции посвящены работы авторов Габдукаевой Л.З. и Нигъмезяновой Г.Г. Проведенные ими исследования показывают, что использование фруктовых добавок позволяет повысить биологическую ценность йогурта за счет богатого витаминного комплекса, макро- и микроэлементов и биологически активных веществ. Их применение придает готовым кисломолочным продуктам хорошие сенсорные показатели как насыщенный вкус, цвет и приятный аромат, свойственный свежему фрукту. Многие исследователи подтверждают, что молочнокислые продукты с фруктовыми добавками могут применяться также в качестве питания детского и лечебно-профилактического назначения [9].

Среди многих видов фруктов можно выделить персик, который находит широкое применение при производстве кисломолочной продукции. В плодах персиковых деревьев содержатся флавоноиды, каротиноиды, сахара,

доля которых в некоторых сортах может достигать до 20%. В 100 граммах свежих фруктов содержится около 15% суточной потребности человека в минерале, в сухих же персиках их значение значительно выше и составляет 80-85%. Этот фрукт рекомендуется практически всем, особенно детям, а также людям с ослабленным иммунитетом для улучшения их аппетита. Полезные свойства фрукта позволяют применять его при ревматических, сердечно-сосудистых болезнях, а также болезнях печени и желчного пузыря.

В последние годы производители, расширяя ассортимент молочнокислой продукции, все больше заинтересованы в том, чтобы их качество оставалось постоянным на протяжении всего периода гарантийного хранения. Предлагаемая на сегодня технология консервирования разнообразна, и из многочисленных методов способ сублимации занимает лидирующее место как способ, позволяющий получать продукт высокого качества. Этому способу консервации посвящены многочисленные работы авторов многих стран, которые еще раз подтверждают, что способ сохраняет питательную ценность лучше, чем другие способы, сохраняя фактический цвет и форму исходного сырья [10-12].

Резюмируя проведенный обзор, можно сделать вывод, что расширение ассортимента производства сублимированного йогурта, обогащенного фруктовыми добавками, позволит потребителям из разных регионов в разное время года употреблять кисломолочный продукт функционального назначения, создавая организму возможность пополнить запас необходимых витаминов, микро- и макроэлементов, укрепляя тем самым иммунитет.

Таким образом целью работы выступает исследование показателей качества персикового йогурта функционального назначения, полученного сублимационным способом.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования выбран йогурт, обогащенный соком персика. В качестве сырья для получения йогурта были использованы обезжиренное молоко и персиковый сок. Йогурт был получен по общепринятой технологии (рис 1).



Рисунок 1. Технологическая схема получения йогурта, обогащенного соком персика

Для получения йогурта требуемого качества было использовано сырье (молоко) высокого качества с минимальным количеством бактерий и посторонних примесей. Обезжиренное молоко, предназначенное для йогурта, было получено сепарированием после тепловой обработки молока-сырья до $t=40-45^{\circ}\text{C}$. Данная температура являлась оптимальной для сепарирования, т.к. плотность молока при данной температуре снижается вдвое, что облегчает процесс отделения механических примесей. В процессе сепарации молоко было разделено на сливки и обезжиренное молоко. Полученное обезжиренное молоко подвергалось пастеризации, которая проводилась согласно рекомендуемой температуре $t=87\pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 10 мин. Пастеризованную смесь охлаждали до $t=42\pm 2^{\circ}\text{C}$, далее в охлажденную смесь вносили турецкую закваску от Chr Hansen 1 г на 1 л. Как показали опыты, при нарушении данного соотношения в продукте появлялся резкий кисловатый вкус, а сам продукт обретал зернистую структуру, помимо этого отмечалось выделение определенного количества сыворотки (явление синерезиса). После вне-

сения закваски смесь перемешивалась в течение 10-15 мин для равномерного распределения закваски по всему объему.

Для получения йогурта высокого качества важным было достижение им определенной кислотности до охлаждения. Необходимая кислотность была обеспечена в течение 2,5 часа при $t=42^{\circ}\text{C}$. Охлаждение начали уже при кислотности 75°T , далее за время охлаждения она возросла до 92°T . Окончание сквашивания определяли по образованию сгустка, а также по кислотности сгустка. В охлажденный до $t=7^{\circ}\text{C}$ сгусток был внесен заранее подготовленный персиковый сок в количестве 20% от общей массы готового йогурта. Смесь подвергали смешиванию для придания однородной консистенции.

Полученный йогурт, обогащенный персиковым соком (состав готового йогурта на 100 г продукта: вода - 80,86 г, жир - 0,1 г, сухих веществ - 19,04 г., кислотность – 92°T) соответствовал требованиям стандарта и имел мягкий вкус и нежную однородную консистенцию.

Далее полученный йогурт подвергали сублимационной сушке. Эксперименты были проведены в сушилке „Zirbus“ (Германия),

которая имела базовый блок $VaCo5$, ледяной конденсатор ($-50^{\circ}C \div -80^{\circ}C$) и дополнительные аксессуары, позволяющие проводить сушку для широкого ассортимента продуктов, в том числе и кисломолочных продуктов с фруктовыми наполнителями.

Сублимационная сушка протекала в две фазы: подготовка продукта к замораживанию (заморозка) и сама сушка сублимацией, причем наиболее важным этапом в данном процессе являлся этап замораживания йогурта. Как отмечают многие авторы, при правильной подготовке продукта, т.е. замораживании, можно сократить время сушки на 30% [13-14].

Йогурт подвергали замораживанию для достижения состояния продукта, подходящего для процесса сублимации. Замораживание было произведено в морозильной камере при $t=-22^{\circ}C$, которая в дальнейшем обеспечивает сублимацию, а не плавление, что позволяет сохранить готовому продукту свою физическую форму. При этом скорость замерзания играла важную роль для предотвращения образования крупных кристаллов льда [15]. Были приготовлены к сушке образцы А, В, С 3х размеров: 10 мм, 15 мм, 20 мм с целью подбора оптимального и ресурсосберегающего параметра сушки (рис. 2).



Рисунок 2. Замороженные образцы А, В, С кубиков йогурта толщиной: 10 мм, 15 мм, 20 мм перед проведением процесса сублимационной сушки

Второй фазой сублимационной сушки выступил сам процесс сублимационной сушки (рис.3). В этой фазе давление понижалось до 0,050 mbar и вакуум ускорял процесс сублимации при температуре конденсатора $t=-80^{\circ}C$. Вакуумная система должна была поддерживать пониженное давление для того, чтобы йогурт оставался замороженным, пока вода присутствует во время сушки. Охлаждающий конденсатор в данном случае осуществлял конденсацию водяного пара, удаляемого из

продукта, поверхность которого должна была поддерживаться при более низкой температуре, чем лед внутри продукта, чтобы обеспечить процесс массопереноса. Холодный конденсатор в процессе сушки обеспечивал поверхность для прилипания и отверждения водяного пара. Помимо этого, конденсатор защищал вакуумный насос от водяного пара. Как показали результаты проведенных исследований, именно в этой фазе было удалено примерно $94 \pm 2\%$ воды в йогурте.



Рисунок 3. Процесс сублимационной сушки в сублимационной сушилке „Zirbus”

Результаты и их обсуждение

По итогам проведения сублимационной сушки был получен сублимированный йогурт, обогащенный соком персика (рис. 4). В рамках

сублимационной сушки установлены оптимальные параметры процесса, позволяющие получать продукт требуемого качества.



Рисунок 4. Полученный сублимированный йогурт, обогащенный соком персика (до и после измельчения): 1- образцы толщиной 15 и 20 мм, 2 – образцы толщиной 10 мм, 3 – измельченный йогурт

Так как качество является интегральным показателем, который определяется пищевой ценностью, безопасностью и сенсорными показателями продукта, то в работе были исследованы данные показатели. Все эти показатели в первую очередь зависели от параметров процесса сублимационной сушки.

Экспериментами было установлено, что увеличение толщины слоя ведет к повышению продолжительности сублимационной сушки (рис. 5). Наиболее оптимальной оказалась толщина 10 мм, при которой за 27 ч можно было получить сухой йогурт 3,1 % влажности с хорошими сенсорными показателями, отвечающими требованиям стандарта. При толщине

слоя замороженных кубиков йогурта 15 и 20 мм продолжительность сушки составляла 32,2 и 36,5 ч соответственно и для достижения остаточной влажности до достижения стандартных значений возникала необходимость в увеличении времени сушки продукта. Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что увеличение продолжительности сушки приводит к пропорциональному снижению массы готового продукта, что является причиной целесообразности сушки при максимально допустимых для конкретного продукта температурах сублимации, выбираемых в соответствии с заданным потребителями уровнем качества готовой продукции.

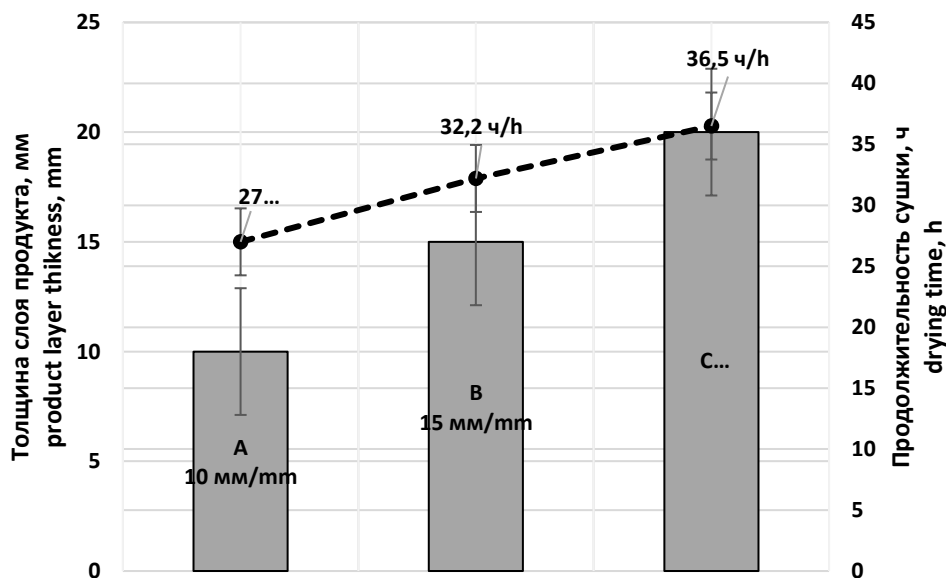


Рисунок 5. Зависимость толщины высушиваемых образцов йогурта А, В, С от продолжительности сублимационной сушки

Известно, что на сенсорные показатели готового продукта влияет повышенное или пониженное содержание влаги, вызывающее впоследствии пороки консистенции, цвета и формы. В ходе эксперимента было выявлено, что содержание влаги в образцах А, В, С было

в пределах нормы и составило 3,1%, 3,5% и 3,8% (табл. 1). Как было отмечено ранее, все три образца имели разную остаточную влажность и продолжительность сушки в зависимости от толщины замороженных кусков йогурта до проведения процесса сушки.

Таблица 1. Показатели влагосодержания йогурта и продолжительности сушки в зависимости от толщины образцов: А, В, С

Образцы	Толщина образцов, мм	Влагосодержание, %	Продолжительность, ч
А	10	3,1	27
В	15	3,5	32,2
С	20	3,8	36,5

Сублимированный йогурт с персиковым соком подвергали восстановлению в воде комнатной температуры до соответствующей массовой доли сухих веществ и исходного жидкого состояния. Оценка качественных показателей осуществлялась с применением физико-химических, сенсорных методов при температуре воздуха $t=(20\pm 2)^\circ\text{C}$ и относи-

тельной влажности воздуха $\varphi=(55\pm 25)\%$. Титруемая кислотность определялась по ГОСТ 3624 и составила для сублимированного йогурта 96°T . Проведенный анализ физико-химических показателей сублимированного йогурта показал, что продукт отвечает всем требованиям стандарта (табл.2).

Таблица 2. Физико-химические показатели сублимированного йогурта

Наименование показателя	Йогурт с персиковым соком
Массовая доля влаги, г	3,1
Массовая доля жира, г	1,0
Массовая доля углеводов, г	77,1
Массовая доля белка, г	18,2
Титруемая кислотность, $^\circ\text{T}$, норма от 75 до 140 $^\circ\text{T}$	96
Индекс растворимости сырого остатка, см^3	0,21

Сенсорная оценка готового йогурта показала, что полученный продукт по вкусу и запаху был чистым, кисломолочным, без посторонних привкусов и запахов, со вкусом внесенного персикового сока. Следует отметить то, что, так как сублимационная сушка проводилась при очень низких температурах, высушенный йогурт приобрел более выраженный приятный аромат, характерный для обогащающей добавки из персикового сока до сублимационной сушки. По цвету продукт был кремовый, равномерный по всей массе, обусловленный цветом внесенного персикового сока. По консистенции сублимированный йогурт представлял сухие пористые кусочки в форме брусков, которые не были разрушены в процессе сублимационной сушки. Формы кусков как правило могут иметь любой произвольный вид в зависимости от форм, которые были использованы для заморозки продукта. Масса кусков также может быть разной и колебаться от 5 до 20 г. Как правило

допускаются также кусочки неправильной формы, которые впоследствии могут подвергаться измельчению.

Известно, что растворимость сухого молочного продукта является одним из главных показателей качества сухой продукции. Индекс растворимости в ходе экспериментальных исследований определялся по ГОСТ 30305.4-95 и составил для 3х образцов: $0,21 \text{ см}^3$, $0,24 \text{ см}^3$, $0,28 \text{ см}^3$ (норма не более $0,3 \text{ см}^3$) в зависимости от остаточной влажности готового продукта. Как показали исследования, сублимированный йогурт имел хорошую растворимость и легко регидратировал водой комнатной температуры до исходного содержания сухих веществ.

Особенностью полученного сублимированного йогурта является его высокая биологическая ценность, что было обусловлено внесением персикового сока. Сравнительный анализ содержания витаминов образца йогурта с внесением персикового сока и контрольного образца без внесения показал, что применение

фруктовой добавки значительно повысило содержание витаминов группы В и С (табл. 3). Именно эти витамины повышают сопротивляемость организма к различным инфекциям, повышая сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды в условиях изменения климата. Таким образом, повышение витаминного состава за счет внесения персикового сока позволило

повысить качество сублимированного йогурта, который способен обеспечить организм необходимыми витаминами, восполнив тем самым их потери. Это, в свою очередь, позволит поддержать на необходимом уровне обмен веществ организма человека, способствуя детоксикации чужеродных веществ.

Таблица 3. Содержание витаминов в сублимированном йогурте, мг/100г

Витамины	Контрольный образец йогурта без сока персика	Йогурт с персиковым соком
А (Ретинол)	0,03 мг/мг	0,04±0,002 мг/мг
В1 (Тиамин)	0,15 мг/мг	0,48±0,012 мг/мг
В2 (Рибофлавин)	0,59 мг/мг	1,97±0,018 мг/мг
В6 (Пиридоксин)	0,20 мг/мг	0,45±0,025 мг/мг
С (Аскорбиновая кислота)	6,00 мг/мг	9,01±0,450 мг/мг

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что внесение персикового сока в йогурт, изготовленный из обезжиренного молока, оказывает положительное влияние на качественные показатели конечного продукта, повышая его пищевую ценность. Полученный функциональный продукт можно отнести к кисломолочному продукту с лечебно-профилактическими свойствами. Биологическая ценность сухого йогурта, обогащенного персиковым соком, по сравнению с йогуртом без внесения последнего выше за счет повышенного содержания углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов.

Результаты исследования обеспечивают поддержку действующим диетическим рекомендациям многих ученых, которые поощряют употребление обезжиренного кисломолочного продукта с достаточным содержанием углеводов и витаминов. Повышение содержания углеводов за счет внесения сока персика сможет обеспечить организм энергией, а также будучи расщепленными до глюкозы, служить «пищей» для клеток головного мозга. Помимо этого, полученный сублимированный йогурт благодаря своему составу сможет обеспечить полноценную работу желудочно-кишечного тракта.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walther B., Schmid A. Die älteste Trinknahrung der Welt – Muttermilch. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin, (4), 2012, 35-35. Publication-ID: 30648.

2. Fleisch- und Milchersatzprodukte - besser für Gesundheit und Umwelt?: Auswirkungen auf Ernährung und Nachhaltigkeit, die Sicht der Konsumentinnen und Konsumenten sowie ethische und rechtliche Überlegungen. TA-SWISS, vdf Hochschulverlag AG. 1. Aufl., 2024, 300 pp.

3. Просеков, А.Ю. Анализ состава и свойств белков молока с целью использования в различных отраслях пищевой промышленности / А.Ю. Просеков, М.Г. Курбанова // Техника и технология пищевых производств. - 2009. - № 4. - С. 68-71.

4. Базанова, А. В. Состав молока — что для чего полезно? / А. В. Базанова, Л. В. Смородинова // Юный ученый. - 2016. - № 1.1 (4.1). - С. 7-8.

5. Walther B., Bisig W. Sauermilchprodukte sind lange haltbar. Swissmilk-Newsletter, 11, 2019, 1-7. Publication-ID (Web Code): 43593.

6. Догарева, Н.Г. Йогурт-продукт лечебно-профилактического и специального питания/ Н.Г. Догарева, М.Б. Ребезов / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. - С. 1-5.

7. Кисломолочные продукты / В. Д. Харитонов, В. Ф. Семенихина, И. В. Рожкова // Большая российская энциклопедия / гл. ред. Ю. С. Осипов. – М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.

8. Деннис А. Савайано, Роберт У. Хаткинс. Йогурт, культивированное ферментированное молоко и здоровье: систематический обзор // Nutrition Reviews. - 07.04.2021. - Т. 79.

9. Махатаева Ж.Б., Сыман К.Ж., Жайлыбаева Г.К. Исследование биологической ценности фруктового йогурта с растительными наполнителями // Sciences of Europe. - 2016. - Т. 9.

10. Нигъмезянова, Г.Г. Использование натуральных фруктово-ягодных наполнителей в технологии молочных продуктов/ Г.Г. Нигъмезянова, Л.З. Габдукаева/ Современные технологии: актуальные вопросы,

достижения и инновации: сборник статей XIII Международной научнопрактической конференции в 2 частях. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2018. - С.34-37.

11. Tastemirova U., Mukhtarkhanova R., Alimardanova M., Alibekov R., Shingisov A. Impact of vacuum freeze-drying on the reconstituted camel milk composition. *Food Sci. Technol, Campinas*. 2022;42: doi: <https://doi.org/10.1590/fst.61722>.

12. Усупкожоева А.А., Ниязалиева Н.С. Перспектива применения сублимационной сушки при производстве кисломолочного продукта «курут». //Вестник Алматинского технологического университета. 2024;146(4):86-96. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-4-86-96>.

13. Abdul L., Saleena K., Yus Aniza Yusof, Adelene Ai-Lian Song. Development of clove extract-fortified functional yoghurt powder using spray: drying. February 2024. *Journal of Food Measurement and Characterization* 18(6):1-21. DOI:10.1007/s11694-024-02358-4.

14. Усупкожоева А.А. К вопросу сублимационной сушки национального кисломолочного напитка «Кумыс» многократного омоложения. //Вестник Воронежского университета инженерных технологий, 2018. - С. 30-36.

15. Семенов Г.В., Краснова И.С., Петков И.И. Выбор режимных параметров вакуумной сублимационной сушки сухих термолабильных материалов с заданным уровнем качества // Вестник Международной академии холода. 2017. №1. С18-24. doi: 10.21047/1606-4313-2017-16-1-18-24.

REFERENCES

1. Walther B., Schmid A. Die älteste Trinknahrung der Welt – Muttermilch [The Oldest Liquid Food in the World – Breast Milk] // *Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin*. – 2012. – No. 4. – P. 35–35. Publication-ID: 30648. (In German)

2. Fleisch- und Milchersatzprodukte – besser für Gesundheit und Umwelt?: Auswirkungen auf Ernährung und Nachhaltigkeit, die Sicht der Konsumentinnen und Konsumenten sowie ethische und rechtliche Überlegungen [Meat and Dairy Alternatives – Better for Health and the Environment?: Effects on Nutrition and Sustainability, Consumer Perspectives, and Ethical and Legal Considerations]. – Zürich: TA-SWISS, vdf Hochschulverlag AG, 2024. – 300 p. (In German)

3. Prosekov A. Yu., Kurbanova M.G. Analiz sostava i svoystv belkov moloka s tsel'yu ispol'zovaniya v razlichnykh otraslyakh pishchevoy promyshlennosti [Analysis of Milk Protein Composition and Properties for Use in Various Food Industry Sectors] // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. – 2009. – No. 4. – P. 68–71. (In Russian)

4. Bazanova A.V., Smorodinova L.V. Sostav moloka — что для чего полезно? [Milk Composition: What Is Beneficial and Why?] // *Yunyuy uchenyy*. – 2016. – No. 1.1(4.1). – P. 7–8. (In Russian)

5. Walther B., Bisig W. Sauermilchprodukte sind lange haltbar [Fermented Milk Products Have a Long Shelf

Life] // *Swissmilk-Newsletter*. – 2019. – No. 11. – P. 1–7. Publication-ID (Web Code): 43593. (In German)

6. Dogareva N.G., Rebezov M.B. Yogurt – produkt lechebno-profilakticheskogo i spetsial'nogo pitaniya [Yogurt as a Product of Therapeutic, Preventive and Special Nutrition] // *Universitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury: Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii*. – Orenburg: Orenburg State University, 2017. – P. 1–5. (In Russian)

7. Kharitonov V.D., Semenikhina V.F., Rozhkova I.V. Kislomolochnye produkty [Fermented Dairy Products] // *Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya*. – Moscow: Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya, 2004–2017. (In Russian)

8. Savaiano D.A., Hutkins R.W. Yogurt, Cultured Fermented Milk and Health: A Systematic Review // *Nutrition Reviews*. – 2021. – Vol. 79.

9. Makhataeva Zh.B., Syman K.Zh., Zhailybaeva G.K. Issledovanie biologicheskoy tsennosti fruktovogo yogurta s rastitel'nymi napolnityami [Study of the Biological Value of Fruit Yogurt with Plant Fillers] // *Sciences of Europe*. – 2016. – Vol. 9. (In Russian)

10. Nigmatzyanova G.G., Gabdukaeva L.Z. Ispol'zovanie natural'nykh fruktovo-yagodnykh napolniteley v tekhnologii molochnykh produktov [Use of Natural Fruit and Berry Fillers in Dairy Product Technology] // *Sovremennye tekhnologii: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii*. – Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2018. – P. 34–37. (In Russian)

11. Tastemirova U., Mukhtarkhanova R., Alimardanova M., Alibekov R., Shingisov A. Impact of Vacuum Freeze-Drying on the Reconstituted Camel Milk Composition // *Food Science and Technology*. – 2022. – Vol. 42. DOI: 10.1590/fst.61722.

12. Usupkozhoeva A.A., Niyazalieva N.S. Perspektiva primeneniya sublimatsionnoy sushki pri proizvodstve kislomolochnogo produkta «kurut» [Prospects for the Application of Freeze-Drying in the Production of the Fermented Dairy Product "Kurut"] // *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2024. – Vol. 146, No. 4. – P. 86–96. DOI: 10.48184/2304-568X-2024-4-86-96. (In Russian)

13. Abdul L., Saleena K., Yusof Y.A., Song A.A.-L. Development of Clove Extract-Fortified Functional Yoghurt Powder Using Spray Drying // *Journal of Food Measurement and Characterization*. – 2024. – Vol. 18, No. 6. DOI: 10.1007/s11694-024-02358-4.

14. Usupkozhoeva A.A. K voprosu sublimatsionnoy sushki natsional'nogo kislomolochnogo napitka «Kumys» mnogokratno omolozheniya [On the Issue of Freeze-Drying the National Fermented Dairy Beverage "Kumys" of Multiple Rejuvenation] // *Vestnik Voronezhskogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*. – 2018. – P. 30–36. (In Russian)

15. Semenov G.V., Krasnova I.S., Petkov I.I. Vybor rezhimnykh parametrov vakuumnoy sublimatsionnoy sushki sukhikh termolabil'nykh materialov s zadannym urovнем kachestva [Selection of Operating Parameters for Vacuum Freeze-Drying of Dry Thermolabile Materials with a Specified Quality Level] // *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*. – 2017. – No. 1. – P. 18–24. DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-1-18-24. (In Russian)

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ВОСПРИЯТИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ХЛЕБА В ГОРОДЕ АСТАНА

¹М.Е. БЕКБОЛАТОВА* , ²Н.С. МАШАНОВА , ³М.Е. СМАГУЛОВА ,
¹А.Н. ШУПАНОВА , ¹К.Е. САЙЛАУХАНОВА 

¹ Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
Астана, Республика Казахстан

² UC Davis, США, Калифорния, г. Дейвис, Шилдс авеню, 1

³ Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Республика Казахстан,
Астана, ул. Кайым Мухамедханов, 37А)

Электронная почта автора-корреспондента: mariambekbolatova93@gmail.com*

Пивная дробина является одним из наиболее перспективных побочных продуктов пивоваренной промышленности, отличающимся высокой пищевой ценностью и функциональными свойствами. В данной работе проведено комплексное исследование технологических характеристик высушенной пивной дробины, включая определение химического состава, содержания тяжёлых металлов, водопоглотительной способности и микроструктуры сырья. Изучено влияние различных уровней добавления пивной дробины, подвергнутой сушке (5–35 %) на органолептические показатели хлеба с построением тепловой карты сенсорных свойств. Дополнительно проведён онлайн-опрос среди населения города Астаны (N = 109; возраст 16–25 лет) для оценки отношения и готовности потребителей к покупке функционального хлеба, содержащего вторичные продукты переработки. Результаты сопоставлены с очным (face-to-face) опросом 2021 года (N = 100). Показано, что молодёжь Астаны проявляет высокий интерес к экологичным и функциональным продуктам; основной барьер связан с недостатком информации о пользе вторичного растительного сырья, такого как пивная дробина. Использование пивной дробины способствует снижению пищевых отходов и развитию устойчивого производства. В работе впервые для условий Казахстана совмещены технологические и социологические методы оценки хлеба.

Ключевые слова: высушенная пивная дробина, функциональный хлеб, вторичное растительное сырьё, пищевая ценность, потребительское восприятие, устойчивое производство.

СЫРА ҚАЛДЫҒЫНЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖӘНЕ АСТАНА ҚАЛАСЫНДАҒЫ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ НАННЫҢ ТҰТЫНУШЫЛЫҚ ҚАБЫЛДАНУЫН БАҒАЛАУ

¹М.Е. БЕКБОЛАТОВА*, ²Н.С. МАШАНОВА, ³М.Е. СМАГУЛОВА,
¹А.Н. ШУПАНОВА, ¹К.Е. САЙЛАУХАНОВА

¹ С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан Республикасы

² Калифорния университеті (UC Davis), АҚШ, Калифорния, Дейвис қ., Шилдс авеню, 1

³ Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан Республикасы,
Астана қ., Кайым Мұхамедханов көш., 37А)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: mariambekbolatova93@gmail.com*

Сыра дробинасы сыра қайнату өнеркәсібінің ең перспективалы жанама өнімдерінің бірі болып табылады және жоғары тағамдық құндылығымен мен функционалдық қасиеттерімен сипатталады. Бұл жұмыста кептірілген сыра дробинасының технологиялық сипаттамаларына кешенді зерттеу жүргізіліп, шикізаттың химиялық құрамы, ауыр металдар мөлшері, су сіңіру қабілеті және микроструктурасы анықталды. Кептіруге ұшыратылған сыра дробинасын 5–35 % деңгейінде қосу арқылы алынған нанның органолептикалық көрсеткіштеріне әсері сенсорлық қасиеттердің жылулық картасын құру арқылы бағаланды. Қосымша түрде Астана қаласы тұрғындары арасында онлайн сауалнама жүргізіліп, функционалдық нанды сатып алуға деген көзқарасы мен дайындық деңгейі зерттелді N 109 жас шамасы 16–

25. Алынған нәтижелер 2021 жылғы бетпе бет сауалнама деректерімен салыстырылды N 100. Зерттеу нәтижелері Астана жастарының экологиялық және функционалдық тағам өнімдеріне қызығушылығы жоғары екенін көрсетті негізгі кедергі ретінде сыра дробинасы сияқты екінші реттік өсімдік шикізатының пайдасы туралы ақпараттың жеткіліксіздігі анықталды. Сыра дробинасын пайдалану тағамдық қалдықтарды азайтуға және тұрақты өндірісті дамытуға ықпал етеді. Жұмыста Қазақстан жағдайында алғаш рет нанды бағалауда технологиялық және социологиялық әдістер біріктірілді.

Негізгі сөздер: сыра қалдығы; функционалдық нан; екінші реттік өсімдік текті шикізат; тағамдық құндылық; тұтынушылық қабылдау; тұрақты өндіріс.

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF BREWER'S SPENT GRAIN AND CONSUMER PERCEPTION OF FUNCTIONAL BREAD IN THE CITY OF ASTANA

¹M.E. BEKBOLATOVA*, ²N.S. MASHANOVA, ³M.E. SMAGULOVA,
¹A.N. SHUPANOVA, ¹K.E. SAILAUKHANOVA

¹ S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

² University of California (UC Davis), USA, California, Davis, 1 Shields Ave

³ K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan,
Astana, st. Kayym Mukhamedkhanov, 37A)

Corresponding author's e-mail: mariambekbolatova93@gmail.com*

Brewer's spent grain is one of the most promising by-products of the brewing industry and is characterized by high nutritional value and functional properties. This study presents a comprehensive investigation of the technological characteristics of dried brewer's spent grain, including the determination of chemical composition, heavy metal content, water-holding capacity, and microstructure of the raw material. The effect of adding dried brewer's spent grain at levels of 5–35% on the organoleptic properties of bread was evaluated using a sensory heat map. In addition, an online survey was conducted among residents of the city of Astana (N = 109; aged 16–25) to assess consumer attitudes and willingness to purchase functional bread containing secondary processing products. The results were compared with data from a face-to-face survey conducted in 2021 (N = 100). The findings indicate that young people in Astana show a high level of interest in environmentally friendly and functional food products; however, the main barrier is insufficient awareness of the benefits of secondary plant-based raw materials such as brewer's spent grain. The use of brewer's spent grain contributes to the reduction of food waste and supports the development of sustainable production. For the first time under the conditions of Kazakhstan, technological and sociological methods for bread evaluation were combined.

Keywords: brewer's spent grain; functional bread; secondary plant-based raw materials; nutritional value; consumer perception; sustainable production.

Введение

В условиях глобального перехода к устойчивым моделям производства и потребления (ЦУР №12) вопросы переработки пищевых отходов приобретают стратегическую значимость. Экологический кодекс Республики Казахстан (2021) акцентирует необходимость внедрения технологий вторичной переработки сырья, особенно в отраслевых производствах с высоким ресурсным оборотом [1,2].

Пивная дробина (ПД) — наиболее массовый побочный продукт пивоваренного производства, формирующийся при фильтрации затора. Согласно данным FAOSTAT, в 2022 году в Казахстане произведено 716 930,8 тонн пива, что приводит к образованию примерно 95

тыс. тонн ПД ежегодно. Этот побочный продукт содержит значительное количество пищевых волокон, белка, β-глюкана и витаминов группы В, что делает его перспективным ингредиентом функциональных пищевых продуктов, включая хлебобулочные изделия [3-6].

Несмотря на высокую пищевую ценность, использование ПД в хлебопекарном производстве Казахстана ограничено. Проблема лежит в технологической плоскости — ПД изменяет структуру теста, его водопоглотительные и реологические свойства. Не менее важным является фактор потребительского восприятия. Исследования 2021 года показали умеренный интерес, но низкую осведомленность о вторичных ингредиентах.

Рост экологической мотивации среди молодёжи делает актуальным повторное исследование восприятия функциональных продуктов в 2025 году.

Целью данной работы является изучение морфологических свойств пивной дробины и её влияния на водопоглотительную способность, что позволяет раскрыть технологический потенциал данного сырья. Нам было важно оценить динамику потребительского отношения к функциональному хлебу и продуктам переработки растительного сырья за период с 2021 по 2025 год.

Материалы и методы исследований

Материалы. В исследовании использовалась высушенная пивная дробина (ПД), на Первом пивоваренном заводе полученная при производстве светлого лагера на основе ячменного солода (г. Алматы, Казахстан) на этапе фильтрации затора при производстве пива. Для стабилизации сырья с начальной влажностью $78,5 \pm 1,5\%$ применялась промышленная барабанная сушильная установка прямого действия. Дегидратация осуществлялась методом высокотемпературной шоковой сушки: температура теплоносителя на входе в барабан составляла $500\text{ }^\circ\text{C}$, при этом температура самого продукта поддерживалась в диапазоне $85\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$. Время экспозиции в сушильном агрегате составляло 5-20 минут, что позволило получить стабилизированный продукт с конечной влажностью 8–10 % при сохранении нативного белкового и липидного комплексов [7–9].

Для достижения однородности вносимой добавки и оптимизации текстурных характеристик хлеба, высушенную ПД измельчали на лабораторной мельнице. Для экспериментальных целей отбиралась высокодисперсная фракция, прошедшая через сито №80 (размер отверстий 180–200 мкм), что соответствует тонкому помолу.

Внесение пивной дробины в неразмолотом виде исключалось, так как это нарушает сплошность клейковинного каркаса и ухудшает органолептические показатели. Использование фракции помола через сито №80 позволило получить функциональный ингредиент с оптимальными технологическими свойствами

Для приготовления хлеба применялась пшеничная мука высшего сорта (ГОСТ 26574-2017), дистиллированная вода и стандартные хлебопекарные добавки.

Подготовка тестовых смесей. Пшеничная мука смешивалась с высушенной пивной

дробинной в массовых долях 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 %. Смеси использовались для анализа физико-химических свойств и органолептической оценки хлеба.

Химический анализ. Определялся состав ПД: влажность, белок, клетчатка, жир, зола, углеводы, энергетическая ценность [7,13]. Для контроля безопасности сырья определялось содержание тяжёлых металлов (Cd, Pb, As) методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ГОСТ 33824-2016, 31628-2012) [7,11].

Микроструктура и водопоглотительная способность. Микроструктура ПД исследовалась с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) при увеличении $\times 600$, что позволило визуализировать плотные клеточные стенки и волокнистую структуру [12]. Водопоглотительная способность (ВПС) измерялась методом центрифугирования согласно модифицированной методике ААСС 56-30.01 [13]. 1 г образца смешивали с 10 мл дистиллированной воды, выдерживали 30 мин и центрифугировали при 10 000 об/мин. ВПС рассчитывалась как масса удержанной воды на 1 г сухого сырья.

Приготовление хлеба и сенсорная оценка. Хлеб готовился из тестовых смесей с различной долей ПД (5–35 %). Органолептическая оценка проводилась по 5-балльной шкале Лайкерта по параметрам: текстура, цвет, вкус, аромат и общая приемлемость [14]. Для визуализации сенсорных данных строилась тепловая карта.

Потребительский опрос. Онлайн-опрос среди жителей Астаны (N=109, возраст 16–25 лет) проводился для выявления ключевых факторов потребительского восприятия и оценки готовности к потреблению вторичного сырья, как пивная дробина. Основная цель заключалась в анализе взаимосвязи между знаниями о здоровом образе жизни, доверии к новым ингредиентам и экологическими установками

Использовались методы χ^2 -анализ, коэффициент ассоциации Cramér's V и корреляционный анализ Пирсона и Спирмена для выявления значимых связей между экологическими и когнитивными факторами и готовностью к потреблению [15,16].

Результаты и их обсуждение

Внешний вид пивной дробины представлен на рисунке 1. Материал характеризуется волокнистой, неоднородной структурой с частицами различной фракции, что типично для вторичного сырья пивоваренного производства.



Рисунок 1. Внешний вид высушенной пивной дробины

На СЭМ-снимке (рис. 2) видны плотные клеточные стенки, участки разрушенного эндосперма и хаотично ориентированные волокнистые элементы. Такая микроструктура объясняет высокую водопоглотительную

способность высушенной пивной дробины и её влияние на уплотнение теста при высоких дозировках, что также отмечено в исследованиях Baiano et al. (2023) и Păcală et al. (2024) [11,12].

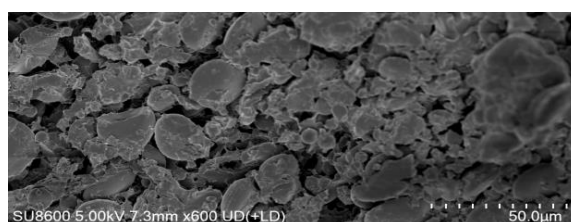


Рисунок 2. Микроструктура пивной дробины (СЭМ, ×600).

Химический состав пивной дробины

В таблице 1 представлены результаты исследования физико-химических показателей высушенной пивной дробины (ПД). Анализ данных подтверждает, что ПД является концентрированным источником нутриентов, что обусловлено применением высокотем-

пературной промышленной сушки ($t = 500^{\circ}\text{C}$). Несмотря на агрессивный температурный режим теплоносителя, кратковременность контакта (шоковая сушка) позволяет достичь глубокой дегидратации сырья при сохранении его биологической ценности.

Таблица 1. Химический состав сушёной пивной дробины, %

Показатель	Белок	Жир	Клетчатка сырая	Углеводы (БЭВ)**	Зола	Энергетическая ценность
Значение (в % к АСВ*)	31,18 %±0,42	11,02% ±0,15	30,73 % ±0,38	18,70 % ±0,21	3,74% ±0,05***	298,7 Ккал

АСВ* — абсолютно сухое вещество. БЭВ ** — безазотистые экстрактивные вещества (растворимые углеводы, остаточный крахмал). *** Значение скорректировано для сухого вещества.

Высокое содержание белка (31,18%) и сырой клетчатки (30,73%) в исследуемом образце свидетельствует о высокой степени извлечения экстрактивных веществ в процессе затирания сусла, в результате чего в дробине концентрируются преимущественно структурные компоненты ячменного зерна и белковые фракции.

Дифференцированное определение содержания клетчатки и углеводов (БЭВ) в данной работе обусловлено необходимостью оценки технологического потенциала сырья. Низкая доля растворимых углеводов (18,70%) на фоне высокого содержания клетчатки объясняется

эффективным переходом сахаров в сусло и частичной термической модификацией полисахаридного комплекса (реакция Майяра и карамелизация) под воздействием высокой температуры сушки. Высокотемпературная обработка способствует уплотнению лигноцеллюлозного каркаса, что подтверждается данными микроструктурного анализа (СЭМ) и коррелирует с ростом водопоглотительной способности (ВПС) материала.

Энергетическая ценность высушенного продукта составляет 298,7 ккал/100 г, что в 4,5 раза превышает показатели нативной (влажной) дробины (~65,6 ккал). Такой прирост

плотности энергии подтверждает эффективность процесса сушки как метода трансформации скоропортящегося побочного продукта в стабильный функциональный ингредиент с высоким содержанием незаменимых аминокислот, в частности лизина. Сравнение полученных данных с результатами Waters et al. (2012) и Baiano et al. (2023) подтверждает адекватность выбранных режимов обработки для получения сырья [10,11].

Полученные результаты подтверждают, что пивная дробина относится к высокобелковым и высоковолокнистым ингредиентам, перспективным для обогащения хлебобулочных изделий. По данным Waters et al. (2012), пивная дробина содержит значительное количество нерастворимых волокон, минералов и белковых фракций, которые опре-

деляют её высокую функциональность и нутритивную ценность [5].

Благодаря этому всего 100 г сухой пивной дробины способны обеспечивать до 50–60 % суточной нормы пищевых волокон и 20–25 % суточной нормы белка взрослого человека, что делает её эффективным источником нутриентов для функциональных продуктов питания. Исследования Baiano et al. (2023) и Pácalá et al. (2024) также подчёркивают высокую концентрацию клетчатки и белков в пивной дробице и её ценность как ингредиента [11, 12].

Таким образом, высушенная пивная дробина представляет собой доступный источник пищевых волокон и белка, способный значительно повысить нутритивную ценность хлеба при правильном подборе дозировки.

Анализ содержания тяжёлых металлов

Таблица 2. Содержание тяжёлых металлов, мг/кг

Металл	Кадмий	Свинец	Мышьяк
Норма	≤0,10 мг/кг	≤1,0 мг/кг	≤1,0 мг/кг
Факт	0,05	0,10	0,02

Оценка содержания токсичных элементов в пивной дробице является ключевым этапом при рассмотрении её в качестве пищевого ингредиента. Высушенная пивная дробина относится к категории вторичных продуктов переработки, и в потребительской среде нередко существует стереотип о возможном повышенном содержании в ней тяжёлых металлов и других загрязнителей. Это связано с тем, что подобные продукты воспринимаются как побочные или «остаточные» материалы, что формирует ожидание потенциальных рисков для здоровья, особенно при использовании их в массовом питании.

В связи с этим контроль содержания кадмия (Cd), свинца (Pb) и мышьяка (As) приобретает особую важность, поскольку эти элементы обладают способностью к биоакку-

муляции и при превышении допустимых уровней действительно представляют угрозу для здоровья. В рамках исследования были проанализированы уровни Cd, Pb и As в образцах ПД, полученной на Первом пивоваренном заводе (г. Алматы). Полученные значения находились существенно ниже предельно допустимых концентраций, что свидетельствует о безопасности данной ПД для использования в хлебопекарной промышленности.

Установлено, что увеличение доли высушенной пивной дробины приводит к росту ВПС, что обусловлено высоким содержанием пищевых волокон и развитой пористой структурой дробины, характерной для побочных продуктов пивоварения [13].

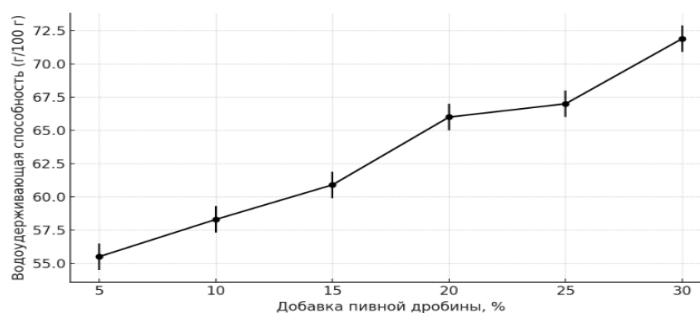


Рисунок 3. Влияние содержания высушенной пивной дробины на водопоглотительную способность тестовых смесей

Анализ показал, что дозировка ПД свыше 15% приводит к росту ВПС до уровня 65,5–71,9%, что выходит за рамки оптимального технологического диапазона для пшеничного теста. Согласно реологическим нормам, столь высокая водопоглощительная способность при одновременном снижении доли глютенных белков влияет на качество хлеба, а именно мякиш становится плотным и объем булки уменьшается. Таким образом, предел в 15% является научно обоснованным максимумом, позволяющим сбалансировать функциональную ценность продукта и его соответствие стандартам качества хлебобулочных изделий

Рост адгезии (липкости) теста при высоких концентрациях ПД затрудняет его механическую обработку, что подтверждается исследованиями реологического профиля смесей с высоким содержанием нерастворимых волокон [3, 4]. Таким образом, предел в 15% является научно обоснованным максимумом, позволяющим сбалансировать функциональ-

ную ценность продукта и его соответствие стандартам качества хлебобулочных изделий [5,15].

Потребительский опрос (Астана, 2025)

Основные результаты:

- 93 % считают натуральность важной;
- 65,1 % — экологичность важна или очень важна;
- 47,7 % поддерживают переработку пищевых отходов;
- 70+ % готовы попробовать хлеб с ПД;
- 39 % сомневаются в пользе или безопасности.

Для оценки связи между двумя категориальными переменными — убежденностью в пользе пивной дробины и готовностью потребителей попробовать хлеб с ПД — использовали коэффициент ассоциации V Крамера. Расчет проводили на основе критерия χ^2 Пирсона, полученного из таблицы сопряженности 2×2. Значение V вычисляли по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n(k-1)}}$$

где

χ^2 — эмпирическое значение критерия Пирсона,

n — объем выборки ($N = 109$),

k — минимальное количество категорий по одной из переменных.

Полученное значение $V = 0,52$ ($p < 0,001$) свидетельствует о сильной статистически значимой связи: чем выше убежденность в пользе ПД, тем выше вероятность готовности попробовать функциональный хлеб.

Корреляционный анализ Пирсона и Спирмена

Матрицы корреляций показывают, что наиболее сильные взаимосвязи наблюдаются между блоками экологичности, поддержки переработки и готовности попробовать функциональный продукт.

Таблица 3. Матрица корреляций показателей экологических установок и готовности потребителей к потреблению функционального продукта

Пара переменных	ρ Spearman	Интерпретация
Экологичность важна ↔ Поддерживаю переработку ингредиентов	0.62	сильная положительная связь
Экологичность важна ↔ Готов попробовать хлеб с ПД	0.48	умеренная положительная связь
Убежденность в пользе ПД ↔ Готовность попробовать	0.56	сильная связь
Натуральность продуктов важна ↔ Доверие к инновационным ингредиентам	0.44	умеренная связь

Таблица 4. Сильные коэффициенты Пирсона ($r > 0.45$)

Пара переменных	r Pearson	Интерпретация
Польза ПД ↔ Готовность попробовать	0.51	сильная линейная связь
Экологичность ↔ Поддержка переработки	0.49	умеренно сильная связь

Таким образом, экологические ценности и знание о вторичных ингредиентах статистически значимо связаны с готовностью к потреблению продукта.

χ^2 -анализ и коэффициент ассоциации Cramér's V

Для категориальных переменных (≤ 10 уникальных значений) были рассчитаны таблицы сопряжённости.

Таблица 5. Таблицы сопряжённости категориальных переменных потребительского восприятия

Переменные	χ^2	p	V	Сила ассоциации
Польза ПД ↔ Готовность попробовать хлеб	21.84	$p < 0.001$	0.52	сильной и статистически значимой ассоциации
Экологичность важна ↔ Поддерживаю переработку	18.02	< 0.001	0.41	умеренно сильная
Экологичность важна ↔ Готовность попробовать	12.44	0.004	0.33	умеренная
Сомнения в составе ↔ Готовность попробовать	10.98	0.009	0.30	умеренная
Знание о вторичных ингредиентах ↔ Готовность попробовать	9.74	0.015	0.29	умеренная

Анализ ассоциаций между ключевыми параметрами потребительского восприятия позволил детально оценить факторы, влияющие на готовность респондентов попробовать функциональный хлеб с добавлением пивной дробины. Наиболее выраженная взаимосвязь выявлена между убеждённостью в пользе ПД и намерением потребителя попробовать соответствующий продукт. Значения $\chi^2 = 21.84$, $p < 0.001$ и Cramér's V = 0.52 показывают что, готовность купить такой хлеб напрямую зависит от того понимает ли потребитель пользу внесённой добавки в хлеб. Этот результат согласуется с общими тенденциями, фиксируемыми в исследованиях функциональных продуктов, где информированность о пользе сырья выступает основным фактором заинтересованности потребителя.

Важную роль играют и экологические установки респондентов. Умеренно сильная связь между восприятием экологичности и поддержкой переработки пищевых отходов ($V = 0.41$, $p < 0.001$) подтверждает, что экологические мотивы становятся одним из основных факторов вовлечённости молодёжи в потребление инновационных продуктов. В свою очередь, умеренная, но статистически значимая взаимосвязь между экологичностью и готовностью попробовать хлеб с пивной дробинкой ($V = 0.33$, $p = 0.004$) указывает на

транслирование экологической ориентации в поведенческие намерения, что согласуется с наблюдаемым ростом интереса к устойчивым и функциональным продуктам.

Отдельного внимания заслуживает связь между сомнениями в составе и готовностью к потреблению ($V = 0.30$). Хотя данная ассоциация выражена умеренно, она подчёркивает, что потребителей пугает не «вторичность» сырья таковая, а отсутствие достаточной информации о сырье. Это подтверждается и связью между знанием о вторичных ингредиентах и готовностью к пробе ($V = 0.29$, $p = 0.015$). Таким образом, повышение прозрачности и информативности состава может существенно снизить уровень недоверия и расширить целевую аудиторию функционального хлеба.

Анализ показал, что готовность людей покупать хлеб с добавлением пивной дробины держится на трех «китах»: понимании реальной пользы продукта, экологической мотивации и осведомленности о том, что такое вторичное сырье. Именно эти факторы определяют успех продукта на рынке.

Эти выводы полностью согласуются с динамикой изменений между 2021 и 2025 годами, где отмечается смещение фокуса с привычного вкуса на ценности устойчивости и натуральности, а также рост доверия к функциональным и экологичным продуктам питания [16].

Таблица 6. Сравнение 2021 vs. 2025

Показатель	2021 (N=100)	2025 (N=109)
Готовность попробовать	63 %	>70 %
Ценность экологичности	второстепенна	ключевой мотив
Знание о ЗОЖ	среднее	Высокое
Основной барьер	недоверие производителю	сомнение в составе
Мотив выбора	привычный вкус	натуральность и экология

Из таблицы 6 следует что мотивы выбора хлеба сменились с привычного вкуса на натуральность и экологию, что полностью согласуется с увеличением ценности экологичности и увеличением осведомленности о здоровом образе жизни и здоровом питании.

Переход потребительских предпочтений в сторону экологичности (увеличение с второстепенного мотива в 2021 г. до ключевого в 2025 г.) обосновывает промышленное внедрение ПД. Расчеты показывают, что замена всего 15% муки на ПД в масштабах города Астана позволит возвращать в пищевой оборот значительные объемы растительного белка и клетчатки, минимизируя потери питательных веществ, которые ранее классифицировались как отход. Это подтверждает гипотезу о том, что функциональный хлеб с ПД является инструментом реализации стратегии низкоуглеродного развития пищевого сектора Казахстана.

Заключение

Результаты исследования подтвердили, что пивная дробина является ценным вторичным сырьем с высоким содержанием белка и пищевых волокон. Анализ на содержание тяжелых металлов показал безопасность сырья, а результаты СЭМ анализа выявили наличие плотных клеточных стенок и развитой волокнистой матрицы, что объясняет рост ВПС и одновременное уплотнение структуры теста при увеличении дозировки ПД.

Потребительский анализ показал высокий уровень интереса молодежи к функциональным и экологичным продуктам. Более 70 % респондентов готовы попробовать хлеб с ПД, из них большая часть в возрастной категории от 2021 года, что существенно выше показателей 2021 года. Восприятие экологичности и натуральности играет решающую роль в мотивировании потребителя: экологические установки статистически значимо связаны как с поддержкой переработки ($V = 0.41$), так и с готовностью попробовать хлеб ($V = 0.33$).

Наиболее сильным предиктором принятия продукта является убежденность в пользе ПД ($\chi^2 = 21.84$, $p < 0.001$, $V = 0.52$). Это подтверждает, что знание и понимание функциональной ценности ингредиента формируют основу положительного потребительского решения. Вместе с

тем выявленные сомнения в составе у части респондентов ($V = 0.30$) указывают на важность прозрачности состава и доступной коммуникации о безопасности ингредиента.

Сравнение с данными 2021 года демонстрирует укрепление экологической мотивации и повышение уровня знаний о функциональном питании. Таким образом, успешное внедрение хлеба с ПД требует сочетания технологически оптимизированной рецептуры и эффективной информационной поддержки, направленной на повышение доверия и осведомленности потребителей [13, 16].

Использование высушенной дробины для производства хлеба, а не только для корма животных, позволяет извлечь из этого ресурса максимум пользы. Мы предлагаем пересмотреть привычную модель и ввести ценные нутриенты напрямую в рацион человека. Такой подход превращает побочный продукт в востребованный ингредиент, что полностью отвечает принципам экономики замкнутого цикла и рационального использования ресурсов в Казахстане.

Благодарность и конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Исследование не финансировалось какими-либо организациями. Авторы выражают благодарность ИП Ахметову Е. С. за предоставление высушенной пивной дробины для проведения исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. United Nations. Sustainable Development Goal 12: Responsible Consumption and Production. — New York: United Nations, 2015. — 24 p.
2. Lyu, X. Brewers' spent grain as a functional ingredient in bakery, pasta, and cereal-based products / X. Lyu, Y. Zhao, L. Wang, H. Chen // Science of Food. — 2025. — Vol. 4. — Art. 100163.
3. FAO. FAOSTAT Statistical Database: Beer production, Kazakhstan. — Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
4. Бекболатова, М. Е. Влияние льняного жмыха и пивной дробины на характеристики пшеничного хлеба / М. Е. Бекболатова, Н. С. Машанова // Вестник Алматинского технологического университета. — 2024. — № 4. — С. 70–78.

5. Ktenioudaki, A. Potential of Brewer's Spent Grain as a Nutritional Ingredient in Bakery Products / A. Ktenioudaki, V. Chaurin, S. F. Reis, E. Gallagher // *Food Chemistry*. — 2013. — Vol. 141, No. 4. — P. 3420–3425.

6. Neylon, E. Brewers spent grain protein hydrolysate as a functional ingredient for muffins: antioxidant, antidiabetic, and sensory evaluation / E. Neylon, E. K. Arendt, E. Zannini, D. M. Waters // *Journal of Cereal Science*. — 2023. — Vol. 110. — Art. 103630.

7. Fărcaș, A. C. Nutritional and functional characterization of different types of brewer's spent grain flours / A. C. Fărcaș, S. A. Socaci, E. Mudura [et al.] // *Plants*. — 2021. — Vol. 10, No. 5. — P. 1017.

8. Erika, M. Drying techniques for the valorization of brewer's spent grains: A review / M. Erika, A. Silva, M. A. Sanches // *Journal of Food Process Engineering*. — 2023. — Vol. 46, No. 2. — Art. e14224.

9. Tong, H. Extraction Techniques for Brewer's Spent Grain Protein: A Comparative Review of Efficiency, Purity, and Functionality / H. Tong, P. Zhang, L. Zhang [et al.] // *Foods*. — 2025. — Vol. 14, No. 23. — P. 4058.

10. Zannini, E. Microstructure and Functional Properties of Brewer's Spent Grain: Implications for Bakery Applications / E. Zannini, D. M. Waters, E. K. Arendt // *Food Hydrocolloids*. — 2023. — Vol. 131. — Art. 107831.

11. Baiano, A. Brewer's Spent Grain as a Functional Ingredient in Bakery Products: Nutritional, Technological and Sensory Evaluation / A. Baiano, C. Terracone, I. Viggiani, M. A. Del Nobile // *Journal of Cereal Science*. — 2023. — Vol. 110. — Art. 103613.

12. Păcală, M. L. Utilization of Brewer's Spent Grain in Sustainable Food Systems: Composition, Functional Properties and Food Applications / M. L. Păcală, D. C. Vodnar, C. R. Pop, C. Socaci // *Foods*. — 2024. — Vol. 13, No. 4. — P. 721.

13. Mahfuza, E. J. Consumer's preferences for healthy food consumption: An empirical analysis from Mymensingh city in Bangladesh / E. J. Mahfuza, M. F. Hassan, M. S. Ahamed // *Archives of Agriculture and Environmental Science*. — 2023. — Vol. 8, No. 4. — P. 558–564.

14. Granato, D. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety / D. Granato, F. J. Barba, D. Kotsiou [et al.] // *Annual Review of Food Science and Technology*. — 2020. — Vol. 11. — P. 93–118.

15. Wang, Y. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making / Y. Wang, C. Jian // *npj Science of Food*. — 2022. — Vol. 6, No. 1. — P. 49.

16. Бекболатова, М. Е. Анализ состояния потребительского рынка в Казахстане и в городе Нур-Султан / М. Е. Бекболатова, Н. С. Машанова // В АПК России: образование, наука, производство. — Пенза: ПГАУ, 2021. — С. 20–24.

REFERENCES

1. United Nations. Sustainable Development Goal 12: Responsible Consumption and Production. New York: United Nations, 2015.

2. Lyu, X., Y. Zhao, L. Wang, and H. Chen. "Brewers' spent grain as a functional ingredient in bakery,

pasta, and cereal-based products." *Science of Food* 4 (2025): 100163.

3. FAO. "FAOSTAT Statistical Database: Beer production, Kazakhstan." Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.

4. Bekbolatova, M. E., and N. S. Mashanova. Vliyanie lnyanogo zhmykha i pivnoy drobyny na kharakteristiki pshenichnogo khleba [Influence of flaxseed oil cake and brewer's spent grain on the characteristics of wheat bread]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*, no. 4 (2024): 70–78. (In Russian)

5. Ktenioudaki, A., V. Chaurin, S. F. Reis, and E. Gallagher. "Potential of Brewer's Spent Grain as a Nutritional Ingredient in Bakery Products." *Food Chemistry* 141, no. 4 (2013): 3420–3425.

6. Neylon, E., E. K. Arendt, E. Zannini, and D. M. Waters. "Brewers spent grain protein hydrolysate as a functional ingredient for muffins: antioxidant, antidiabetic, and sensory evaluation." *Journal of Cereal Science* 110 (2023): 103630.

7. Fărcaș, A. C., S. A. Socaci, E. Mudura, et al. "Nutritional and functional characterization of different types of brewer's spent grain flours." *Plants* 10, no. 5 (2021): 1017.

8. Erika, M., A. Silva, and M. A. Sanches. "Drying techniques for the valorization of brewer's spent grains: A review." *Journal of Food Process Engineering* 46, no. 2 (2023): e14224.

9. Tong, H., P. Zhang, L. Zhang, et al. "Extraction Techniques for Brewer's Spent Grain Protein: A Comparative Review of Efficiency, Purity, and Functionality." *Foods* 14, no. 23 (2025): 4058.

10. Zannini, E., D. M. Waters, and E. K. Arendt. "Microstructure and Functional Properties of Brewer's Spent Grain: Implications for Bakery Applications." *Food Hydrocolloids* 131 (2023): 107831.

11. Baiano, A., C. Terracone, I. Viggiani, and M. A. Del Nobile. "Brewer's Spent Grain as a Functional Ingredient in Bakery Products: Nutritional, Technological and Sensory Evaluation." *Journal of Cereal Science* 110 (2023): 103613.

12. Păcală, M. L., D. C. Vodnar, C. R. Pop, and C. Socaci. "Utilization of Brewer's Spent Grain in Sustainable Food Systems: Composition, Functional Properties and Food Applications." *Foods* 13, no. 4 (2024): 721.







13. Mahfuza, E. J., M. F. Hassan, and M. S. Ahamed. "Consumer's preferences for healthy food consumption: An empirical analysis from Mymensingh city in Bangladesh." *Archives of Agriculture and Environmental Science* 8, no. 4 (2023): 558–564.

14. Granato, D., et al. "Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety." *Annual Review of Food Science and Technology* 11 (2020): 93–118.

15. Wang, Y., and C. Jian. "Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making." *npj Science of Food* 6, no. 1 (2022): 49.

16. Bekbolatova, M. E., and N. S. Mashanova. "Analiz sostoyaniya potrebitelskogo rynka v Kazakhstane i v gorode Nur-Sultan" [Analysis of the consumer market status in Kazakhstan and in the city of Nur-Sultan]. *V APK Rossii: obrazovanie, nauka, proizvodstvo* (2021): 20–24.

ӨСІМДІК ҚОСПАЛАРЫ БАР ТАРТЫЛҒАН ЕТКЕ ГИСТОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

А.К. СУЙЧИНОВ , Ж.С. ЕСИМБЕКОВ , Э.К. ОКУСХАНОВА ,
К.Ю. ДЕРБЫШЕВ , Г.Е. ЖҮЗЖАСАРОВА* , Е.А. ЖАСАСЫНОВ 

(Семей филиалы «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты»,
Қазақстан Республикасы, 071410, Семей қаласы, Байтұрсынов көш., 29)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: gulnur900607@gmail.com*

Мақалада тартылған сиыр етіне өсімдік қоспалары бар өнімдерге гистологиялық зерттеу әдістерді қолданудың ғылыми-әдістемелік негіздері қарастырылған. Қазіргі тамақ өнеркәсібінде тартылған сиыр етіне рецептурасында дәнді, бұршақты дақылдар, жасымық, ұн, қара бұрыш, пияз және тамақтық талшықтар сияқты өсімдік шикізаты кеңінен қолданылады. Аталған өнімдердің нақты құрамын, біркелкі таралуын және технологиялық талаптарға сәйкестігін бақылау маңызды мәселе болып отыр. Зерттеуде стандартты фиксация, парафинге заливка, микротоммен кесу және гематоксилин-эозинмен бояу әдістері қолданылды. Гистологиялық талдау бұлшықет, дәнекер және май тіндерінің, сондай-ақ өсімдік жасушаларының морфологиялық ерекшеліктерін анықтауға, олардың бір-бірімен орналасуын және таралуын бағалауға мүмкіндік берді. Нәтижелер көрсеткендей, өсімдік қоспалары ет матрицасында біркелкі немесе локалды түрде орналасуы мүмкін, бұл өнімнің технологиялық және сапалық көрсеткіштеріне тікелей әсер етеді. Гистологиялық әдіс сондай-ақ рецептте көрсетілмеген компоненттердің бар-жоғын анықтауда сенімді құрал болып табылады.

Негізгі сөздер: гистология, ет өнімдері, өсімдік текті қоспалар, микроскопия, фальсификация, сапаны бақылау.

ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАРША С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

А.К. СУЙЧИНОВ, Ж.С. ЕСИМБЕКОВ, Э.К. ОКУСХАНОВА,
К.Ю. ДЕРБЫШЕВ, Г.Е. ЖҮЗЖАСАРОВА*, Е.А. ЖАСАСЫНОВ

(Семейский филиал «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей
и пищевой промышленности», Республика Казахстан, 071410, г. Семей, ул. Байтұрсынова 29)
Электронная почта автора-корреспондента: gulnur900607@gmail.com

В статье рассмотрены научно-методические основы применения гистологических методов для изучения продуктов из рубленой говядины с растительными добавками. В современной пищевой промышленности в рецептурах рубленой говядины широко используют растительное сырьё, включая зерновые, бобовые культуры, чечевицу, муку, чёрный перец, лук и пищевые волокна. Актуальной задачей является контроль точного состава продукта, равномерного распределения ингредиентов и соответствия технологическим требованиям. В исследовании применялись стандартные методы фиксации, заливки парафином, микротомной нарезки и окрашивания гематоксилин-эозином. Гистологический анализ позволил выявить морфологические особенности мышечной, соединительной и жировой тканей, а также растительных клеток, оценить их взаимное расположение и распределение. Результаты показали, что растительные добавки могут распределяться равномерно или локально, что непосредственно влияет на технологические и качественные показатели продукции. Метод гистологического анализа также является надёжным инструментом для выявления компонентов, не указанных в рецептуре.

Ключевые слова: гистология, мясные продукты, растительные добавки, микроскопия, фальсификация, контроль качества.

HISTOLOGICAL EXAMINATION OF MINCED MEAT WITH HERBAL ADDITIVES

A.K. SUYCHINOV, ZH.S. YESSIMBEKOV, E.K. OKUSKHANOVA,
K.Y. DERBYSHEV, G.E. ZHUZZHASAROVA*, E.A. ZHASASYNOV

(Semey branch «Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry»,
29 Baitursynov str., Semey, 071410, Republic of Kazakhstan)
Corresponding author's e-mail: gulnur900607@gmail.com

The article examines the scientific and methodological foundations of using histological methods to study minced beef products with plant-based additives. In the modern food industry, minced beef formulations commonly include plant raw materials such as cereals, legumes, lentils, flour, black pepper, onion, and dietary fibers. Ensuring the accurate composition of the product, uniform distribution of ingredients, and compliance with technological requirements is an important issue. The study employed standard techniques of fixation, paraffin embedding, microtome sectioning, and hematoxylin-eosin staining. Histological analysis enabled the identification of morphological features of muscle, connective, and fat tissues, as well as plant cells, and allowed evaluation of their spatial arrangement and distribution. The results showed that plant additives may be evenly distributed or localized, directly affecting the technological and quality characteristics of the product. Histological analysis is also a reliable tool for detecting undeclared ingredients.

Keywords: histology, meat products, plant-based additives, microscopy, adulteration, quality control.

Kіpіcne

Қазіргі заманғы ет өнеркәсібі технологиялық үдерістерді оңтайландыру, өнімнің құрылымдық-механикалық қасиеттерін жақсарту, тағамдық құндылығын арттыру және өзіндік құнын жоғарлату мақсатында өсімдік текті қоспаларды кеңінен қолданады [1]. Өсімдік ингредиенттері ретінде өсімдік өнімдері, соя ақуыздары, дәнді дақылдар, крахмал, тағамдық талшықтар және өсімдік экстракттары пайдаланылады. Технологиялық артықшылықтарына қарамастан, өсімдік компоненттерін қолдану олардың мөлшері мен рецептурада көрсетілген құрамға сәйкестігін қатаң бақылауды талап етеді [2].

Осы уақытта ет өнеркәсібінде міндеттердің бірі кеңейту болып табылады өндірілетін өнімнің асортиментін. Бұл ретте жауап беретін өнімді жасау ғана маңызды емес тұтынушылардың сұранысы, сонымен қатар шығындарды азайту өндірісте, ең көп алу үшін пайдасы. Бұл үшін ет өнеркәсібінде қолданылатын көптеген технологиялар бар, соның ішінде әртүрлі технологияларды әзірлеу ақуыз қоспаларын, өсімдік қоспалары бар ет өнімдерін анықтап, олардың құрамын зерттеу [3,4]. Көрсетілген ет өнімдерінің дәмін, түсін және текстурасын жақсартудағы рөлі қасиеттері, сондай-ақ өнімнің құрлымын жақсарту үшін су мен майды байланыстыру қабілетіне байланысты [5]. Жоғары сапалы жалған өнім шикізаттың сапалық құрамын өзгерту, сондай-ақ

шикізатқа шетелдік қоспалар қосу арқылы өнім сапасын жақсартуды имитациялайды. Өңдеу көлемінің ұлғаюы және ет өнімдері асортиментінің кеңеюі жағдайында ет шикізатын өсімдік компоненттерімен ішінара немесе толық алмастыруға байланысты фальсификация қаупі арта түсуде. Бұл жағдай сенімді әрі объективті талдау әдістерін енгізу қажеттілігін туындатады. Осындай әдістердің бірі – технологиялық өңдеуден кейін де диагностикалық белгілерін сақтайтын тіндер мен жасушалардың микроструктурасын зерттеуге негізделген гистологиялық зерттеу әдісі [6].

Ет өндірісі саласында өсімдік текті шикізаттарды қоспа, басқа да өңделген түрлері ретінде дайын өнім құрамына қосып, ет өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылықтарын, функционалдық-технологиялық, құрылымдық-механикалық және т.б. қасиеттерін жақсартқан ғалымдар да бар [7]. Адам денсаулығы тағам өнімдерінің құрамына тікелей байланысты. Осы тұрғыдан алғанда, азық-түлік қоспалары қолданылатын өнімдер, әсіресе ет және ет өнімдері, ерекше назарды талап етеді. Себебі ет өнеркәсібі тағамдық қоспаларды ең кеңінен пайдаланатын салалардың бірі болып табылады. Бұл қоспалар өнімнің құрылымын, дәмін, түсін, сақталу мерзімін және технологиялық тұрақтылығын жақсарту мақсатында өндіріс процесінде кеңінен қолданылады [8]. Ет өнімдерінде тағамдық қоспаларды қолданудың себептері мен бағыт-

тары әртүрлі және олар көптеген технологиялық, экономикалық және функционалдық факторларға байланысты. Алайда бұл жұмыста тағамдық қоспалардың жіктелуі мен функционалдық қасиеттері егжей-тегжейлі қарастырылмайды, өйткені бұл мәселелер арнайы ғылыми және техникалық әдебиеттерде жеткілікті түрде толық сипатталған [9].

Гистология – тірі ағзалардың тіндерінің микроскопиялық құрылысын зерттейтін ғылым. Тағам өнімдерін сараптау барысында гистологиялық әдіс жануар және өсімдік текті тіндерді олардың морфологиялық ерекшеліктері бойынша естендіру үшін қолданылады. Әрбір тіннің өзіне тән құрылымы, жасуша пішіні және жасушааралық заты болады, бұл тағам өнімдерінің компоненттік құрамын дәл анықтауға мүмкіндік береді [10].

Ет шикізатын гистологиялық зерттеу және өнімдер классикалық микроқұрылымдық талдауға және әзірленген стандартталған әдістерге сәйкес жүргізілді: МЕМСТ 51604-2000 "Ет және ет өнімдері. Құрамды гистологиялық сәйкестендіру әдісі"; МЕМСТ 52480-2005 "Ет және ет өнімдері. Бірінші құрылымдық құрамының компоненттерді анықтау әдісі". Өсімдік қоспалары бар ет өнімдерін анықтау, технологиялық нұсқалар бойынша саралау және олардың сапасының сипаттамаларын анықтау МЕМСТ 31474-2012 "Ет және ет өнімдері" негізінде жүзеге асырылады. Зерттеу уақытын қысқартуға және алынған гистологиялық препараттардың сапасын едәуір арттыруға мүмкіндік беретін әдістердің авторлық модификациялары да қолданылды [11, 12].

Кескінді талдаудың компьютерлік жүйесін қолдана отырып, гистологиялық талдау әдісі карағанан жеткілікті түрде анықталған, бұл мүмкіндік береді ет өнімдерінің құрамын тиімді бақылау. Бұлшықет тіні көлденең жолақты бұлшықет талшықтарының болуымен, көп ядролылығымен және айқын бойлық жолақтылығымен сипатталады. Дәнекер тін әртүрлі тығыздықтағы коллаген және эластикалық талшықтардан тұрады, ал май тіні ірі липидті вакуольдермен ерекшеленеді. Өсімдік тіндеріне жасуша қабырғасының, вакуольдердің, крахмал дәндерінің, өткізгіш элементтердің және механикалық тіндердің болуы тән.

Зерттеудің мақсаты – өсімдік қоспалары бар ет өнімдерінің микроструктурасын жарық микроскопиясы әдісімен кешенді зерттеу.

Зерттеу міндеттері:

Ет өнімдерінің гистологиялық құрылымын талдау, жануар текті негізгі ұлпаларды

анықтау, өсімдік текті қоспалардың морфологиялық белгілерін айқындау, өсімдік, ингредиенттерінің ет өнімдерінің микроструктурасына әсерін бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Абай обылысы Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің Агротехнопарк зертханасының бактериология бөлімінде шикізаттың, ет және ет өнімдерінің (тартылған сиыр еті мен қосылған өсімдік тектес өнімдер) құрамын гистологиялық зертханалық тексеру үшін MICROS MC 100 бинокулярлық микроскопы (Австрия) пайдаланады. МЕМСТ 19496-2013 "Ет және ет өнімдері. Гистологиялық зерттеу әдісі", МЕМСТ 31796-2012 "Ет және ет өнімдері. Құрамның құрылымдық компоненттерін анықтаудың жеделдетілген гистологиялық әдісі" және МЕМСТ 34989-2023 "Ет және ет өнімдері". «Гистологиялық әдісті қолдана отырып, құрамды анықтаудың жалпы талаптары мен тәртібі» ет шикізатын бағалауға мүмкіндік береді, оның құрамына кіретін компоненттерді анықтау және құрамды бұрмалау жағдайларын анықтау, сондай-ақ нақты өнім үлгісінің құжаттамада немесе таңбалауда көрсетілген ақпаратқа сәйкестігін анықтау үшін зерттелді. Зерттеу нысандары ретінде өсімдік компоненттері қосылған өнеркәсіптік өндірістегі ет өнімдері алынды: тартылған ет және етке қосылған өсімдік тектес өнімдер.

Гистологиялық препараттарды дайындау

Алынған үлгілер 10%-дық бейтарап формалинде 24 сағат бойы бекітілді. Одан кейін материал спирттердің өспелі концентрацияларында сусыздандырылып, ксилолда мөлдірленіп, парафинге құйылды. Парафин блоктарынан микротом көмегімен қалыңдығы 5–7 мкм болатын кесінділер дайындалып, заттық әйнектерге орналастырылды.

Қолданылған реактивтер мен құралдар

Зерттеу объектілерін дайындау барысында негізгі шикізат ретінде тартылған сиыр еті пайдаланылды. Салыстырмалы талдау жүргізу мақсатында тағамдық дәмдеуіштер ретінде пияз және қара бұрыш қолданылды. Өсімдік текті шикізаттардан бидай ұны, ұнтақталған күріш және сублимациялық кептіруден өткізілген жасымық алынды. Сонымен қатар жануар текті қоспа ретінде сиырдың іш майы пайдаланылды.

Гистологиялық зерттеулер жүргізу үшін 10%-дық бейтарап формалин ерітіндісі (МЕМСТ 1625–2016), ет өнімдеріндегі жасуша

ядроларын бояуға арналған гематоксилин (ТУ 21.20.23-068-89079081-2022), бұлшықет талшықтарын айқындауға арналған эозин (ТУ 6-09-183-75), спирттің әртүрлі концентрациядағы ерітінділері (96°, 80°, 70°, 50°) (МЕМСТ 5962–67), ксилол (ТУ 2631-088-44493179-03), фенол (МЕМСТ 23519–93), фенолдың ксилолдағы ерітіндісі, канадалық бальзам және ағынды су қолданылды.

Зерттеу барысында келесі құрал-жабдықтар пайдаланылды: көлемі 1000 мл химиялық стакандар (МЕМСТ 25336–82), аналитикалық таразы (МЕМСТ 24104), Петри табақшалары (МЕМСТ 23932–90), заттық және жабын шынылар (МЕМСТ 9284–75), дозатор (МЕМСТ 28311–2021) және скальпель (МЕМСТ 21240–89).

Жұмыс барысы және зерттеу әдістерінің сипаттамасы:

Үлгілерді дайындау

Гистологиялық кесінділерді алу алдында зерттеу нысандары алдын ала дайындалды. Гомогенизацияланған тартылған сиыр етіне 5:1 қатынасында әртүрлі қоспалар (пияз, қара бұрыш, жасымық, күріш және іш май) қосылып, біртекті масса алынғанға дейін қолмен мұқият араластырылды. Дайын қоспалар 1×1×1 см көлеміндегі куб пішініне келтіріліп, медициналық дәке магадан жасалған дорбашаларға салынды. Гистологиялық зерттеу жүргізу үшін алынған үлгілер 10%-дық бейтарап формалин ерітіндісіне орналастырылды.

Фиксация

Гистологиялық зерттеулерде үлгілерді бекіту мақсатында формалин ерітіндісі қолданылды. Формалин тіндердің морфологиялық құрылымын бастапқы күйінде сақтауға мүмкіндік береді және микроскопиялық зерттеу кезінде деструктивті өзгерістердің алдын алады. Фиксация процесі ақуыздардың коагуляциясы нәтижесінде жүзеге асады.

Бейтарап формалин ерітіндісін дайындау үшін 35–40%-дық формальдегид ерітіндісіне 100 г кальций карбонаты (CaCO₃) қосылып, қоспа 1–2 тәулік бойы тұндырылды. Алынған ерітіндіден 10%-дық формалин дайындау үшін 100 мл ерітінді 900 мл ағынды сумен сұйылтылды. Зерттелетін үлгілерді бекіту үшін жылдам фиксациялау әдісі қолданылды. Дәке дорбашаларға салынған үлгілер бейтарап формалин ерітіндісіне орналастырылып, қайнауға дейінгі температурада 30–60 секунд

ұсталды. Фиксациядан кейін үлгілер ағынды суда шайылды.

Мұздатқыш микротомда кесу

Фиксацияланған үлгілер скальпель көмегімен тегістеліп, мұздатқыш микротомның үстеліне орналастырылды. Гистологиялық кесінділер “Рейхерт” типті шаналы мұздатқыш микротомда 30–40 мкм қалыңдықта алынды. Алынған кесінділер қайнатылған жылы суы бар Петри табақшасына көшіріліп, кейін заттық шыныларға орналастырылды.

Гистокесінділерді бояу

Гистологиялық кесінділер гематоксилин-эозин әдісімен боялды. Алдымен кесінділер гематоксилин ерітіндісінде боялып, ағынды сумен шайылды. Одан кейін цитоплазмалық құрылымдар мен бұлшықет талшықтарын айқындау үшін эозин ерітіндісі қолданылды. Бұл бояу әдісі бұлшықет, дәнекер және май ұлпаларын, сондай-ақ өсімдік текті жасушалық құрылымдарды айқын ажыратуға мүмкіндік береді. Бояу аяқталған соң кесінділер спирттің өсіп отыратын концентрацияларынан өткізіліп, ксилолда мөлдірлендіріліп, канадалық бальзам көмегімен жабын шынымен жабылды. Дайын гистопрепараттар микроскопиялық зерттеуге пайдаланылды.

Бояу әдістері

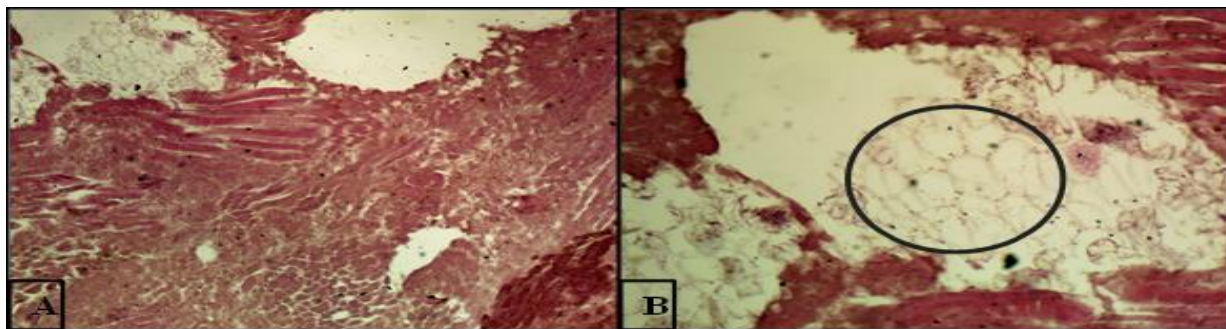
Ұлпалардың жалпы морфологиялық құрылымын бағалау үшін гематоксилин-эозин әдісі қолданылды. Бұл бояу әдісі бұлшықет, дәнекер және май ұлпаларын, сондай-ақ өсімдік текті жасушалық құрылымдарды айқын ажыратуға мүмкіндік береді.

Микроскопиялық зерттеу

Микроскопиялық талдау Micros MC 100 (XP) жарық микроскобы (MICROS, Austria) арқылы ×40, ×100 және ×400 үлкейтулерде жүргізілді. Алынған микропрепараттар морфологиялық ерекшеліктері мен құрылымдық элементтердің таралуын бағалау мақсатында талданды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

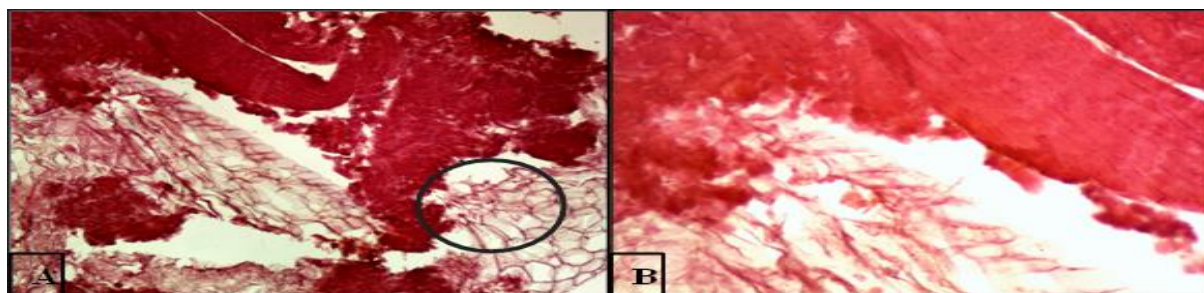
Гистологиялық зерттеу нәтижесінде ет өнімдерінің негізгі массасын ұсақталған бұлшықет ұлпасы құрайтыны анықталды. Бұлшықет талшықтары көлденең жолақты құрылымымен сипатталып, кейбір аймақтарда олардың ішінара бұзылғаны байқалды. Бұл жағдай шикізаттың механикалық және жылулық өңдеуден өткенін көрсетеді.



Сурет 1. Тартылған сиыр еті мен ұнтақталған жасымық қосылған үлгінің гистологиялық кескіндері: (А) 4× үлкейтуде алынған жалпы көрініс, (В) 10× үлкейтуде алынған микроскопиялық гистокескін.

Тартылған сиыр етіне жасымық қоспасы енгізілген үлгілердің гистологиялық кесінділері гематоксилін–эозин әдісімен боялды. Микроскопиялық талдау көрсеткендей, гематоксилін ядроларды көк-күлгін түске бояй отырып, ядролық материалды айқын визуализациялайды, ал эозин цитоплазма мен

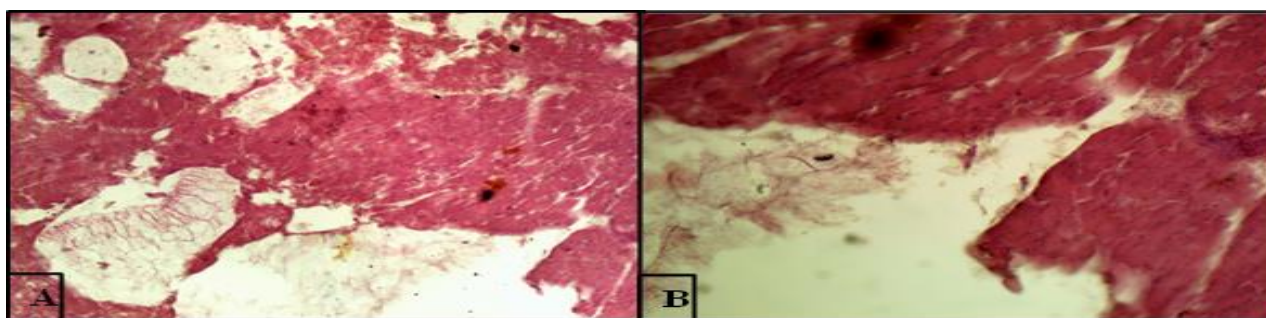
бұлшықет талшықтарын қызғылт түске бояп, жасушалық және талшықтық құрылымдарды бөлектейді. Нәтижесінде, компоненттердің үлгідегі таралуын, біркелкілігін және құрылымдық қатынасын жоғары дәлдікпен бағалауға болады.



Сурет 2. Тартылған ет және пияз қосылған үлгі (А) 4x ұлғайтылған кескін, (В) 10x ұлғайтылған гистокескіндер

Гематоксилін–эозинмен боялған гистокесінділерде қанық қызыл түске боялған бұлшықет тіндерінің көлденең қималары және пияздың жартылай мөлдір паренхималық

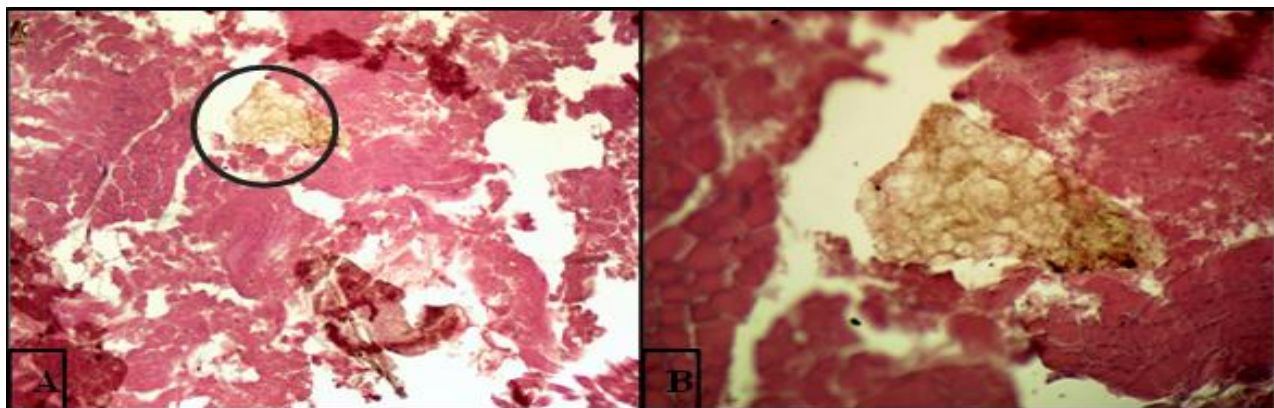
жасушалары айқын ажыратылады, бұл өсімдік текті компоненттердің ет матрицасында морфологиялық тұрғыдан жақсы сәйкестеніп орналасқанын көрсетеді.



Сурет 3. Тартылған ет және ұнтақталған күріш қосылған үлгі (А) 4x ұлғайтылған кескін, (В) 10x ұлғайтылған гистокескіндер.

Сурет 3А-да күріш ұнтағы ашық түсті, жартылай мөлдір құрылым ретінде айқын көрінеді, ал бұлшықет тіндері көлденең жолақты морфологиясымен және гематоксилінмен боялған жасуша ядроларының болу-

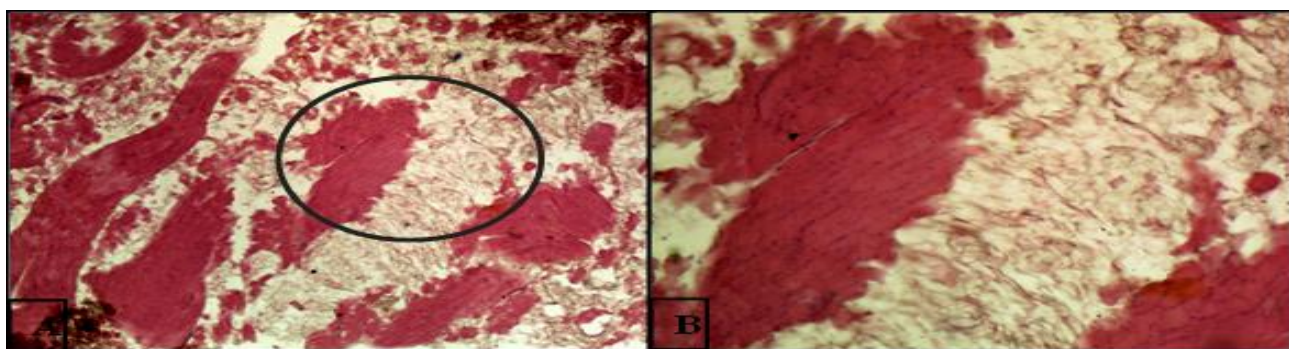
ымен сипатталады. Сурет 3В-де күріш ұнтағының жасушалық құрылымы анық бейнеленіп, өсімдік текті компоненттің ет матрицасындағы морфологиялық сәйкестігі расталады.



Сурет 4. Тартылған ет және қара бұрыш қосылған үлгі (А) 4х ұлғайтылған кескін, (В) 10х ұлғайтылған гистокескіндер

Сурет 4А-да бұлшықет тіндерінің көлденең және бойлық бағыттағы талшықтық құрылымы айқын байқалады. Ал Сурет 4В-де қара бұрыш бөлшектері қара-қоңыр түске

боялған, жартылай мөлдір морфологиялық құрылым ретінде анықталып, олардың ет матрицасындағы таралуы көрінеді.



Сурет 5. Тартылған ет және бидай ұны қосылған үлгі (А) 4х ұлғайтылған кескін, (В) 10х ұлғайтылған гистокескіндер

Сурет 5А-да бұлшықет жасушаларының көлденең бағыттағы талшықтық құрылымы және бидай ұны бөлшектерінің әртүрлі пішінді морфологиялық элементтері айқын байқалады. Сурет 5В-де бидай ұнының 10× үлкейтуде алынған кескінінде өсімдік текті бөлшектердің жасушалық құрылымы анық көрінеді, бұл олардың ет матрицасындағы біркелкі таралуын көрсетеді.

Дәнекер ұлпа әртүрлі қалыңдықтағы коллаген талшықтары түрінде көрініс тапты. Май ұлпасы жеке май тамшылары мен вакуольдер түрінде анықталып, ақуыз-бұлшықет матрицасында біркелкі таралған. Өсімдік қоспалары айқын жасуша қабырғалары, дұрыс емес пішінді өсімдік жасушалары және крахмал түйіршіктері арқылы анықталды. Көптеген микропрепараттарда өсімдік талшықтарының ісінуі байқалды, бұл олардың су байланыстыру процесіне белсенді қатысатынын дәлелдейді [13].

Гистологиялық әдіс өсімдік қоспаларының болуын ғана емес, олардың дисперстілік дәрежесін де бағалауға мүмкіндік береді, бұл жаңа рецептураларды әзірлеу мен өнім сапасын бақылауда маңызды.

Қорытынды

Өсімдік қоспалары бар ет өнімдерінің гистологиялық зерттелуі Micros MC 100 (XP) микроскобын қолдану арқылы әдістің жоғары ақпараттылығы мен сенімділігін көрсетті. Бұл әдіс жануар және өсімдік текті тіндерді дәл сәйкестендіруге, фальсификацияны анықтауға және өнім сапасын бағалауға мүмкіндік береді. Гистологиялық талдауды зертханалық бақылау тәжірибесіне енгізу ғылыми тұрғыдан негізделген және перспективалы бағыт болып саналады. Өсімдік ингредиенттерінің ет өнімдерінің микроструктурасына оң әсер етіп, тұрақты және тығыз құрылым түзуге ықпал ететіні анықталды [14].

Гистологиялық талдау әдісі ет өнімдерінің сапасын бақылауда, ғылыми зерттеулерде және ветеринариялық-санитариялық сараптамада қолдануға ұсынылады.

Тартылған сиыр етіне әртүрлі өсімдік қоспалары (жасымық, пияз, күріш ұнтағы, қара бұрыш және бидай ұны) қосылған үлгілердің гистологиялық кесінділері гематоксилин–эозин әдісімен боялып, микроскопиялық зерттелді. Бұл әдіс ядролық және цитоплазмалық құрылымдарды айқын контрастта көрсетуге мүмкіндік беріп, жануар және өсімдік текті компоненттердің морфологиялық ерекшеліктерін сенімді түрде ажыратуға жағдай жасады. Гистологиялық талдау тартылған етке енгізілген өсімдік қоспаларының әрқайсысы өзіне тән морфологиялық белгілермен сенімді түрде анықталатынын көрсетті. Барлық үлгілерде бұлшықет тінінің көлденең жолақты құрылымы мен көп ядролы талшықтары гематоксилин–эозинмен айқын боялып, ет тінінің морфологиялық тұтастығы сақталғаны дәлелденді.

Салыстырмалы түрде алғанда, жасымық қосылған үлгіде ірі, қалың қабырғалы өсімдік жасушалары мен вакуольдердің болуы байқалды, бұл оның суды байланыстыру қабілетінің жоғары екенін көрсетті. Пияз қосылған үлгіде жартылай мөлдір, ірі вакуольді жасушалар анықталып, ет матрицасында біркелкі таралғаны байқалды. Күріш ұнтағы бар үлгіде ұсақ, крахмалға бай түйіршіктер басым болып, бұлшықет талшықтарының арасында тығыз толтырғыш ретінде орналасқаны анықталды. Қара бұрыш қосылған үлгіде қою түсті, тығыз өсімдік бөлшектері көрініп, олардың құрылымы ет тінінен айқын морфологиялық айырмашылық көрсетті. Бидай ұны қосылған үлгіде крахмал дәндері мен ұсақ өсімдік бөлшектері бұлшықет талшықтары арасында біркелкі таралып, ақуызды матриксті нығайтқаны байқалды.

Бұл гистологиялық әдістің тартылған еттерге өсімдік қоспаларының түрі мен таралуын дәл анықтауға мүмкіндік беретін жоғары тиімді құрал екенін дәлелдейді. Жалпы алғанда, жүргізілген гистологиялық зерттеулер өсімдік қоспаларының әрқайсысының өзіндік морфологиялық белгілерге ие екенін көрсетті. Бұлшықет тінінің көлденең жолақты құрылымы мен ядролары гематоксилин–эозинмен айқын боялса, өсімдік текті компоненттер жасуша қабырғалары, вакуольдер және крахмал дәндері арқылы анықталды. Осы айырмашылықтар гистологиялық әдістің ет өнімдерінің құрамын объективті түрде бағалауда,

қоспалардың бар-жоғын және олардың таралу сипатын анықтауда жоғары тиімді екенін дәлелдейді 15.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу ҚР Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024–2026 жылдарға арналған BR24892775 ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында орындалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Козлова Т.А. К вопросу безопасности и контроля качества мясного сырья и мясных продуктов в России // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2012. № 5(5). С. 33–38.
2. Хвыля С.И., Пчелкина В.А., Бурлакова С.С. Применение гистологического анализа при исследовании мясного сырья и готовых продуктов // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 3(26). С. 1–7.
3. Owusu-Ansah P., Kwarteng E., Bonah E., Amagloh F.K. Non-meat ingredients in meat products: A scoping review // *Journal Applied Food Research*. 2022. V. 2(1). P. 100–114. doi: 10.1016/j.afres.2022.100044
4. Зобнина Л.С., Прошко Л.А., Машанов А.И. Функционально-технологические свойства белокосдержающих добавок и белковых препаратов // *Вестник Крас ГАУ*. -2009. -№ 7. -С. 151–154.
5. Velemir A. Effects of non-meat proteins on the quality of fermented sausages // *Journal Foods and Raw Materials*. 2020. V. 8(2). P. 259–267. doi: 10.21603/2308-4057-2020-2-259-267
6. Пат. No 252915 Российская Федерация МПК А 23 L 1/304, 1/317. Полуфабрикат мясорастительный рубленый обогащенный / А.И. Окара, А В. Алешков, К.Г. Земляк заявитель и патенто-обладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Хабаровская государственная академия экономики и права» (ФГБОУ ВПО «ХГАЭП»). – опубл.– 27.09.2014, Бюл. No 27.
7. Земляк, К.Г. Маньчжурский орех как перспективное сырье для получения пищевых продуктов сбалансированного состава / К.Г. Земляк, А.И. Окара, Т.К. Каленик // *Масложировая промышленность*. – 2009. – No. 6. – С. 34-36.
8. Nair M. S., Nair D. V. T., Johny A. K., Venkitanarayanan K. (2020). Use of food preservatives and additives in meat and their detection techniques. In A. K. Biswas & P. K. Mandal (Eds.), *Meat Quality Analysis* (pp. 187–213). Academic Press
9. Ciobanu, M.-M., Flocea, E.-I., & Boișteanu, P.-C. (2024). The Impact of Artificial and Natural Additives in Meat Products on Neurocognitive Food Perception: A Narrative Review. *Foods*, 13(23), 3908. <https://doi.org/10.3390/foods13233908>
10. Pchelkina V. A. (2024). Применение микроскопических методов для исследования качества мяса и мясных продуктов. *Пищевые*

системы, 7(2), 253–262. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-253-262>

11. ГОСТ 31474-2012. Ет және ет өнімдері. Гистологиялық әдіс арқылы тағамдық қоспаларды анықтау. – Разработан: ГНУ «Всероссийский фылыми-зерттеу институт ет өнеркәсібі имени В. М. Горбатова», 2012. – 12 б

12. Хвыля, С. И. Ет сапасын бақылау: гистологиялық әдістер / С. и. Хвыля, В. А. Пчелкина // сапаны бақылау өнімдер. – 2013. - №10-30-34 с.

13. MICROSTRUCTURAL IDENTIFICATION OF MEAT PRODUCTS TISSUE COMPOSITION. (2023). Microstructural identification of meat products tissue composition. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-251-257.14. ГОСТ 31796-2012.

14. Пчелкина В.А. Применение микроскопических методов для исследования качества мяса и мясных продуктов. Пищевые системы.2024; 7(2): 253–262. DOI:10.21323/2618-9771-2024-7-2-253-26

15. Жаринов А. И., Рогов И. А. Гистологические методы контроля качества мясных продуктов — М.: Колос, 2010. — 256 с.

REFERENCES

1. Kozlova T.A. K voprosu bezopasnosti i kontrolya kachestva myasnogo syr'ya i myasnykh produktov v Rossii [On the Issue of Safety and Quality Control of Meat Raw Materials and Meat Products in Russia] // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2012. – No. 5(5). – P. 33–38. (In Russian)

2. Khvylya S.I., Pchelkina V.A., Burlakova S.S. Primenenie gistologicheskogo analiza pri issledovanii myasnogo syr'ya i gotovykh produktov [Application of Histological Analysis in the Study of Meat Raw Materials and Finished Products] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2012. – No. 3(26). – P. 1–7. (In Russian)

3. Owusu-Ansah P., Kwarteng E., Bonah E., Amagloh F.K. Non-meat Ingredients in Meat Products: A Scoping Review // Journal of Applied Food Research. – 2022. – Vol. 2(1). – P. 100–114. doi: 10.1016/j.afres.2022.100044

4. Zobnina L.S., Proshko L.A., Mashanov A.I. Funktsional'no-tekhnologicheskie svoystva belksoderzhashchikh dobavok i belkovykh preparatov [Functional and Technological Properties of Protein-Containing Additives and Protein Preparations] // Vestnik KrasGAU. – 2009. – No. 7. – P. 151–154. (In Russian)

5. Velemir A. Effects of Non-meat Proteins on the Quality of Fermented Sausages // Foods and Raw Materials. – 2020. – Vol. 8(2). – P. 259–267. doi: 10.21603/2308-4057-2020-2-259-267

6. Okara A.I., Aleshkov A.V., Zemlyak K.G. Polufabrikat myasorastitel'nyy rublenyy obogashchenny [Enriched Chopped Meat-and-Vegetable Semi-Finished Product]. Patent RF No. 252915, MPK A23L 1/304, A23L 1/317. Publ. 27.09.2014, Byul. No. 27. (In Russian)

7. Zemlyak K.G., Okara A.I., Kalenik T.K. Man'chzhurskiy orekh kak perspektivnoye syr'e dlya polucheniya pishchevykh produktov sbalansirovannogo sostava [Manchurian Walnut as a Promising Raw Material for Producing Food Products of Balanced Composition] // Maslozhirovaya promyshlennost'. – 2009. – No. 6. – P. 34–36. (In Russian)

8. Nair M.S., Nair D.V.T., Johny A.K., Venkitanarayanan K. Use of Food Preservatives and Additives in Meat and Their Detection Techniques // In: Biswas A.K., Mandal P.K. (Eds.). Meat Quality Analysis. – Academic Press, 2020. – P. 187–213.

9. Ciobanu M.-M., Flocea E.-I., Boișteanu P.-C. The Impact of Artificial and Natural Additives in Meat Products on Neurocognitive Food Perception: A Narrative Review // Foods. – 2024. – Vol. 13(23). – Article 3908. doi: 10.3390/foods13233908

10. Pchelkina V.A. Primenenie mikroskopicheskikh metodov dlya issledovaniya kachestva myasa i myasnykh produktov [Application of Microscopic Methods for Assessing the Quality of Meat and Meat Products] // Pishchevye sistemy. – 2024. – Vol. 7(2). – P. 253–262. doi: 10.21323/2618-9771-2024-7-2-253-262. (In Russian)

11. ГОСТ 31474–2012. Myaso i myasnye produkty. Gistologicheskii metod opredeleniya sostava [Meat and Meat Products. Histological Method for Determining Composition]. – Moscow, 2012. – 12 p. (In Russian)





12. Khvylya S.I., Pchelkina V.A. Kontrol' kachestva myasa: gistologicheskie metody [Meat Quality Control: Histological Methods] // Kontrol' kachestva produktov. – 2013. – No. 10. – P. 30–34. (In Russian)

13. Microstructural Identification of Meat Products Tissue Composition // Vestnik KrasGAU. – 2023. – No. 11. – P. 251–257. doi: 10.36718/1819-4036-2023-11-251-257

14. ГОСТ 31796–2012. Myaso i myasnye produkty. Metody gistologicheskogo issledovaniya [Meat and Meat Products. Methods of Histological Examination]. (In Russian)

15. Zharinov A.I., Rogov I.A. Gistologicheskie metody kontrolya kachestva myasnykh produktov [Histological Methods for Quality Control of Meat Products]. – Moscow: Kolos, 2010. – 256 p. (In Russian)

ОЦЕНКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ СУШЕНЫХ АБРИКОСОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Дж.А. РАХМОНОВА , Дж.Н. РАШИДОВ ,
Н.А. ТОШХОДЖАЕВ , О.Ш. ИСМОИЛОВА 

(Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета
имени академика М. С. Осими, Таджикистан)

Электронная почта автора корреспондента: rahmonovajamilya_1984@mail.ru

В представленной научной статье изложены комплексные результаты исследования потребительских достоинств и качественных характеристик сушеных абрикосов, произведенных в уникальных климатических условиях Северного Таджикистана. Актуальность работы обусловлена необходимостью систематизации данных о пищевой ценности местных сортов в контексте их экспортного потенциала и промышленной переработки. Объектами исследования послужили образцы абрикосов, отобранные на территории Национального парка города Гулистон (Согдийская область), что позволило учесть влияние специфического прибрежного микроклимата на биохимический состав плодов. В ходе работы был проведен многофакторный органолептический и физико-химический анализ трех наиболее распространенных и экономически значимых методов оценки, включая профильный сенсорный анализ, определение сахарокислотного индекса и содержания сухих веществ рефрактометрическим способом. Авторами детально описана корреляционная зависимость между генетическими особенностями сортов и их товарными показателями после естественной дегидратации. В результате экспериментальных данных установлено решающее влияние традиционных методов солнечной сушки и климатических факторов Ферганской долины на формирование ароматического и вкусового профиля готового продукта. Установлено, что сорт «Кандак» является безусловным лидером по концентрации инвертных сахаров, в то время как сорт «Бобои» демонстрирует наилучшие показатели текстурной плотности и визуальной привлекательности, что определяет его высокую конкурентоспособность на международном рынке. Сорт «Мирсанджали» показал наибольшую технологическую гибкость, сохраняя оптимальный баланс сухих веществ при различных способах сушки. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных данных для стандартизации качества сухофруктов региона и разработки рекомендаций по оптимизации процессов сушки для сохранения максимальной биологической ценности продукта.

Ключевые слова: абрикос, сушеные фрукты, курага, Северный Таджикистан, город Гулистон, потребительские свойства, органолептический анализ, сорт «Бобои», сорт «Кандак», сорт «Мирсанджали», пищевая ценность, микроклимат, Ферганская долина.

СОЛТҮСТІК ТӘЖІКСТАННЫҢ КЕПТІРІЛГЕН ӨРІКТЕРІНІҢ ТҮТЫНУШЫЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН БАҒАЛАУ

Дж.А. РАХМОНОВА, Н.Дж. РАШИДОВ,
Н.А. ТОШХОДЖАЕВ, О.Ш. ИСМОИЛОВА

(Академик М. С. Осими атындағы Тәжік техникалық университетінің
Худжанд политехникалық институты Тәжікстан)

Корреспондент авторының электрондық поштасы: rahmonovajamilya_1984@mail.ru

Ұсынылған ғылыми мақалада Солтүстік Тәжікстанның бірегей климаттық жағдайларында өндірілген кептірілген өріктердің (өрік қағы және қайса) тұтынушылық артықшылықтары мен сапалық сипаттамаларын зерттеудің кешенді нәтижелері баяндалған. Жұмыстың өзектілігі жергілікті сорттардың экспорттық әлеуеті мен өнеркәсіптік өңдеу тұрғысында олардың тағамдық құндылығы туралы мәліметтерді жүйелеу қажеттілігімен негізделді. Зерттеу нысаны ретінде Гулистон қаласының (Согды облысы) Ұлттық паркі аумағында іріктелген өрік үлгілері алынды, бұл жағалаудағы өзіндік микроклиматтың жемістердің биохимиялық құрамына әсерін ескеруге мүмкіндік берді. Жұмыс барысында ең көп таралған және экономикалық маңызы бар үш помологиялық сорттың («Бобои», «Мирсанджали» және «Кандак») көпфакторлы органолептикалық және физика-химиялық талдауы жүргізілді. Зерттеу профильді сенсорлық талдауды, қант-қышқыл индексіні анықтауды және рефрактометриялық әдіспен құрғақ заттардың мөлшерін өлшеуді қоса алғанда, заманауи

бағалау әдістеріне негізделген. Авторлар сорттардың генетикалық ерекшеліктері мен олардың табиғи дегидратациядан кейінгі тауарлық көрсеткіштері арасындағы корреляциялық тәуелділікті егжей-тегжейлі сипаттаған. Эксперименттік мәліметтер нәтижесінде дәстүрлі күн астында кептіру әдістері мен Ферғана алқабының климаттық факторларының дайын өнімнің хош иісі мен дәмдік профилінің қалыптасуына шешуші әсері анықталды. «Кандак» сорты инвертті қанттардың концентрациясы бойынша сөзсіз көшбасшы екені, ал «Бобои» сорты текстуралық тығыздығы мен визуалды тартымдылығы бойынша ең жақсы көрсеткіштерді көрсететіні дәлелденді, бұл оның халықаралық нарықтағы жоғары бәсекеге қабілеттілігін айқындайды. «Мирсанджали» сорты кептірудің әртүрлі әдістері кезінде дәрумендердің оңтайлы тепе-теңдігін сақтай отырып, ең жоғары технологиялық икемділік көрсетті. Жұмыстың практикалық маңыздылығы алынған мәліметтерді аймақтағы кептірілген жемістердің сапасын стандарттау және өнімнің максималды биологиялық құндылығын сақтау үшін кептіру процестерін оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірлеу үшін пайдалану мүмкіндігінде жатыр.

Негізгі сөздер: өрік, кептірілген жемістер, өрік қағы (курага), Солтүстік Тәжікстан, Гулистон қаласы, тұтынушылық қасиеттер, органолептикалық талдау, физика-химиялық көрсеткіштер, «Бобои» сорты, «Кандак» сорты, «Мирсанджали» сорты, тағамдық құндылығы, микроклимат, Ферғана алқабы.

EVALUATION OF CONSUMER PROPERTIES OF DRIED APRICOTS FROM NORTHERN TAJIKISTAN

J.A. RAHMONOVA, N.J. RASHIDOV,
N.A. TOSHKHODJAEV, O.SH. ISMOILOVA

(Khujand Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after Academician M. S. Osimi, Tajikistan)
Corresponding author's email: rahmonovajamilya_1984@mail.ru

The scientific article presents comprehensive results of a study on the consumer attributes and quality characteristics of dried apricots (kuraga and kaisa) produced under the unique climatic conditions of Northern Tajikistan. The relevance of the work is determined by the need to systematize data on the nutritional value of local varieties in the context of their export potential and industrial processing. The objects of the study were apricot samples collected in the National Park of Guliston city (Sughd region), which allowed for considering the influence of the specific coastal microclimate on the biochemical composition of the fruit. During the research, a multivariate organoleptic and physico-chemical analysis of the three most common and economically significant pomological varieties was conducted: "Boboi", "Mirsanjali", and "Kandak". The study was based on modern evaluation methods, including profile sensory analysis, determination of the sugar-acid index, and soluble solids content using the refractometric method. The authors describe in detail the correlation between the genetic characteristics of the varieties and their commercial parameters after natural dehydration. The experimental data established the decisive influence of traditional sun-drying methods and the climatic factors of the Fergana Valley on the formation of the aromatic and flavor profile of the finished product. It was found that the "Kandak" variety is the absolute leader in the concentration of invert sugars, while the "Boboi" variety demonstrates the best indicators of textural density and visual appeal, which determines its high competitiveness in the international market. The "Mirsanjali" variety showed the greatest technological flexibility, maintaining an optimal balance of vitamins under various drying methods. The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained data to standardize the quality of dried fruits in the region and develop recommendations for optimizing drying processes to preserve the maximum biological value of the product.

Keywords: apricot, dried fruits, dried apricots, Northern Tajikistan, Guliston city, consumer properties, organoleptic analysis, physico-chemical parameters, "Boboi" variety, "Kandak" variety, "Mirsanjali" variety, nutritional value, microclimate, Fergana Valley.

Введение

Северный Таджикистан, географически охватывающий часть Ферганской долины, исторически и традиционно признан одной из ведущих зон промышленного возделывания абрикоса на евразийском пространстве [1, 2].

Уникальный агроклиматический потенциал данного региона, характеризующийся экстремально высоким уровнем солнечной

инсоляции, продолжительным вегетационным периодом и специфически низкой влажностью атмосферного воздуха, создает идеальные условия для естественного накопления сухих веществ в плодах. Благодаря этим факторам, продукция, произведенная в Согдийской области, обладает исключительными вкусовыми характеристиками, интенсивным ароматом и повышенной концентрацией природных сахар-

ов, что выделяет её на фоне мировых аналогов [3-6].

В современных условиях глобализации продовольственных рынков и реализации стратегий импортозамещения, вопросы объективной оценки качества и идентификации потребительских свойств местных сортов приобретают статус приоритетной научной задачи. Особую значимость это имеет для продукции из экологически чистых зон, таких как Национальный парк города Гулистон, где микроклиматические условия способствуют формированию уникального биохимического профиля плодов [2].

Несмотря на многовековой опыт выращивания, комплексная научная оценка современных товарных качеств сушеной продукции сортов «Бобои», «Кандак» и «Мирсанджали» требует актуализации с применением современных физико-химических и органолептических методов анализа.

Настоящая работа направлена на выявление корреляционных связей между сортовыми особенностями и качественными показателями готового продукта, что необходимо для повышения конкурентоспособности таджикской кураги на международных рынках и совершенствования стандартов пищевой промышленности республики [1].

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнялась на базе образцов абрикосов, произрастающих на территории Национального парка города Гулистон (Согдийская область, Таджикистан). Данная локация характеризуется специфическим микроклиматом, формирующимся под влиянием близости Кайракумского водохранилища, что создает особые условия для вегетации косточковых культур.

Для сравнительного анализа были отобраны три доминирующих помологических сорта: «Бобои», «Кандак» и «Мирсанджали».

Отбор проб производился в фазе полной потребительской зрелости плодов. Процесс сушки осуществлялся традиционным воздушно-солнечным методом, исключая использование агрессивных химических реагентов, что позволило оценить естественный потенциал потребительских свойств каждого сорта.

В процессе оценки применялись следующие методы:

Органолептический анализ: проводился профильным методом согласно ГОСТ ISO 6658-2016. Оценивались дескрипторы: «интенсивность окраски», «выраженность абрикосового аромата» и «гармоничность вкуса» [4].

Физико-химические измерения: определение массовой доли влаги (термогравиметрическим методом) и концентрации растворимых сухих веществ (рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013)[1,6,7].

Результаты и их обсуждения

В ходе работы была проанализирована корреляционная зависимость между сортовыми особенностями абрикосов, произрастающих в Согдийской области, и их ключевыми потребительскими свойствами после процесса естественной дегидратации [5].

Сравнительный биохимический профиль: анализ показал, что сорт «Кандак» демонстрирует обратную корреляцию между размером плода и концентрацией сухих веществ. Несмотря на мелкоплодность, данный сорт является эталоном по содержанию сахаров (до 28,2%). В отличие от него, сорт «Бобои» обладает повышенным содержанием пектиновых веществ, что обеспечивает ему высокую «мясистость» и способность сохранять форму при транспортировке в сушеном виде (курага).

Органолептическая идентификация.

Была разработана профильная диаграмма вкусовых достоинств (по 5-балльной шкале) [1].

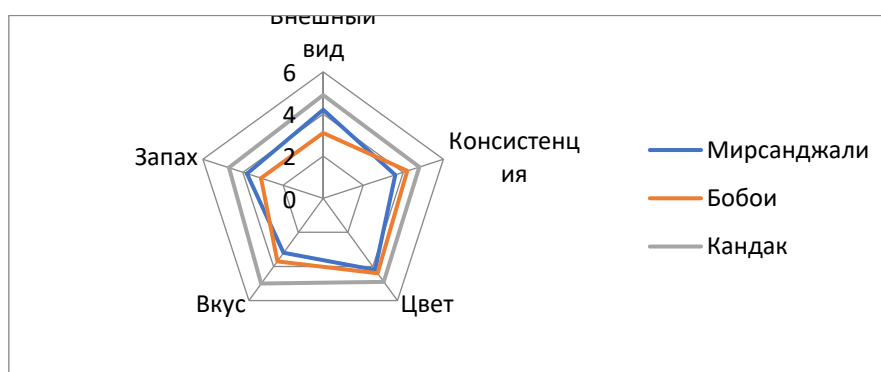


Рисунок 1. Диаграмма 1. Органолептическая оценка сушеных абрикосов Северного Таджикистана

«Мирсанджали»: характеризуется наиболее сбалансированным соотношением сахарокислотного индекса. В его вкусовом профиле преобладают тонкие фруктовые ноты, что обусловлено высокой сохранностью эфирных масел при сушке в тени («сояги») [8, 9].

«Бобои»: получил максимальный балл по показателю «товарный вид». Его яркая оранжевая пигментация свидетельствует о высокой концентрации бета-каротина, сохраняющегося даже без интенсивной сульфитации [7].

«Кандак»: выделяется специфическим «медовым» послевкусием и плотной, почти карамелизированной структурой мякоти и очень сладким вкусом.

Установлено, что выбор сорта напрямую определяет назначение продукта:

- сорт «Бобои» оптимален для производства высших сортов кураги (без косточки);
- «Кандак» традиционно предпочтителен для изготовления «Кураги» (сушка с ядром внутри), так как высокая сахаристость мякоти препятствует пересыханию околоплодника;
- «Мирсанджали» является универсальным сортом, однако его потребительские свойства наиболее полно раскрываются в производстве кураги [10, 11, 14].

Сравнительные показатели качества сушеных абрикосов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная матрица потребительских показателей (средние значения)

Параметр оценки	Бобои	Кандак	Мирсанджали
Коэффициент восстановления (обводнения)	1.84	1.52	1.71
Индекс сладости (Brix, % в сухом остатке)	14.0	28.2	11.0
Текстурная плотность (Н/см ²)	4.2	5.8	4.5

Источник: [сделано автором]

В ходе исследования нами была выявлена четкая дифференциация рыночных ниш для сушеной продукции Северного Таджикистана, обусловленная спецификой сортовых признаков.

Сорт «Бобои» обладает набором характеристик, которые максимально соответствуют требованиям технических регламентов и потребительским предпочтениям стран Евразийского экономического союза (в частности, России и Казахстана). Ключевым фактором здесь выступает «товарный вид» продукции:

– после сушки плоды сохраняют объем, что визуально выделяет их на торговых полках в категории «экстра» и «премиум».

– высокое содержание пектиновых веществ обеспечивает плотную структуру мякоти, которая не деформируется при длительной транспортировке и фасовке в современную вакуумную или модифицированную упаковку.

– интенсивный оранжевый цвет, характерный для «Бобои», ассоциируется у потребителей стран с качеством и высоким содержанием витаминов, что обеспечивает сорту быструю оборачиваемость в торговых сетях [8, 10].

Несмотря на более скромные визуальные параметры (меньший калибр) сорт «Кандак» доминирует на внутреннем рынке, и остается безусловным лидером потребительских симпатий внутри Таджикистана. Это обусловлено его

глубокими диетическими и лечебными свойствами:

– уникальный биохимический состав, высокая концентрация легкоусвояемых сахаров и микроэлементов (особенно калия и магния) делает этот сорт природным функциональным продуктом. В народной медицине и местной культуре питания «Кандак» позиционируется как средство для укрепления сердечно-сосудистой системы и повышения иммунитета.

– традиционное использование, благодаря «медовой» сладости, этот сорт не требует дополнительной кулинарной обработки и является самостоятельным полезным десертом, что крайне важно для культуры «суфра» (традиционного стола).

– экологическая чистота, так как сорт «Кандак» чаще всего подвергается сушке с косточкой «Курага» без использования диоксида серы, что сохраняет его статус органического продукта, востребованного среди местного населения, ориентированного на натуральное питание [15].

Заключение

Проведенный анализ позволяет сформировать двухуровневую модель коммерциализации абрикосовой продукции Северного Таджикистана, исходя из специфики сортовых характеристик и запросов различных групп потребителей.

Сорт «Бобой» следует рассматривать как основной инструмент экспансии на рынки Евразийского экономического союза. Его конкурентоспособность в данном регионе базируется на разных факторах:

- потребитель в странах ЕАЭС при выборе кураги ориентируется на «классический» профиль: крупный размер, мягкая эластичная текстура и умеренная кислотность. «Бобой» идеально попадает в этот запрос, обладая мясистой консистенцией, которая сохраняется даже при длительном хранении и транспортировке на значительные расстояния.

- высокий выход готовой продукции и устойчивость мякоти к механическим воздействиям делают этот сорт оптимальным сырьем для кондитерской и хлебопекарной промышленности стран ЕАЭС, где сушеный абрикос используется как премиальный ингредиент.

В то время как «Бобой» ориентирован на массовый сегмент, сорт «Кандак» представляет собой продукт с высокой добавленной стоимостью в категории «Здоровье и Благополучие».

- уникальность «Кандака» заключается в аномально высоком содержании калия, железа и инвертных сахаров. Это позволяет позиционировать его не просто как сладость, а как «природный концентрат» для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. На внутреннем рынке Таджикистана этот факт уже является устоявшимся потребительским знанием, что обеспечивает стабильный спрос.

- сорт «Кандак» часто подвергается сушке естественным способом без применения сульфитации (окуривания серой), что придает ему более темный, естественный вид. На внешних рынках (особенно в крупных мегаполисах) растет спрос на «dirty food» — продукты с натуральным внешним видом без химической обработки. «Кандак» идеально вписывается в концепцию органического земледелия и экологически чистого продукта из Центральной Азии.

- благодаря производству «Кураги» (сушеного абрикоса), сорт «Кандак» является уникальным сувенирным продуктом, обладающим потенциалом для продвижения в рамках программ развития экспорта национальных брендов Таджикистана.

Сорт «Мирсанджали» в данной экосистеме выполняет роль «балансира». Обладая нежной текстурой и тонким вкусом, он наиболее востребован в потребительском сегменте как внутри республики, так и за её

пределами, благодаря своей способности гармонично сочетаться с другими ингредиентами в десертах.

Полученные результаты могут быть использованы агропромышленными предприятиями Согдийской области для сортового районирования и разработки маркетинговых стратегий по продвижению национальных брендов сухофруктов на внешние рынки. Рекомендуется дальнейшее внедрение стандартов экологической сертификации для усиления позиций сорта «Кандак» как уникального биопродукта региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исмоилова О.Ш., Рахмонова Дж. А., Тошходжаев Н.А., Определение потребительских свойств боярышника сортов северного Таджикистана. //Вестник алматинского технологического университета Выпуск № 1 (151). -2026.-С.98-103.
- 2.Рахмонова, Тошходжаев, Рахимова. Качественный анализ функционального печенья //ВЕСТНИК Алматинского технологического университета Выпуск № 148,- № 2 (2025)
3. ГОСТ 32896-2014. Фрукты сушеные. Общие технические условия. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
4. ГОСТ ISO 6658-2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. – М.: Стандартинформ, 2017. – 28 с.
5. Гафуров, К. Х. Современные технологии переработки сельскохозяйственной продукции Таджикистана / К. Х. Гафуров, А. Н. Джураев. – Душанбе: Ирфон, 2020. – 240 с.
6. Дадамирзаев, А. С. Исследование пищевой ценности и потребительских свойств сушеных абрикосов Центральной Азии / А. С. Дадамирзаев // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 2. – С. 312–325.
7. Исмаилов, М. И. Агробиологические особенности сортов абрикоса Согдийской области / М. И. Исмаилов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2019. – № 3 (206). – С. 45–52.
8. Мадвалиева, М. С. Оценка качества косточковых культур при различных методах сушки / М. С. Мадвалиева, Т. А. Салимов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 1. – С. 88–97.
9. Мирзоев, С. Х. Экспортный потенциал плодовоовощной продукции Таджикистана в рамках ЕАЭС / С. Х. Мирзоев // Вестник Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики. – 2023. – № 2. – С. 115–124.
10. Посольская, С. С. Биохимический состав и диетические свойства сушеных плодов / С. С. Посольская, Е. В. Алексеева // Пищевая промышленность. – 2020. – № 5. – С. 42–46.
11. Турсунзаде, Н. А. Традиционные способы сушки фруктов в Северном Таджикистане: история

и современность / Н. А. Турсунзаде // Этнографическое обозрение. – 2021. – № 4. – С. 130–145.

12. Шоев, Н. Н. Влияние микроклимата Ферганской долины на сахаристость абрикосов / Н. Н. Шоев // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. – 2022. – № 1 (71). – С. 22–27.

13. Akin, E. B. Pretreatment applications in apricot drying: A review / E. B. Akin, I. Karabulut, A. Topcu // Journal of Food Process Engineering. – 2019. – Vol. 42, Issue 3. – P. 1–12.

14. Bostan, S. Z. Pomological and chemical properties of some apricot varieties / S. Z. Bostan // International Journal of Fruit Science. – 2020. – Vol. 20, Issue 4. – P. 552–564.

15. Hussain, S. Z. Drying kinetics and quality characteristics of dried apricots: Effect of different drying methods / S. Z. Hussain, B. Naseer, T. Alam // Journal of Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 58. – P. 2933–2942.

REFERENCES

1. Ismoilova O.Sh., Rakhmonova J.A., Toshkhodzhaev N.A. Opredelenie potrebitel'skikh svoystv boyaryshnika sortov severnogo Tadjikistana [Determination of Consumer Properties of Hawthorn Varieties of Northern Tajikistan] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2026. – No. 1(151). – P. 98–103. (In Russian)

2. Rakhmonova J.A., Toshkhodzhaev N.A., Rakhimova M. Kachestvennyy analiz funktsional'nogo pechen'ya [Qualitative Analysis of Functional Cookies] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2025. – No. 148(2). (In Russian)

3. GOST 32896–2014. Fruktu sushenye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Dried Fruits. General Specifications]. – Moscow: Standartinform, 2015. – 16 p. (In Russian)

4. GOST ISO 6658–2016. Organolepticheskiy analiz. Metodologiya. Obshchee rukovodstvo [Sensory Analysis. Methodology. General Guidance]. – Moscow: Standartinform, 2017. – 28 p. (In Russian)

5. Gafurov K.Kh., Dzhuhaev A.N. Sovremennyye tekhnologii pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii Tadjikistana [Modern Technologies for Processing Agricultural Products of Tajikistan]. – Dushanbe: Irfon, 2020. – 240 p. (In Russian)

6. Dadamirzaev A.S. Issledovanie pishchevoy tsennosti i potrebitel'skikh svoystv sushenykh abrikosov Tsentral'noy Azii [Study of Nutritional Value and Consumer Properties of Dried Apricots of Central Asia]

// Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2021. – Vol. 51, No. 2. – P. 312–325. (In Russian)

7. Ismailov M.I. Agrobiologicheskie osobennosti sortov abrikosa Sogdiyskoy oblasti [Agrobiological Characteristics of Apricot Varieties of the Sughd Region] // Izvestiya Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. Otdelenie biologicheskikh i meditsinskikh nauk. – 2019. – No. 3(206). – P. 45–52. (In Russian)

8. Madvalieva M.S., Salimov T.A. Otsenka kachestva kostochkovykh kul'tur pri razlichnykh metodakh sushki [Quality Assessment of Stone Fruit Crops under Various Drying Methods] // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. – 2022. – No. 1. – P. 88–97. (In Russian)

9. Mirzoev S.Kh. Eksportnyy potentsial plodoovoshchnoy produktsii Tadjikistana v ramkakh EAES [Export Potential of Fruit and Vegetable Products of Tajikistan within the EAEU] // Vestnik Tadjikskogo gosudarstvennogo universiteta prava, biznesa i politiki. – 2023. – No. 2. – P. 115–124. (In Russian)

10. Posolskaya S.S., Alekseeva E.V. Biokhimicheskiy sostav i dieticheskie svoystva sushenykh plodov [Biochemical Composition and Dietary Properties of Dried Fruits] // Pishchevaya promyshlennost'. – 2020. – No. 5. – P. 42–46. (In Russian)

11. Tursunzade N.A. Traditsionnye sposoby sushki fruktov v Severnom Tadjikistane: istoriya i sovremennost' [Traditional Methods of Fruit Drying in Northern Tajikistan: History and Modernity] // Etnograficheskoe obozrenie. – 2021. – No. 4. – P. 130–145. (In Russian)

12. Shoev N.N. Vliyanie mikroklimate Ferganskoj doliny na sakharistost' abrikosov [Influence of the Fergana Valley Microclimate on Apricot Sugar Content] // Doklady Tadjikskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. – 2022. – No. 1(71). – P. 22–27. (In Russian)

13. Akin E.B., Karabulut I., Topcu A. Pretreatment Applications in Apricot Drying: A Review // Journal of Food Process Engineering. – 2019. – Vol. 42, Issue 3. – P. 1–12.

14. Bostan S.Z. Pomological and Chemical Properties of Some Apricot Varieties // International Journal of Fruit Science. – 2020. – Vol. 20, Issue 4. – P. 552–564.

15. Hussain S.Z., Naseer B., Alam T. Drying Kinetics and Quality Characteristics of Dried Apricots: Effect of Different Drying Methods // Journal of Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 58. – P. 2933–2942.

ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МУЛЬТИДӘНДІ КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕР ТЕХНОЛОГИЯСЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ШИКІЗАТТЫҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ

Г.К. ИСКАКОВА , М.П. БАЙЫСБАЕВА* , Н.Б. БАТЫРБАЕВА ,
М. БАЙҒАЙЫПҚЫЗЫ , Ж. ЖАРЫЛҚАСЫНОВА 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, 050012, Алматы қ., Төле би 100)
Автормен байланыс үшін электрондық пошта: meruert_80@mail.ru*

Бұл зерттеу жұмысының мақсаты – функционалдық кондитерлік өнімдер технологиясында қолдану мүмкіндігін негіздеу үшін асқабақ, қызылша және дәнді дақылдардан алынған тұтас дәнді ұнның негізгі қоректік заттарын (ақуыздар, майлар, көмірсулар, тағамдық талшықтар, витаминдер, минералдар) және микробиологиялық қауіпсіздік көрсеткіштерін анықтау болып табылады. Функционалдық өнімдерді өндіруде жоғары тағамдық құндылыққа ие сапалы шикізатты таңдау маңызды болып саналады. Аталған мақалада пектин концентратын алу бойынша кейінгі зерттеулерде қолданылатын асқабақ пен қызылшаның химиялық құрамы, сондай-ақ дәнді дақылдардан (тары, күріш, арпа, қарақұмық, жүгері, сұлы) алынған тұтас дәнді ұнның химиялық құрамы зерттелді. Микробиологиялық көрсеткіштерді (КМАФАнМ және БГКП) зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеу нәтижелері асқабақ пен қызылшада тағамдық талшықтардың, А, С, Е витаминдерінің жоғары деңгейде екенін, ал дәнді дақылдардан алынған тұтас дәнді ұнда тағамдық талшықтар мен минералды заттардың мөлшері артқанын көрсетті. Шикізаттың барлық микробиологиялық көрсеткіштері белгіленген нормалардан аспады. Дәнді дақылдардан (тары, күріш, арпа, қарақұмық, жүгері, сұлы) алынған тұтас дәнді ұндар мен оны қайта өңдеу өнімдерінің тағамдық құндылығын зерттеу оларды мультидәнді функционалдық кондитерлік өнімдер өндірісінде функционалдық ингредиенттер ретінде қолданудың мақсатқа сай және негізделген екенін айқындайды.

Негізгі сөздер: асқабақ, қызылша, дәнді дақылдар, тұтас дәнді ұн, функционалдық кондитерлік өнімдер, тағамдық құндылық.

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕХНОЛОГИИ МУЛЬТИЗЛАКОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Г.К. ИСКАКОВА, М.П. БАЙЫСБАЕВА*, Н.Б. БАТЫРБАЕВА,
М. БАЙҒАЙЫПҚЫЗЫ, Ж. ЖАРЫЛҚАСЫНОВА

(Алматынський технологический университет, Казахстан, 050012, г. Алматы, Төле би 100)
Электронная почта автора-корреспондента: meruert_80@mail.ru*

Целью исследования является определение основных питательных веществ (белки, жиры, углеводы, пищевые волокна, витамины, минералы) и показателей микробиологической безопасности тыквы, свеклы и цельнозерновой муки из злаковых культур с целью возможности применения их в технологии функциональных кондитерских изделий. В производстве функциональных изделий важным является выбор качественного сырья с высокой пищевой ценностью. В данной статье изучен химический состав тыквы и свеклы, используемых в дальнейших исследованиях для получения пектинового концентрата, а также химический состав цельнозерновой муки из злаковых культур (пшеница, рис, ячмень, гречка, кукуруза, овёс). Приведены результаты исследований микробиологических показателей (КМАФАнМ и БГКП). Исследование показало высокий уровень клетчатки, витаминов А, С, Е в тыкве и свекле, а также повышенное содержание пищевых волокон и минеральных веществ в цельнозерновой муке из злаковых культур. Все микробиологические показатели сырья не превышали нормы. Исследование пищевой ценности растительного сырья и продуктов переработки определяет целесообразность и обоснованность применения их как функциональные ингредиенты при производстве мультизлаковых функциональных кондитерских изделий.

Ключевые слова: тыква, свекла, злаковые культуры, цельнозерновая мука, функциональные кондитерские изделия, пищевая ценность.

NUTRITIONAL VALUE OF RAW MATERIALS USED IN THE TECHNOLOGY OF MULTIGRAIN FUNCTIONAL CONFECTIONERY PRODUCTS

G.K. ISKAKOVA, M.P. BAIYSBAYEVA *, N.B. BATYRBAYEVA,
M. ZH. BAIGAIYPKYZY, ZH. ZHARYLKASSYNOVA

(Almaty University of Technology, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole Bi 100)
Corresponding author's email: meruert_80@mail.ru*

The aim of the study is to determine the main nutrients (proteins, fats, carbohydrates, dietary fiber, vitamins, minerals) and microbiological safety indicators of pumpkin, beetroot, and whole-grain flour from cereal crops in order to assess their potential application in the technology of functional confectionery products. In the production of functional products, the selection of high-quality raw materials with high nutritional value is of great importance. This article examines the chemical composition of pumpkin and beetroot used in further studies for obtaining pectin concentrate, as well as the chemical composition of whole-grain flour from cereal crops (millet, rice, barley, buckwheat, corn, oats). The results of studies on microbiological indicators (total viable count and coliform bacteria) are presented. The study revealed a high content of dietary fiber and vitamins A, C, and E in pumpkin and beetroot, as well as an increased content of dietary fiber and mineral substances in whole-grain flour from cereal crops. All microbiological indicators of the raw materials did not exceed the permissible standards. The assessment of the nutritional value of plant raw materials and processed products confirms the feasibility and validity of their use as functional ingredients in the production of multigrain functional confectionery products.

Keywords: pumpkin, beetroot, cereal crops, whole-grain flour, functional confectionery products, nutritional value.

Kіpіcne

Қазіргі таңда функционалдық кондитерлік өнімдер нарығы қарқынды дамып келеді. Халықтың сауықтыруға, денсаулығын сақтауға деген сұранысы артқан сайын, кондитерлік өнімдерде дәрумендер мен минералдарға, тағамдық талшықтарға және басқа функционалдық заттарға бай шикізатты пайдалану маңызды мәселеге айналды. Дәстүрлі ұн өнімдері құрамында тағамдық талшықтар мен витаминдердің мөлшері шектеулі болғандықтан, мультидәнді шикізатты енгізу арқылы кондитерлік өнімдердің тағамдық құндылығы мен функционалды қасиеттерін арттыруға болады. Мультидәнді шикізат құрамында асқабақ, қызылша сияқты көкөністерден алынған пектин, сондай-ақ тары, қарақұмық, сұлы, жүгері, арпа, күріш сияқты дәнді дақылдардан алынған ұнның тағамдық талшықтары, витаминдері (А, С, Е), минералдық элементтері бар, бұл өнімдердің сапасын жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Қазіргі ғылыми зерттеулер көрсеткендей, пектинқұрамды және мультидәнді шикізатты пайдалану кондитерлік өнімдердің құрылымдық қасиеттерін, дәмдік сапасын және ұзақ сақтау мерзімін жақсартуға ықпал етеді. Сонымен қатар, тағамдық талшықтар мен витаминдерге бай өнімдер ас қорыту жүйесін жақсартып, денсаулыққа пайдалы әсер береді, бұл

қазіргі замандағы функционалдық тағам-дарға қойылатын талаптармен толық сәйкес келеді.

Осыған байланысты, кондитерлік өндірісте қолданылатын мультидәнді ұн мен пектинқұрамды шикізаттың химиялық құрамын, тағамдық құндылығын және микробиологиялық көрсеткіштерін зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – асқабақ, қызылша және дәнді дақылдардан алынған ұнның негізгі тағамдық компоненттерін (ақуыз, май, көмірсу, тағамдық талшықтар, витаминдер, минералдар), микробиологиялық қауіпсіздік көрсеткіштерін анықтап, олардың функционалдық кондитерлік өнімдер технологиясында қолдану мүмкіндіктерін бағалау.

Бұл зерттеу кондитерлік өнімдер өндірісінде мультидәнді шикізатты рационалды пайдалануға, өнімдердің сапасын арттыруға және олардың тағамдық құндылығын жоғарылатуға бағытталған. Алынған нәтижелер инновациялық өнімдер әзірлеу және функционалдық кондитерлік өнімдердің ассортиментін кеңейту үшін ғылыми негіз болып қызмет етеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін біз келесі шикізатты қолдандық: асқабақ, қызылша және дәнді дақылдардан бүтін тартылған ұндар: тары, қарақұмық, сұлы, жүгері, арпа, күріш.

Акуыз мөлшері МЕМСТ 10846-91 [1] бойынша анықталды. Майдың массалық үлесі МЕМСТ 29033-91 [2] бойынша есептелді. Көмірсулардың мөлшері перманганометриялық әдіспен анықталды.

Тағамдық талшықтар МЕМСТ 31675-2012 [3] бойынша анықталды. Әдіс сынама өлшемін қышқыл және сілті ерітінділерімен қатарынан өңдеу, күлге дейін күйдіру және органикалық қалдықты салмақтық әдіспен сандық анықтауға негізделген. Сыра клетчаткасының мөлшері пайыздық масса үлесі немесе 1 кг құрғақ зат-тағы грамм түрінде беріледі.

Күлдің массалық үлесі МЕМСТ 25555.4-91 [4] бойынша анықталды.

β -каротиннің мөлшері МЕМСТ Р 54058-2010 [5] бойынша анықталды. Әдіс каротиноидтарды сынамадан немесе Каррез I және Каррез II ерітінділерімен өңделген тұнбадан экстракциялау, алынған препаратты петролейлі эфирмен тазалау және каротиноидтардың массалық концентрациясын немесе массалық үлесін спектрофотометриялық әдіспен анықтауға негізделген.

А витаминінің мөлшерін МЕМСТ Р 54635-2011 [6] бойынша анықтады. А витамині талда-натын сынамадан алынған экстрактта жоғары өнімді сұйықтықтық хроматография (ВЭЖХ) әдісімен бөлініп, фотометриялық немесе флуориметриялық детектирлеу жүргізіледі. Қажет болған жағдайда экстрактты талданатын сынаманы сілтілі гидролизден кейін алады. Сандық талдау сыртқы стандарт әдісімен, ретинол, ретинол ацетаты немесе ретинол пальмитаты шыңдарының ауданын немесе биіктігін пайдалану арқылы жүргізіледі.

В тобының витаминдері мен С витаминінің мөлшері МЕМСТ 31483-2012 [7] бойынша анықталды. Аталған стандарт суда еритін витаминдерді анықтау үшін капиллярлық электрофорез әдісін орнатады: В₁ (тиамин хлориді), В₂ (рибофлавин), В₃ (пантотен қышқылы), В₅ (никотин қышқылы және никотинамид), В₆ (пиридоксин), В₉ (фолий қышқылы), С (аскорбин қышқылы).

Е витаминінің мөлшері МЕМСТ Р 54634-2011 [8] бойынша анықталды. Е витамині талданатын сынамадан алынған экстрактта токоферолдарды қалыпты немесе кері фазалы ВЭЖХ әдісімен бөлу арқылы, фотометриялық немесе флуориметриялық детектирлеу жүргізіледі. Қажет болған жағдайда экстрактты сілтілі гидролизден кейін алады. Сандық талдау сыртқы стандарт әдісімен, токоферол шыңдарының

ауданын немесе биіктігін пайдалану арқылы жүзеге асырылады.

МЕМСТ 33462-2015 [9] натрий, калий, кальций және магнийдің массалық концентрациясын анықтау әдісін анықтайды, атомдық-сіңіргіш спектрометрияны жалындық атомизация арқылы қолданады.

МЕМСТ 26657-97 [10] фосфордың мөлшерін фотометриялық және титриметриялық әдіспен анықтауды анықтайды. Әдістің мәні сынаманы құрғақ немесе ылғалды күлдеу арқылы минерализациялап, ортофосфор қышқылы тұздарын алу және кейіннен ванадат-және молибдат иондарының қатысуымен сары түсті гетерополикислоталық қосылыс түрінде фотометриялық анықтау болып табылады.

МЕМСТ 32343-2013 [11] кальций, мыс, темір, магний, марганец, калий, натрий және мырыштың мөлшерін атомдық-сіңіргіш спектрометрия әдісімен анықтауды белгілейді.

Микробиологиялық көрсеткіштерді анықтау: КМАФАнМ, КОЕ/г – МЕМСТ 10444.15-94, БГКП (коли-формалар, 0,1 г өнімде) – ГОСТ 31747-2012 бойынша жүргізілді.

Әдеби шолу

Соңғы жылдары мультизерновые функционалды кондитерлік өнімдер тағамдық және биологиялық құндылығының жоғары болуына байланысты зерттеушілердің ерекше назарын аударуда. Қазіргі кездегі тағам өнеркәсібіндегі тенденциялар клетчаткаға, пектингке, витаминдерге және минералды заттарға бай, адамның денсаулығын жақсартуға және созылмалы аурулардың алдын алуға ықпал ететін өнімдерді жасауға бағытталған [12].

Функционалды кондитерлік өнімдердің негізгі компоненті ретінде пектин қолданылады. Бұл полисахарид пребиотикалық қасиеттерге ие болып, печенье мен кекстердің құрылымын жақсартады [14]. Пектингке бай өсімдік шикізаттары, мысалы, асқабақ пен қызылша, тек қана диеталық талшық мөлшерін арттырып қана қоймай, бета-каротин және А, С, Е витаминдерінің де маңызды көзі болып табылады [15, 16].

Әртүрлі дәнді дақылдарды, соның ішінде бидай, сұлы, арпа, жүгері және қарақұмықты қолдану тағамдық талшықтар, В тобы витаминдері, калий, кальций, магний және темір сияқты минералды заттардың мөлшерін айтарлықтай арттырады [17]. Зерттеулер көрсеткендей, бірнеше дәнді дақылдарды комбинациялап қолдану кондитерлік өнімдердің функционалды қасиетін жоғарылатып, ас

қорыту, липидтік алмасу және жүрек-қантамыр жүйесінің қызметіне оң әсер етеді [18].

Сонымен қатар, мұндай өнімдердің микробиологиялық қауіпсіздігі маңызды аспект болып табылады. Санитарлық нормаларды сақтау және дұрыс технологияларды қолдану арқылы өнімдерде мезофильді аэробты микрофлора мен колиформалар рұқсат етілген деңгеден аспайды, бұл олардың адамдар үшін қауіпсіз екенін көрсетеді (FAO/WHO, 2018).

Осылайша, қазіргі зерттеулер пектингге бай көкөністер мен мультизерновые дәнді дақылдарды кондитерлік өнімдер рецептурасына енгізудің тағамдық, биологиялық және функционалды құндылығын арттыруда маңызды екенін көрсетеді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары ұнды кондитер өнімінің рецептурасын жасау барысында қолданылатын шикізаттардың сапасына, химиялық құрамына және тағамдық құндылығына ерекше мән беру қажет. Себебі дайын өнімнің сапасы мен тағамдық құндылығы тікелей қолданылатын шикізаттың сапасына байланысты болады. Зерттеу жұмысының мақсатына сәйкес таңдалған шикізаттардың химиялық құрамы анықталды. Пектин-құрамды шикізат ретінде алынған асқабақ пен қызылшаның химиялық құрамы зерттеу әдістемесінде көрсетілген тәсілдер бойынша зерттелді. Сонымен қатар бидай ұнын дәнді дақылдар

ұнымен: тары, күріш, арпа, қарақұмық, жүгері, сұлы химиялық құрамы анықталды. Зерттеу нәтижелері төмендегі 1, 2-кестеде көрсетілген.

Минералды заттардың ішінде калий, мырыш, темір және магний мөлшерінің жоғары екені анықталды. Калий жүрек-қантамыр жүйесінің қызметін тұрақтандыруға және сүтүз алмасуын реттеуге қатысады, темір қан түзілу үдерісінде маңызды рөл атқарады, магний жүйке және бұлшықет жүйесінің жұмысын жақсартады, ал мырыш иммундық жүйені нығайтып, ферменттік реакциялардың жүруіне ықпал етеді. Бұл көрсеткіштер асқабақ пен қызылшаның адам ағзасы үшін биологиялық тұрғыдан құнды шикізат екенін дәлелдейді.

2-кестеде келтірілген бүтін тартылған ұн түрлерінің салыстырмалы зерттеу нәтижелері дәнді дақылдардың тағамдық талшыққа бай екенін, сондай-ақ Е витаминінің жоғары мөлшерде кездесетінін көрсетті. Сонымен қатар калий, кальций, магний, темір және мырыш сияқты минералды элементтердің айтарлықтай жоғары деңгейде екені анықталды.

Зерттеу нәтижелері бойынша калийдің ең жоғары мөлшері сұлы ұнында – 322,01 мг/100 г, кальций арпа ұнында – 66,7 мг/100 г, магний тары ұнында – 126,50 мг/100 г, темір қарақұмық ұнында – 4,60 мг/100 г, ал мырыштың ең жоғары мөлшері арпа ұнында – 2,3 мг/100 г екені анықталды. Кремний зерттелген дақылдардың ешқайсысында анықталған жоқ.

Кесте 1. Пектинқұрамды шикізаттың сапа көрсеткіштері

Тағамдық заттар	100 г өнімдегі мөлшері	
	асқабақ	қызылша
<i>Физика-химиялық көрсеткіштер:</i>		
Ақуыздар, г	3,18	3,54
Майлар, г	0,2	0,1
Көмірсулар, г	6,45	7,55
Жасұнық, г	3,15	2,91
Органикалық қышқылдар, г	0,19	0,26
Күл, г	0,81	1,21
β-каротин, мг/кг	41,08	31,86
<i>Витаминдер</i>		
А, мг/кг	3,36	0,025
С, мг/100г	4,12	0,59
Е, мг/кг	8,19	4,85
В ₁ , мг/100г	0,049	0,029
В ₂ , мг/100г	0,055	0,036
В ₃ , мг/100г	0,75	0,31
В ₅ , мг/100г	0,35	0,17
В ₆ , мг/100г	0,09	0,072
В ₉ , мг/100г	0,012	0,13
<i>Минералды заттар, мг/100г</i>		
калий	214,69	302,17
кальций	22,52	13,98
кремний	12,19	5,03
магний	16,14	24,05
натрий	5,05	81,47
темір	0,42	0,85
мыс	0,18	0,078
селен	табылмады	
мырыш	0,36	0,41
фосфор	25,01	48,15
<i>Көмірсулар құрамы, г/100 г</i>		
сахароза	0,35	0,15
глюкоза	2,06	2,36
фруктоза	0,89	0,96

Аталған минералды элементтер адам ағзасында маңызды физиологиялық қызметтер атқарады: калий жүрек-қантамыр жүйесінің қалыпты жұмысын қамтамасыз етіп, қан қысымын реттеуге және жүйке импульстарының берілуіне қатысады; кальций сүйек пен тіс тіндерінің беріктігін арттырып, қанның ұю үдерісіне және бұлшықет жиырылуына қажет; магний энергия алмасуын реттеп, жүйке және бұлшықет жүйесінің қызметін жақсартады; темір гемоглобин құрамына кіріп, оттегінің ағза тіндеріне тасымалдануын қамтамасыз етеді; ал

мырыш иммундық жүйені нығайтып, ферменттік және гормондық үдерістердің қалыпты жүруіне ықпал етеді.

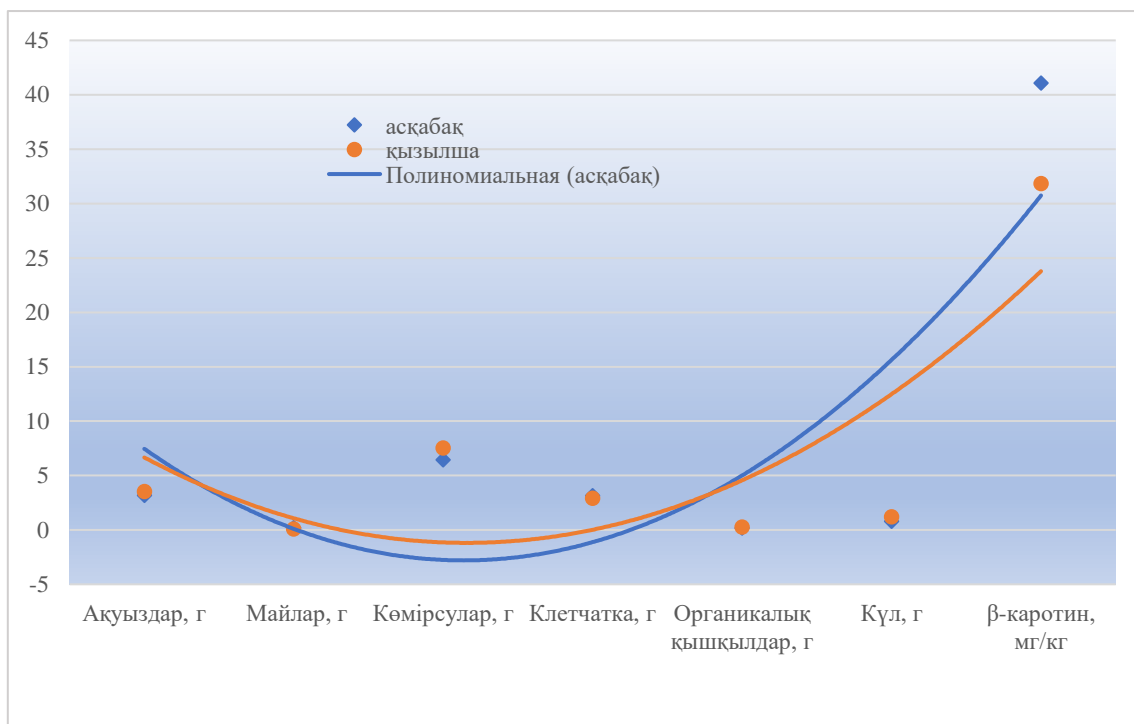
Ал тағамдық талшықтар ас қорыту жүйесінің жұмысын жақсартып, ішек моторикасын реттеуге, ал Е витамині антиоксиданттық қасиетке ие болып, жасушаларды тотығу үдерістерінен қорғауға және жүрек-қантамыр жүйесінің саулығын сақтауға көмектеседі. Бұл көрсеткіштер дәнді дақыл ұндарының адам ағзасы үшін жоғары тағамдық және биологиялық құндылыққа ие екенін дәлелдейді.

Кесте 2. Дәнді дақылдардан бүтін тартылған ұндардың сапа көрсеткіштері

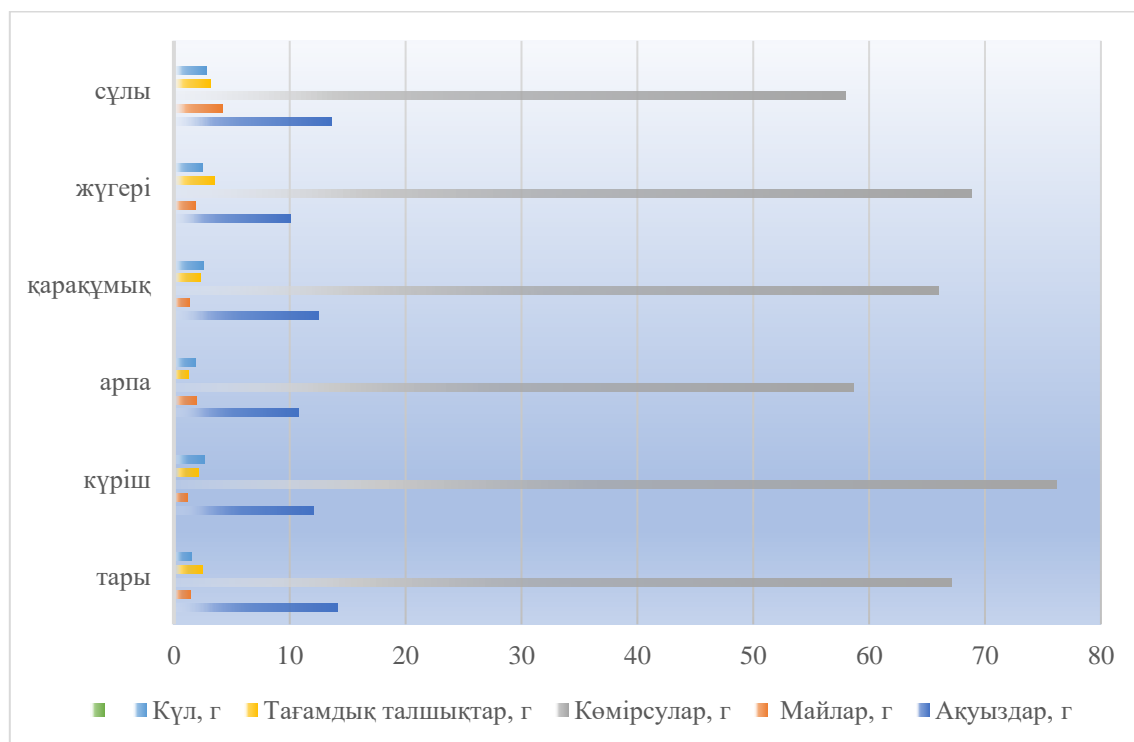
Тағамдық заттар	100 г өнімдегі мөлшері					
	тары	күріш	арпа	қарақұмық	жүгері	сұлы
<i>Физика-химиялық көрсеткіштер:</i>						
Ақуыздар, г	14,16	12,06	10,72	12,47	10,03	13,64
Майлар, г	1,43	1,18	1,96	1,32	1,85	4,18
Көмірсулар, г	67,09	76,17	58,63	65,97	68,84	57,96
Тағамдық талшықтар, г	2,5	2,14	1,25	2,28	3,54	3,15
Күл, г	1,53	2,61	1,89	2,52	2,48	2,82
Энергетикалық құндылығы, ккал	321,10	344,50	280,38	309,15	314,92	309,53
<i>Витаминдер</i>						
А, мг/кг	-	-	-	-	0,053	-
С, мг/100г	-	-	-	-	7,82	-
Е, мг/кг	8,34	4,88	6,03	63,97	11,38	5,39
В ₁ , мг/100г	0,196	0,159	0,322	0,460	0,403	0,403
В ₂ , мг/100г	0,046	0,024	0,127	0,207	0,150	0,115
В ₃ , мг/100г	3,450	2,979	7,209	7,245	3,450	4,945
В ₅ , мг/100г	0,345	0,942	0,167	0,506	0,276	-
В ₆ , мг/100г	0,196	0,501	0,455	-	0,209	-
В ₉ , мг/100г	0,031	0,005	0,009	-	0,035	-
<i>Минералды заттар, мг/100г</i>						
калий	140,30	87,40	168,05	149,50	169,05	322,01
кальций	20,70	11,50	66,7	48,30	23,01	64,40
магний	18,40	40,25	72,45	55,20	34,50	126,50
натрий	3,45	0	11,50	3,45	8,05	24,15
темір	1,38	0,40	0,81	4,60	3,11	4,14
мыс	0,115	0,150	0,394	-	0,087	-
селен	0,007	0,017	0,044	0,007	0,013	-
мырыш	0,81	0,92	2,30	-	0,76	-
фосфор	98,90	112,7	316,25	287,50	125,35	402,50

Дәнді дақылдардың энергетикалық және тағамдық құндылығы, сондай-ақ пектин-құрамды шикізаттардың тағамдық құндылығы

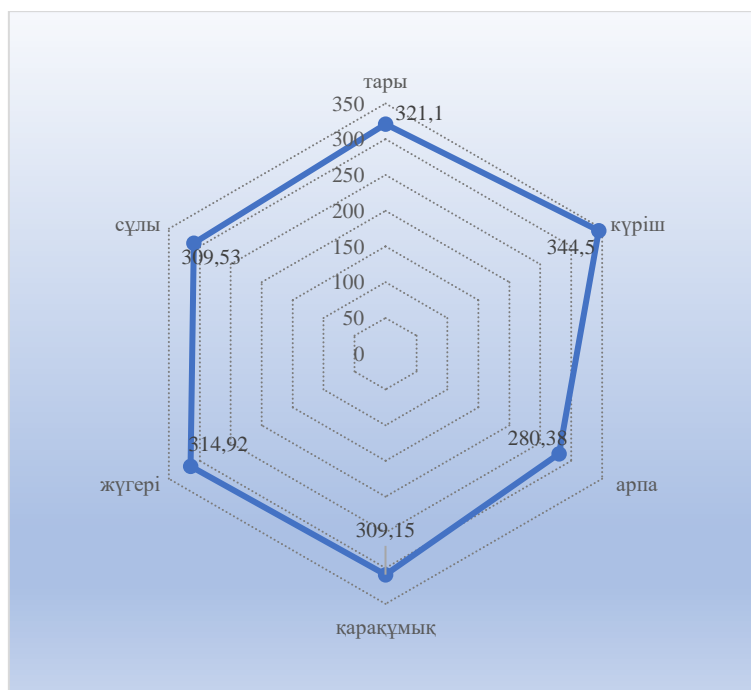
салыстырмалы түрде айқындалып, көрнекі түрде 1, 2 және 3-суреттерде келтірілді.



Сурет 1. Пектинқұрамды шикізаттың тағамдық заттарының салыстырмалы мөлшері



Сурет 2. Дәнді дақылдардан бүтін тартылған ұндардың тағамдық заттарының салыстырмалы мөлшері



Сурет 3. Дәнді дақылдардан бүтін тартылған ұндардың энергетикалық құндылығы, ккал

Пектинқұрамды өсімдік шикізаты мен дәнді дақылдардың микробиологиялық көрсеткіштері ГОСТ 10444.15–94 және ГОСТ 31747–2012 стандарттарына сәйкес әдістермен анықталды. Зерттеу барысында КМАФАНМ, КТБ/г және БГКП (колиформалар) көрсеткіштері өнімнің 0,1 г үлгісінде зерттеліп, алынған нәтижелер 3-кестеде келтірілді.

3-кестеде пектинқұрамды өсімдік шикізаты мен дәнді дақылдардың микробио-

логиялық көрсеткіштері көрсетілген. Зерттеу нәтижелері бойынша барлық зерттелген үлгілерде КМАФАНМ көрсеткіші 1×10^4 – 3×10^4 КТБ/г аралығында болды, бұл мәндер санитарлық-гигиеналық нормалар шегінде екенін көрсетеді. Асқабақ пен қызылшада КМАФАНМ көрсеткішінің салыстырмалы түрде жоғары болуы (тиісінше 10×10^4 және 7×10^4 КТБ/г) өсімдік шикізатының табиғи микрофлорасының болуымен түсіндіріледі.

Кесте 3. Пектин құрамды өсімдік шикізаты мен дәнді дақылдардың микробиологиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	100 г өнімдегі мөлшері							
	тары	күріш	арпа	қарақұмық	жүгері	сұлы	асқабақ	Қызылша
КМАФАНМ, КТБ/г	3×10^4	2×10^4	3×10^4	1×10^4	1×10^4	1×10^4	10×10^4	7×10^4
БГКП (коли-формалар), өнімнің 0,1 г-ында	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады

3-кестеде пектинқұрамды өсімдік шикізаты мен дәнді дақылдардың микробиологиялық көрсеткіштері көрсетілген. Зерттеу нәтижелері бойынша барлық зерттелген үлгілерде КМАФАНМ көрсеткіші 1×10^4 – 3×10^4 КТБ/г аралығында болды, бұл мәндер санитарлық-гигиеналық нормалар шегінде екенін көрсетеді. Асқабақ пен қызылшада КМАФАНМ көрсеткішінің салыстырмалы түрде жоғары болуы (тиісінше 10×10^4 және 7×10^4 КТБ/г) өсімдік

шикізатының табиғи микрофлорасының болуымен түсіндіріледі.

Сонымен қатар, барлық зерттелген үлгілерде БГКП (колиформды бактериялар) өнімнің 0,1 г үлгісінде анықталған жоқ, бұл шикізаттардың микробиологиялық тұрғыдан қауіпсіз екенін және санитарлық талаптарға сәйкес келетінін көрсетеді. Алынған нәтижелер пектинқұрамды шикізаттар мен дәнді дақылдарды ұнды кондитер өнімдерін өндіруде қолданудың қауіпсіздігін дәлелдейді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері пектин-құрамды өсімдік шикізаттары мен дәнді дақылдардың тағамдық және биологиялық құндылығының жоғары екенін көрсетті. Асқабақ пен қызылша құрамында клетчатка мен β -каротиннің, сондай-ақ А, С, Е және В тобы витаминдерінің айтарлықтай жоғары деңгейде болуы олардың адам ағзасының иммундық жүйесін нығайтуға, ас қорыту үдерістерін жақсартуға және антиоксиданттық қорғаныс қызметін арттыруға ықпал ететінін дәлелдейді.

Дәнді дақыл ұндарының салыстырмалы талдауы олардың тағамдық талшықтарға, Е витаминіне және калий, кальций, магний, темір, мырыш сияқты минералды элементтерге бай екенін көрсетті. Аталған нутриенттер жүрек-қан тамыр, жүйке, сүйек-бұлшықет жүйелерінің қалыпты қызметін қамтамасыз етіп, зат алмасу үдерістерін реттеуде маңызды рөл атқарады. Бұл дәнді дақыл ұндарының ұнды кондитер өнімдерінің рецептурасында биологиялық құндылығы жоғары шикізат ретінде қолдануға жарамды екенін айқындайды.

Микробиологиялық зерттеу нәтижелері бойынша барлық зерттелген шикізаттарда КМАФАнМ көрсеткіштері рұқсат етілген санитарлық нормалар шегінде болып, ал БГКП (колиформды бактериялар) өнімнің 0,1 г үлгісінде анықталған жоқ. Бұл зерттелген шикізаттардың микробиологиялық тұрғыдан қауіпсіз екенін және тағам өнімдерін өндіруде қолдануға жарамды екенін көрсетеді.

Жалпы алғанда, пектин құрамды өсімдік шикізаттары мен дәнді дақылдарды ұнды кондитер өнімдерінің құрамына енгізу дайын өнімнің тағамдық, биологиялық және функционалды қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді және олардың денсаулыққа пайдалы өнімдер қатарын кеңейтуге негіз бола алады.

Қаржыландыру

Эксперименттік зерттеулер 2025–2027 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру аясында, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің ЖТН № АР26198575 «Төменэтерифицирленген пектин мен көп дәнді функционалды кондитер өнімдерінің (маффиндер, берлинерлер, галеталар, крекерлер) тиімді технологиясын жасау» тақырыбындағы жобасы шеңберінде жүргізілді. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. -М.Стандартинформ,2009.
2. ГОСТ 29033-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. -М.Издательства стандартов, 2004.
3. ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. -М.Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ 25555.4-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы.-М.Стандартинформ,2011.
5. ГОСТ Р 54058-2010 Продукты пищевые функциональные. Метод определения каротиноидов. - М.Стандартинформ,2011.
6. ГОСТ Р 54635-2011. Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А.-М.Стандартинформ,2013.
7. ГОСТ 31483-2012. Определение содержания витаминов: В₁ (тиаминхлорида), В₂ (рибофлавина), В₃ (пантотеновой кислоты), В₅ (никотиновой кислоты и никотинамида), В₆ (пиридоксина), В₉ (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза.-М.Стандартинформ,2012.
8. ГОСТ Р 54634-2011 Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е.-М.Стандартинформ,2013.
9. ГОСТ 33462-2015 Продукция соковая. Определение содержания натрия, калия, кальция и магния методом атомно-абсорбционной спектроскопии.- М.Стандартинформ,2016.
10. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора.-Минск, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997.
11. ГОСТ 32343-2013 Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии. .- М.Стандартинформ, 2014.
12. Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., & Apesteguía, C. (2016). Effect of fiber addition on wheat dough performance and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 74(1), 50–58.
13. Zhang, L., Wang, Y., & Li, J. (2021). Multigrain bakery products: Nutritional quality and health benefits. *Food Science & Nutrition*, 9(4), 2001–2012.
14. Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20, 263–275.
15. Singh, S., Kaur, L., & Sharma, S. (2019). Utilization of pumpkin and beetroot in bakery products: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(8), 2413–2424.

16. Kaur, M., & Singh, B. (2020). Nutritional and functional properties of beetroot and pumpkin in food systems. *Food Research International*, 136, 109461.

17. Ragaei, S., & Abdel-Aal, E. S. M. (2006). Pasting properties of starch and bread making quality of barley, oat, and wheat flours. *Journal of Food Science*, 71(5), S445–S453.

18. Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2019). Foods for special dietary needs: Non-dairy and multi-grain bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 11–23.

REFERENCES

1. GOST 10846-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya belka. [Grain and grain products. Method for determination of protein]. - M.Standartinform, 2009. (In Russian)

2. GOST 29033-91 Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya zhira. [Grain and grain products. Method for determination of fat]. - M.Izdatel'stva standartov, 2004.(In Russian)

3. GOST 31675-2012 Korma. Metody opredeleniya sodержaniya syroj kletchatki s primeneniem promezhutochnoj fil'tracii [Feed. Methods for determining crude fiber content using intermediate filtration]. -M.Standartinform, 2014. (In Russian)

4. GOST 25555.4-91Produkty pererabotki plodov i ovoshchej. Metody opredeleniya zoly i shchelocnosti obshchej i vodorastvorimoj zoly . [Fruit and vegetable processed products. Methods for determination of ash and total and water-soluble ash alkalinity].- M.Standartinform,2011. (In Russian)

5.GOST R 54058-2010 Produkty pishchevye funkcional'nye.Metod opredeleniya karotinoidov. [Functional food products. Method for determination of carotenoids]. - M.Standartinform,2011. (In Russian)

6.GOST R 54635-2011. Produkty pishchevye funkcional'nye. Metod opredeleniya vitamina A. [Functional food products. Method for determination of vitamin A]. - M.Standartinform, 2013. (In Russian)

7.GOST 31483-2012. Opredelenie sodержaniya vitaminov: B1 (tiaminhlorida), V2 (riboflavina), V3 (pantotenoj kisloty), V5 (nikotinoj kisloty i nikotinamida), V6 (piridoksina), V9 (folioj kisloty), S (askorbinovoj kisloty) metodom kapillyarnogo elektroforeza. . [Determination of vitamin content: B1 (thiamine hydrochloride), B2 (riboflavin), B3 (pantothenic acid), B5 (niacin and nicotinamide), B6 (pyridoxine), B9 (folic acid), C (ascorbic acid) using capillary electrophoresis]. - M.Standartinform, 2012. (In Russian)

8.GOST R 54634-2011Produkty pishchevye funkcional'nye. Metod opredeleniya vitamina E.

[Functional food products. Method for determination of vitamin E].-M.Standartinform, 2013. (In Russian)

9.GOST 33462-2015 Produkciya sokovaya. Opredelenie sodержaniya natriya, kaliya, kal'ciya i magniya metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii. [Juice products. Determination of sodium, potassium, calcium, and magnesium by atomic absorption spectrometry]. M.Standartinform,2016. (In Russian)

10.GOST 26657-97 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya fosfora [Feed, compound feed, feed raw materials. Methods for determination of phosphorus content].- Minsk, Mezhhgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 1997. (In Russian)

11.GOST 32343-2013 Opredelenie sodержaniya kal'ciya, medi, zheleza, magniya, marganca, kaliya, natriya i cinka metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii. [Determination of calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium, and zinc by atomic absorption spectrometry]. - M.Standartinform,2014 (In Russian)

12.Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., & Apesteguía, C. (2016). Effect of fiber addition on wheat dough performance and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 74(1), 50–58.

13.Zhang, L., Wang, Y., & Li, J. (2021). Multigrain bakery products: Nutritional quality and health benefits. *Food Science & Nutrition*, 9(4), 2001–2012.

14.Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20, 263–275.

15.Singh, S., Kaur, L., & Sharma, S. (2019). Utilization of pumpkin and beetroot in bakery products: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(8), 2413–2424.

16.Kaur, M., & Singh, B. (2020). Nutritional and functional properties of beetroot and pumpkin in food systems. *Food Research International*, 136, 109461.

17.Ragaei, S., & Abdel-Aal, E. S. M. (2006). Pasting properties of starch and bread making quality of barley, oat, and wheat flours. *Journal of Food Science*, 71(5), S445–S453.

18.Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2019). Foods for special dietary needs: Non-dairy and multi-grain bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 11–23.

НАН-ТОҚАШ ӨНІМДЕРІНІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ ҮШІН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚОСПАЛАР ҚҰРАМЫНДА ПЕКТИНДІ ҚОЛДАНУ

И.В. ФИЛАТОВА* , А.А. КИТАПБАЕВА , С.Ф. КОЛОСОВА 

(«Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 070002, Өскемен қ., 30-шы Гвардиялық Дивизия к-сі, 34)

Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: kashkarova_0112@mail.ru*

Тамақ өнеркәсібіндегі қазіргі тенденциялар функционалдық қасиеттері бар және алиментарлы тәуелді аурулардың алдын алуға ықпал ететін тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары өнімдерді жасауға бағытталған. Осыған байланысты диеталық талшық көзі және функционалды ингредиент ретінде пектинді қолдана отырып, нан өнімдеріне арналған композициялық қоспаларды жасау өзекті болып табылады. Осы зерттеудің мақсаты-тағамдық құндылығы жоғары нан-тоқаш өнімдеріне арналған пектин қосылған композициялық қоспалардың рецептурасын әзірлеу және оларды ғылыми негіздеу, сондай-ақ пектин өнімнің технологиялық және тұтынушылық қасиеттеріне әсерін зерттеу болды. Жұмыстың негізгі бағыттары пектиннің оңтайлы мөлшерлемелерін анықтау, оның қамырдың реологиялық қасиеттеріне, дайын өнім сапасына және олардың тағамдық құндылығына әсерін зерттеу болып табылды. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы функционалдық нан-тоқаш өнімдерінің ассортиментін кеңейтуде және тағамдық талшықтардың мөлшерін арттыруға, сондай-ақ өнімнің құрылымдық-механикалық сипаттамаларын жақсартуға ықпал ететін жаңа рецепт өнімін әзірлеуде көрінеді. Зерттеу әдістемесі эксперименттік рецепт әзірлеуді, қамыр мен дайын өнімдердің физика-химиялық және органолептикалық талдауын жүргізуді, сапа көрсеткіштері мен тағамдық құндылығын анықтауды, сондай-ақ эксперименттік деректерді статистикалық өңдеуді қамтыды. Нәтижесінде пектинді композициялық қоспаларға енгізу нанның жұмсақтық құрылымын жақсартуға, қамырдың су ұстау қабілетін арттыруға, дайын өнім шығымын көбейтуге және нан-тоқаш өнімдерін тағамдық талшықтармен байытуға ықпал ететіні анықталды. Өнімдердің жоғары тұтынушылық қасиеттерін қамтамасыз ететін пектиннің оңтайлы мөлшерлемелері белгіленді. Жүргізілген зерттеу функционалдық нан-тоқаш өнімдерінің технологиясын дамытуға үлес қосып, нан пісіру өндірісінде гидроколлоидтарды қолдану жөніндегі ғылыми түсініктерді кеңейтеді. Жұмыстың практикалық маңызы-әзірленген рецепт нан пісіру өнеркәсібі кәсіпорындарында халықтың дұрыс тамақтануына бағытталған байытылған өнімдер өндіру үшін енгізу мүмкіндігінде.

Негізгі сөздер: пектин, композициялық қоспалар, тағамдық талшықтар, функционалдық өнімдер.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНА В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

И.В. ФИЛАТОВА*, А.А. КИТАПБАЕВА, С.Ф. КОЛОСОВА

(НАО «Восточно Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова», Республика Казахстан, 070002, г Усть-Каменогорск, ул. 30-ой Гвардейской дивизии, 34)

Электронная почта автора-корреспондента: kashkarova_0112@mail.ru*

Современные тенденции в пищевой промышленности ориентированы на создание продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью, обладающих функциональными свойствами и способствующих профилактике алиментарно-зависимых заболеваний. В этой связи актуальной является разработка композиционных смесей для хлебобулочных изделий с использованием пектина как источника пищевых волокон и функционального ингредиента. Целью данного исследования являлась разработка и научное обоснование рецептур композиционных смесей с добавлением пектина для хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности, а также изучение влияния пектина на технологические и потребительские свойства

продукции. Основными направлениями работы стали подбор оптимальных дозировок пектина, исследование его влияния на реологические свойства теста, качество готовых изделий и их пищевую ценность. Научная и практическая значимость работы заключается в расширении ассортимента функциональных хлебобулочных изделий и разработке новых рецептур, способствующих повышению содержания пищевых волокон и улучшению структурно-механических характеристик продукции. Методология исследования включала разработку экспериментальных рецептур, физико-химический и органолептический анализ теста и готовых изделий, определение показателей качества и пищевой ценности, а также статистическую обработку экспериментальных данных. В результате установлено, что введение пектина в композиционные смеси способствует улучшению структуры мякиша, повышению водоудерживающей способности теста, увеличению выхода готовой продукции и обогащению хлебобулочных изделий пищевыми волокнами. Определены оптимальные дозировки пектина, обеспечивающие высокие потребительские свойства изделий. Проведённое исследование вносит вклад в развитие технологии функциональных хлебобулочных изделий и расширяет научные представления о применении гидроколлоидов в хлебопекарном производстве. Практическое значение работы заключается в возможности внедрения разработанных рецептур на предприятиях хлебопекарной промышленности для производства обогащённой продукции, ориентированной на здоровое питание населения.

Ключевые слова: пектин, композиционные смеси, пищевые волокна, функциональные продукты.

APPLICATION OF PECTIN IN COMPOSITE FORMULATIONS FOR IMPROVING THE NUTRITIONAL VALUE OF BAKERY PRODUCTS

I.V. FILATOVA*, A.A. KITAPBAEVA, S.F. KOLOSOVA

(NAO “Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University”, Kazakhstan,
070002, Oskemen, 34 30th-Guards Division)

Corresponding author’s e-mail: kashkarova_0112@mail.ru*

Current trends in the food industry are focused on developing products with enhanced nutritional and biological value and functional properties that contribute to the prevention of diet-related diseases. In this regard, the development of composite mixtures for bakery products using pectin as a source of dietary fiber and a functional ingredient is highly relevant. The aim of this study was to develop and scientifically substantiate formulations of composite mixtures with pectin for bakery products with increased nutritional value and to investigate the effect of pectin on technological and consumer properties of the products. The main research directions included selecting optimal pectin dosages, studying its influence on the rheological properties of dough, product quality, and nutritional value. The scientific and practical significance of the work lies in expanding the range of functional bakery products and developing new formulations that increase dietary fiber content and improve structural and mechanical characteristics. The research methodology included the development of experimental formulations, physicochemical and sensory analysis of dough and finished products, determination of quality and nutritional indicators, and statistical processing of experimental data. The results showed that the introduction of pectin into composite mixtures improves crumb structure, increases water-holding capacity of dough, enhances product yield, and enriches bakery products with dietary fiber. Optimal pectin dosages ensuring high consumer properties were determined. This study contributes to the development of functional bakery technology and expands scientific knowledge on the application of hydrocolloids in breadmaking. The practical significance lies in the possibility of implementing the developed formulations in bakery enterprises to produce enriched products aimed at healthy nutrition.

Keywords: pectin, composite mixtures, dietary fiber, functional foods, nutritional value.

Kіpіcne

Халықты сапалы және жоғары тағамдық құндылығы бар нанмен тұрақты қамтамасыз ету міндетін жүзеге асыру шикізат ресурстарын кешенді пайдалануға, шығарылатын өнімдер ассортиментінің құрылымын жетілдіруге, нан пісіру өндірісі үшін жаңа әрі тиімді шикізат

түрлерін іздестіруге, сондай-ақ нан және нан-тоқаш өнімдерін өндіру көлемін арттыруға негізделеді.

Нан және нан-тоқаш өнімдері халықтың тамақтануында ерекше орын алады. Олар күнделікті тұтынылатын өнімдер болып табылады

және олардың тағамдық құндылығы аса маңызды мәнге ие.

Қазақстанда нан негізгі тағам өнімдерінің бірі болып саналады, оны тұтыну арқылы адам өзінің тағамдық заттар мен энергияға деген физиологиялық қажеттілігінің 30%-дан астамын қанағаттандырады. Нанның әсер ету дәрежесі мен адамның денсаулығына ықпалы тұрғысынан алғанда, оның көмегімен тағам рационының қоректік және профилактикалық құндылығын түзетуге болады [1].

Қазіргі тамақтану ғылымының көзқарастарына сәйкес, нан өнімдерінің асортименті сапасы жақсартылған, тағамдық құндылығы жоғары, профилактикалық және диеталық мақсаттағы өнімдерді шығару есебінен кеңейтілуі тиіс.

Нан сапасын жақсартудың, оның тағамдық және биологиялық құндылығын арттырудың, сондай-ақ нан-тоқаш өнімдерінің технологиясын оңтайландырудың ғылыми негіздерін әзірлеуге Ауэрман Л.Я., Кретович В.Л., Пучкова Л.И., Покровский А.А., Патт В.А., Поландова Р.А., Козьмина Н.П., Ройтер И.М., Дробот В.И., Матвеева И.В., Витавская А.В., Изтаев А.И., Усембаева Ж.К., Джерембаева Н.Е. және басқа да ғалымдар елеулі үлес қосты.

Қазіргі заманғы нан пісіру өнеркәсібіндегі өзекті мәселе-нанды тағамдық талшықтармен, атап айтқанда пектинді заттармен байытуды қамтамасыз ететін технологияларды әзірлеу болып табылады. Мұндай қажеттілік экологиялық жағдайлардың нашарлауына байланысты туындайды, бұл қоршаған ортаның және азық-түлік өнімдерінің ластануымен байланысты [2].

Сондықтан көптеген зерттеушілердің назарын өсімдік текті зат - пектинге аударады, өйткені ол организмнен ауыр және радиоактивті металдарды шығару қабілеті сияқты кең мүмкіндіктерге ие. Нан пісіру технологиясында пектинді заттардың мына қасиеттері маңызды болып табылады: ісінуі, тұтқырлығы, гель түзетін қабілеті, кристалдануды реттеу, су сіңіру қабілетін арттыру және эмульгирлеуші қасиеттері [3,4].

Жоғарыда айтылғандарға байланысты перспективалық бағыт – құрамында белгілі мөлшердегі қоректік заттар: тағамдық талшық-

тар, ақуыздар, майлар, көмірсулар, витаминдер, ферменттер, макро- және микроэлементтер бар композициялық ұннан нан технологиясын әзірлеу болып табылады. Құрамында композициялық ұн қолданылатын, тағамдық құндылығы жоғары нан технологиясын әзірлеу өзекті болып табылады және маңызды практикалық мәнге ие.

Зерттеудің мақсаты – өндірісте қолдануға арналған композициялық ұн негізінде сапасы жақсартылған және тағамдық құндылығы арттырылған нан технологиясын әзірлеу.

Зерттеу міндеттері

Мақсатқа сәйкес келесі міндеттер анықталды:

1. Нан өндірісінде пектинді қолдану мүмкіндігін ғылыми негіздеу.

2. Пектин қосылған жаңа композициялық ұнның оңтайлы қатынасын қалыптастыру.

3. Жаңа композициялық ұнның биохимиялық, нан-тоқаш қасиеттері мен қауіпсіздігін зерттеу және олардың камырдың реологиялық қасиеттеріне әсерін анықтау.

4. Пектиннен алынған жаңа композициялық ұн мен жоғары сұрыпты бидай ұнының нан сапасына әсерін зерттеу.

5. Жаңа композициялық ұн негізінде дайындалған нанның тағамдық құндылығы мен қауіпсіздігін зерттеу.

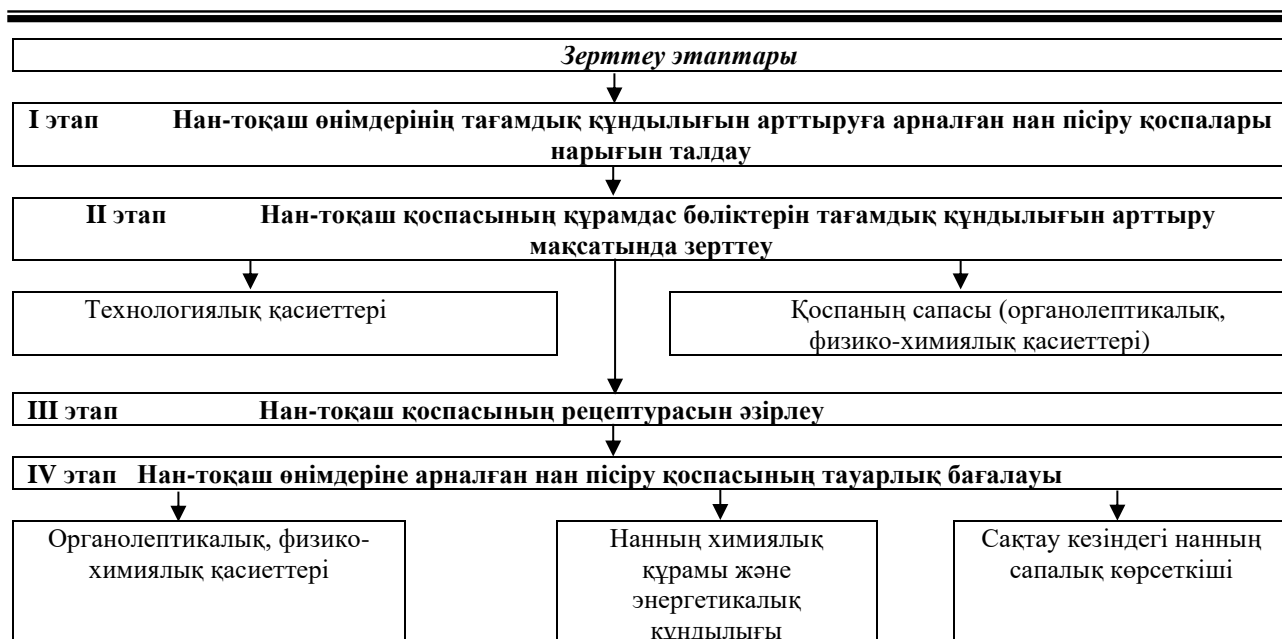
Осыған байланысты, нан-тоқаш өнімдерінің кең асортиментін шығаруға арналған, тұрақты және жақсартылған сапаға ие болатын ұн композициялық қоспаларды дайындау және қолдану технологиясын әзірлеуге бағытталған зерттеулер өзекті болып табылады.

Жаңалығы – пектин мен кептірілген наубайханалық ашытқыларды пайдалана отырып, ұннан жасалған композиттік қоспаның құрамы ғылыми негізделді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Экологиялық тұрақты композициялық қоспаларды әзірлеу үшін негізгі шикізат ретінде азық-түлік өнімдерінің қауіпсіздігі талаптарына және табиғатты тұрақты пайдалану принциптеріне сай келетін дәстүрлі және дәстүрлі емес өсімдік шикізаты қолданылды.

Зерттеулер төменде 1-суретте көрсетілген схемаға сәйкес жүргізілді.



Сурет 1. Ғылыми зерттеулерді жүргізудің жалпы схемасы

Зерттеу жүргізу барысында эксперименттің әртүрлі кезеңдерінде объект ретінде қолданылғандар: бірінші және жоғары сұрыпты би-

дай ұны, толық дәнді ұн, пектин, нан-тоқаш өнімдері [5].

1-кестеде жұмыста қолданылған шикізат тізімі көрсетілген.

Кесте 1. Зерттеу объектісі

Атауы	Өндіруші ел және сауда маркасы	Сапаны куәландыратын құжат
Жоғарғы сортты ақ ұн	Қазақстан, «Цесна» Қазақстан, «АК-Марал» Қазақстан, «Болашак»	ГОСТ 26574-2017 ГОСТ 26574-85 СТ РК 1741-2008
Бірінші сортты ақ ұн	Қазақстан, «Цесна» Қазақстан, «АК-Марал» Қазақстан, «Болашак»	ГОСТ 26574 – 2017 ГОСТ 26574-85 СТ РК 1741-2008
Алма пектині	Қазақстан, «ИМАК ФУД»	ГОСТ 29186-91
Цитрус пектині	Қазақстан, «ИМАК ФУД»	ГОСТ 29186-91

Лабораториялық зерттеулер жүргізу барысында жоғары және 1-сұрыпты бидай ұнынан үш

ерікті сынама алынды. Бидай ұнының физико-химиялық сапа көрсеткіштері 2-кестеде берілген.

Кесте 2. Бидай ұнының физико-химиялық сапа көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Ұн сынамасының көрсеткіштері мәндері.					
	Жоғарғы сорт			Бірінші сорт		
	1	2	3	4	5	6
Судың салмақтық үлесі, %	11,4	13,2	13,3	11,1	12,6	12,0
Титрленетін қышқылдық, град	3,8	4,0	5,5	5,6	3,5	3,5
Шикі ұнтақтағы клейковинаның салмақтық үлесі, %	30,0	32,0	32,0	31,0	28,8	30,0
Шикі клейковинаның сапасы:						
- ИДК аспабында сығылу қабілеті, аспап бірлігі;	70	90	62	53	72	80
- созылғыштығы, см;	15	17	12	11	16	15
- тобы	I	II	II	II	I	I

Зерттелген сынамалардың ылғал мөлшері 11,1–13,3 % аралығында болып, нормативтік құжаттама талаптарына сәйкес келеді (15 %-дан аспауы тиіс). Бұл ұнның жақсы сақталғанын және сақтау кезінде микробиологиялық бүліну қаупінің жоқтығын көрсетеді.

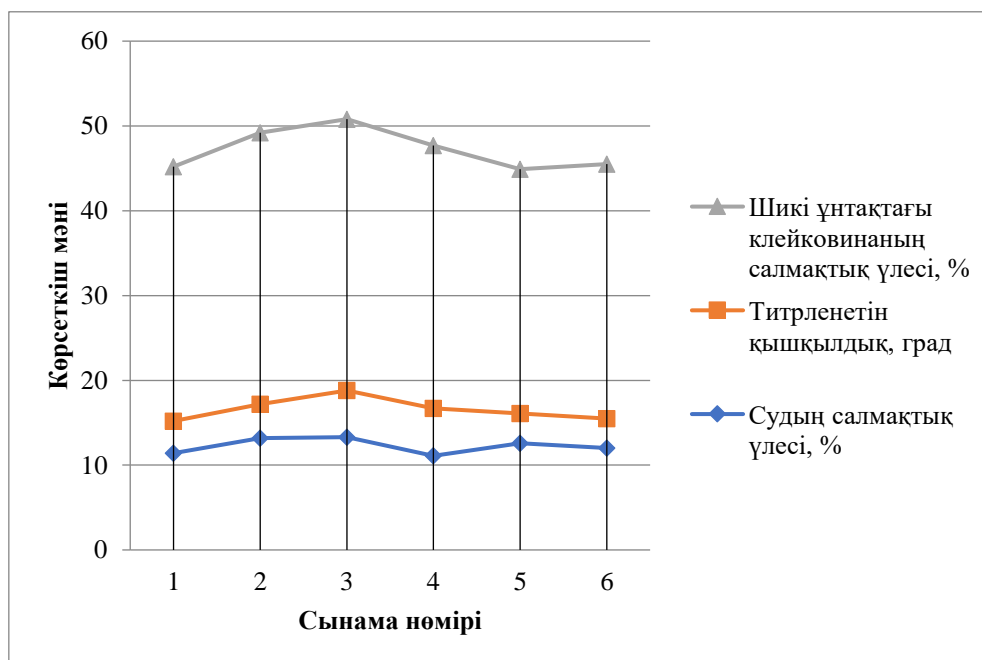
Титрленетін қышқылдық 3,5–5,6 градус шамасында болып, нан пісіруге арналған ұн үшін рұқсат етілген шектерде орналасады. 3 және 4 сынамалардағы қышқылдықтың жоғары болуы белсенді ферменттік процестердің бар екендігін білдіруі мүмкін, бұл қамырдағы газ түзілуіне оң әсер етуі мүмкін.

Сынамалардың шикі клейковинасы 28,8–32,0 % аралығында болып, бұл жақсы нан пісіру қасиеттеріне ие ұнға сәйкес келеді. Ең жоғары

клейковина мөлшері жоғары сұрыпты 2 және 3 сынамаларда байқалды (32,0 %).

КДӨ приборындағы сығылғыштық көрсеткіштері 53–90 бірлік аралығында болып, клейковиннің I–II сапа тобына сәйкес келеді. Ұзындығы 11–17 см болып, бұл қамырдағы клейковиндік каркастың жеткілікті серпімділігін көрсетеді.

Қолданылған бидай ұнының барлық сынамалары органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштер бойынша ГОСТ талаптарына сай келді (2-сурет). Ашытқы нан пісіруге арналған ГОСТ 28483-90 талаптарына сәйкес келді. Тамақ тұзы ГОСТ Р 51574-2003 стандарттарына сәйкес болды.



Сурет 2. Ұн сапасының сынамалар бойынша көрсеткіштері

Көрсетілген диаграммадан байқалғандай, барлық сынамалардағы ылғал мөлшері нормативтік мәндер аясында болып, аздап өзгереді. Қышқылдықта айтарлықтай ауытқулар байқалады, ең жоғары көрсеткіштер 3 және 4 сынамаларда тіркелген, бұл ферменттік процестердің жоғары белсенділігін көрсетеді.

Шикі клейковинаның мөлшері тұрақты түрде жоғары болып қалады, әсіресе 2 және 3 сынамаларда, бұл зерттелген ұнның жақсы нан пісіру қасиеттерін растайды.

Бірқатар ғылыми мекемелердің ғалымдары нан пісіру өндірісінде әртүрлі пектин түрлерін: алма, қант қызылшасы және цитрус пектинін қолдану бойынша зерттеулер жүргізді. Зерттеулер көрсеткендей, қамырға пектин

қосу қамырда жүретін биологиялық, коллоидтық және микробиологиялық процестерге әсер етеді.

Сонымен қатар, пектиннің дайын өнімнің жаңа күйін сақтауға оң әсері анықталды [6], бұл нан-тоқаш өнімдерінің сақтау мәселесін шешуде маңызды рөл атқарады [7]. Медициналық зерттеулер бойынша, пектинмен байытылған нан-тоқаш өнімдері сорбциялық, жергілікті қабынуға қарсы және антиоксикалық әсерге ие [2].

Сондықтан нан-тоқаш өнімдерін өндіруде пектинді қолдану өте маңызды, себебі нан – күнделікті ең көп тұтынылатын тағам өнімдерінің бірі болып табылады.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, зерттеудің негізгі мақсаты анықталды – пектинді заттармен байытылған нан-тоқаш өнімдерінің рецептураларын және технологиясын әзірлеу.

Осы мақсатқа қол жеткізу үшін біз композициялық қоспалардың рецептураларын құрастырдық, олардың негізінде тағамдық құндылығы жоғары нан өндіруге болады [8].



Сурет 3. Композиттік қоспалардың құрылымдық-функционалдық схемасы

Композиттік қоспалардың негізгі құрамдастары мыналар болып табылады: ұн қоспасы, оған бірінші сұрыпты бидай ұны, «Саф момент» кептірілген наубайханалық ашытқы, тамақ тұзы кіреді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Композициялық нан қоспаларының рецептурасын модельдеудегі маңызды кезең – құрамдас бөліктерді таңдау. Қоспа компоненттері технологиялық тұрғыдан ыңғайлы, арнайы дайындықты қажет етпейтін, қымбатқа түспейтін және максималды тағамдық құндылығы жоғары болуы тиіс.

Композициялық қоспалардың негізгі құрамдас бөліктері: бірінші және жоғары сұрыпты бидай нан пісіруге арналған ұн, «Саф-момент» құрғақ ашытқысы, тамақ тұзы, алма және цитрус пектині болды.

Жұмыста бірінші сұрыпты бидай ұнынан үш, ал жоғары сұрыпты ұннан үш сынама қолданылды.

Зерттеуде қолданылған ұн органолептикалық көрсеткіштері бойынша талданды: түсі, дәмі, иісі, сондай-ақ ылғал мөлшері мен титрленетін қышқылдыққа сәйкес тексерілді. Бидай ұны үшін шикі клейковинаның массалық үлесі мен шикі клейковинаның сапасы анықталды.

Нан пісіру қоспасын әзірлеуге пектин де енгізілді, ол нан-тоқаш өнімдерінің тағамдық құндылығын арттырады. Қамырға пектин қосу оның бастапқы қышқылдық деңгейін көтеріп,

Дәстүрлі технологиядан айырмашылығы, толық рецептуралық кептірілген композициялық қоспалар негізінде бидай нанын дайындау технологиясы тек қоспаны және қамыр илеуге қажетті судың мөлшерін көздейді.

Композициялық қоспаларды алу құрылымдық-функционалдық схемасы 3-суретте көрсетілген.

pH көрсеткішін төмендетеді және қамырдағы ферментация процесіне әсер етеді. Пектинді қамырға қосу оның физикалық қасиеттерін өзгертеді [9,3]. Мысалы, пектин мөлшері артқан сайын қамыр шаршысының жайылғыштығы азайып, оның құрылымдық-механикалық қасиеттерінің беріктігі артады.

Қоспалардың құрам нұсқаларын әзірлеу және компоненттердің мөлшерін таңдау кезінде келесі қағидаларға сүйенілді:

- пектиннің дозасының қамыр қасиеттеріне және нан-тоқаш өнімдерінің сапасына әсерін зерттеу нәтижелері;
- қоспадағы жалпы шикізат мөлшері 100 % құрайды;
- ұн мөлшері қосымша енгізілетін компоненттердің жалпы мөлшерінен 100 % айырмасымен анықталады.

Зерттеудің мақсаты – қоспаның рецептурасын әзірлеу және оның негізінде тағамдық құндылығы жоғары нан өндіру.

Рецептураны әзірлеу міндетіне нан сапасының тағамдық қоспалардың мөлшеріне тәуелділігін анықтау және енгізілетін қоспалардың оңтайлы мөлшерін табу кірді. Зерттеу барысында физика-химиялық, органолептикалық және реологиялық көрсеткіштер зерттелді.

Соған байланысты, пектинді қамырға енгізу әдісі бойынша нан пісіру қоспасының рецептурасы әзірленді, пектиннің ұн массасына қатынасы 5, 10, 15 және 20 % деңгейінде қолданылды.

Кесте 3. Талдауға алынған нан-тоқаш өнімдерінің рецепттері

Шикізат пен қоспалардың атаулары	Рецептті әзірлеу нұсқалары, кг				
	1	2	3	4	5
Пектиннің құрамы %	0	5	10	15	20
1 сорты бүтін дәнді ұн	100	95	90	85	80
Ашытқы	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Тұз	2	2	2	2	2
Ұсақ қант	4	4	4	4	4
Пектин	-	5	10	15	20

Зерттелген сынамаларда рецептураның үш компоненті тұрақты қалдырылды (тұз, қант, ашытқы), ал екі фактор өзгертілді.

Барлық өнімдердегі ылғалдылық біркелкі болуы тиіс, бұл нанның физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштеріне әсер етпеуі үшін қажет.

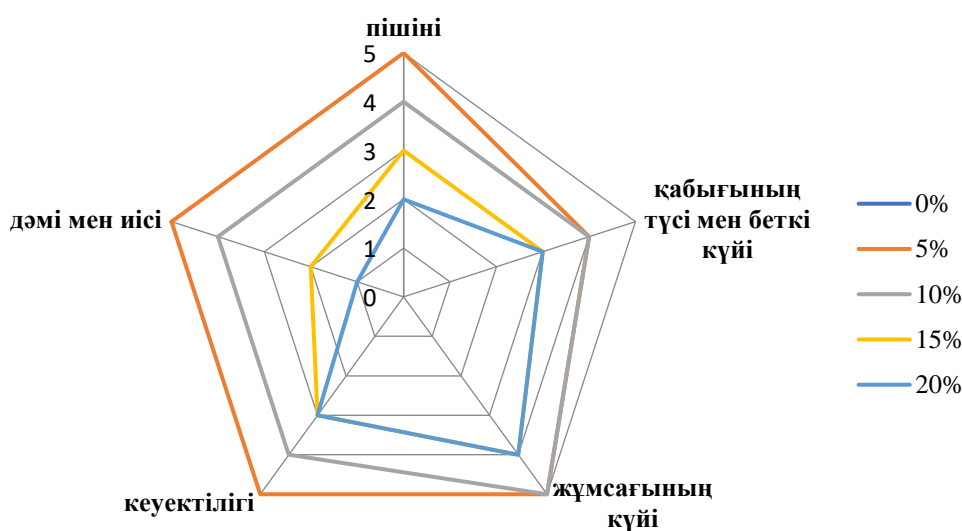
Содан кейін оңтайландырылған рецепт

бойынша қоспалар дайындалып, солардан нан-тоқаш өнімдері пісірілді және олардың органолептикалық сапа көрсеткіштері бағаланды. Органолептикалық көрсеткіштерді бағалау үшін 25 балдық шкала қолданылды. Қамыр ашытқысыз әдісімен дайындалды [10].

Өнімдердің балдық бағасын анықтау нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4. Әртүрлі концентрациядағы пектинді қолданумен нан-тоқаш өнімдерін балдық бағалау

Үлгінің нөмірі	1	2	3	4	5
Пектиннің салмақтық үлесі, %	0	5	10	15	20
Жалпы балл	0	24	21	15	13



Сурет 4. Пектиннің әртүрлі мөлшеріндегі нан сапасын бағалауға арналған номограмма

4-кестеден және 4-суреттен көрініп тұрғандай, өнімдердің балдық бағасы әртүрлі болды. Ең төмен баға алған өнімнің жұмсағы тығыз, нашар көтерілген, пішіні бойынша қысылған, қабығы қалың және шайнауға қиын, төменгі қабығында жарақаттар мен жарықтар болған.

Ең жақсы көрсеткіштер 2 және 3 нөмірлі сынамаларда тіркелді, онда пектиннің қатынасы ұнның жалпы массасына 5 және 10 % болды. Пектинді 5 % мөлшерде енгізу дайын өнімдердің сапалық көрсеткіштеріне елеулі әсер етпеді.

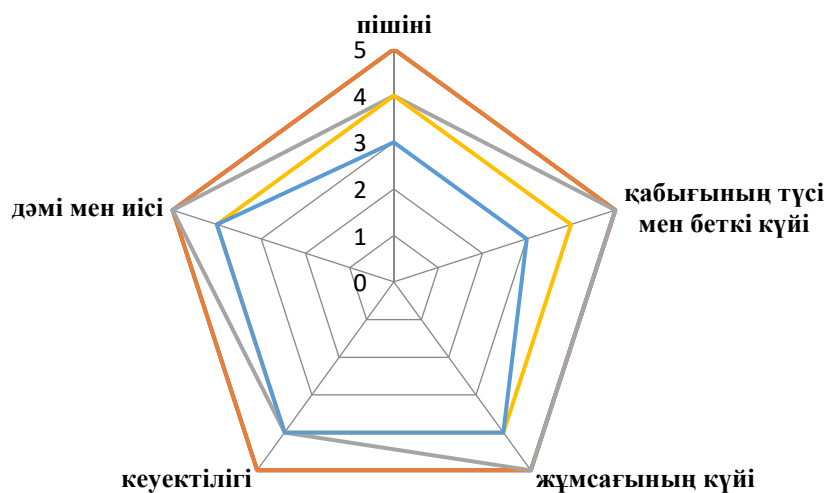
15 % және 20 % мөлшерінде пектин енгізілген сынамалардың көбінің балдық баға-

сы төмен болды. Бұл пектиннің осындай мөлшерде қамырды илеген кезде су мөлшерін арттырып, оның ылғалдылығын жоғарылататынымен байланысты. Нәтижесінде жұмсақ бөлігі тығыз, нашар көтерілген болды. Эксперимент барысында өнімдердің түсі сұрғылт, дәмі қышқылдау және иісі нан-тоқаш өнімдеріне тән емес болып шыққаны анықталды. Сол себепті бірінші сұрыпты ұнды жоғары сұрыпты ұнмен алмастыру шешілді [11].

Осылайша, зерттеудің келесі кезеңінде жоғары сұрыпты ұннан 5 сынамалық пісіріліс жасалды, пектиннің құрамындағы мөлшері сәйкесінше 7, 8, 9, 11 және 12 % болды. Бұл көрсеткіштер 5-кестеде берілген.

Кесте 5. Пектиннің әртүрлі концентрациясымен дайындалған нан-тоқаш өнімдерінің балдық бағасы

Үлгі номері	1	2	3	4	5
Пектиннің үлесі %	7	8	9	11	12
Жалпы балл	25	25	23	20	18



Сурет 5. Пектиннің әртүрлі мөлшеріндегі нан сапасын бағалауға арналған номограмма

7 % және 8 % пектин құрамына ие 1 және 2 нөмірлі сынамалар бірдей балл алды, себебі зерттеудің мақсаты – тағамдық құндылығы жоғары қоспа алу. Сол себепті 8 % пектин мөлшеріндегі сынама қоспаны әзірлеу үшін ең оңтайлы құрам болып саналды, бұл мөлшер нан-тоқаш өнімдерінің тағамдық құндылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Эксперименттің келесі кезеңінде қамырды дайындау процесінде пектиннің түрін (алма немесе цитрус) таңдау жүргізілді. Пектин

түрінің технологиялық процесс пен нан сапасына әсерін анықтау мақсатында әртүрлі дозалар бойынша нан пісірілді.

Безопар әдісімен қамыр дайындағанда ең жақсы нәтижелер алма және цитрус пектиндерін 8 % мөлшерде қолданған жағдайда алынды. Осы кезде арнайы көлем алма пектині қолданғанда 17 %, ал цитрус пектині қолданғанда 16 % артып, бақылау үлгісімен салыстырғанда өнімнің көлемі едәуір жақсарды.

Кесте 6. Пектин түрінің нан сапасына әсері

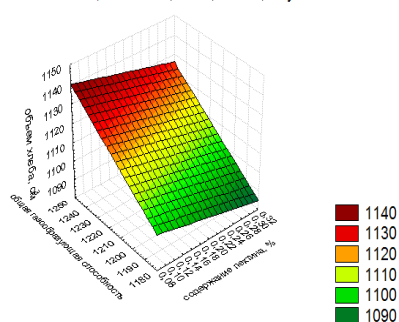
Көрсеткіш	Контроль	Пектин түрі	
		алма	цитрус
Белгілі көлемі, см ³ /100 г	373	384	386
Ылғалдылығы, %	42,7	42,9	42,9
Кеуектігі, %	77	81	82
Қышқылдық, градус	2,2	2,3	2,3
Құрылымдық-механикалық қасиеттері, пенетрометр бірліктерімен:			
Δ Н жалпы	73	73	79
Δ Н сұйық	47	43	48
Δ Н серпімді	26	30	31
36 сағат сақталудан кейін:			
Δ Н жалпы	53	54	59
Δ Н сұйық	31	26	30
Δ Н серпімді	22	28	29

Кестеден көрініп тұрғандай, пектин қосылған нанның арнайы көлемі, кеуектілігі және құрылымдық-механикалық қасиеттері бақылау үлгісіне қарағанда жоғары болды. Бұл пектинді заттарды енгізу ферментация процесін күшейтетіндіктен болып отыр – қамыр қышқылдығы артып, газ түзілуі көбейеді. Мұның себебі – қоректік ортаның құрамында жеңіл ферментацияланатын көмірсулар көбейіп, микроорганизмдерге қосымша қорек болуында, нәтижесінде жұмсақ бөлігі біркелкі және қабырғасы жұқа кеуектілікке ие болады.

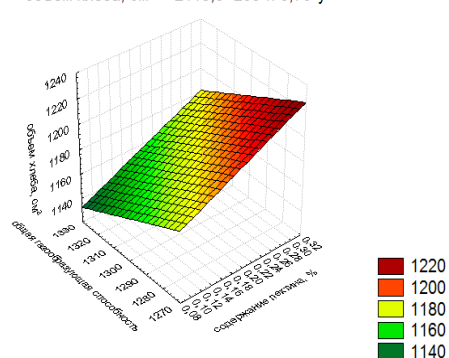
Сонымен қатар, пектинді заттарды қолдану қаттылық процесін бәсеңдетеді. 36 сағат сақтау мерзімінде бақылау үлгісіндегі Нобц мәні 15,5 % төмендесе, пектин қосылған нанның жұмсақ бөлігі жалпы сығылғыштық көрсеткіші пектин түріне байланысты 7,2–12,8 % аралығында төмендеді.

Нанның көлемдік шығымы мен газ түзілу қабілетінің пектин (алма және цитрус) мөлшеріне тәуелділігін сипаттайтын математикалық модельдер б-суретте берілген.

объем хлеба, см³ = 409,41-58,82*x+0,59*y



объем хлеба, см³ = 2113,5+205*x-0,75*y



Сурет 6. Нанның көлемдік шығымы мен газ түзілу қабілетінің пектин мөлшеріне тәуелділігін сипаттайтын математикалық модель

Жүргізілген зерттеулер пектиннің әртүрлі түрлерінің технологиялық процесс пен нан сапасына оң әсер ететінін көрсетеді.

Көрсеткіштерді бағалағанда, алма және цитрус пектині қосылған нанның сапасы іс жүзінде бірдей екені анықталды. Алайда алма пектині қосылған нан жеңіл алма хош иісімен ерекшеленді.

Осылайша, әзірленген нан сорттары рационға енгізуге ұсынылатындай, әсіресе эколо-

гиялық жағдайы қолайсыз аймақтарда тұратын адамдар үшін пайдалы болып табылады.

Қорытынды

Осылайша, нан-тоқаш өнімдерін тағамдық құндылығы бойынша белгіленген критерийлерге сай өндіру үшін пектинді қолдана отырып, композициялық нан пісіру қоспасының технологиясы әзірленді [12,13].

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін біз әртүрлі пектин қатынасына ие композициялық

қоспалардың рецептураларын құрастырдык, олардың негізінде тағамдық құндылығы жоғары нан өндіруге болады. Дәстүрлі технологиядан айырмашылығы, толық рецептуралық кептірілген композициялық қоспалар негізінде бидай нанын дайындау тек қоспаны және қамыр илеуге қажетті судың мөлшерін дозалауды көздейді [14,15].

Жүргізілген кешенді зерттеулер көрсеткендей, әзірленген тұрақты композициялық қоспалар мына мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді:

- нан-тоқаш өнімдерінің нутриенттік құрамын жақсарту;
- қамырдың жоғары технологиялық қасиеттерін сақтау;
- тұрақты сапалы өнім алу;
- өндірістің экологиялық жүктемесін төмендету.

Алынған нәтижелер қойылған мақсатқа қол жеткізілгенін және зерттеу міндеттерінің шешілгенін растайды.

Алғыс, мүдделер қақтығысы (қаржыландыру)

Біз ЖШС «Қаравай» компаниясына экологиялық тұрақты, тағамдық құндылығы жоғары композициялық нан пісіру қоспасын әзірлеу барысында көрсеткен қолдауы мен көмегі үшін шын жүректен алғысымызды білдіреміз.

Арнайы алғыс өндіріс базасын тәжірибелік зерттеулер үшін ұсынған кәсіпорын мамандарына, нан пісірудің технологиялық режимдері бойынша консультациялық қолдау көрсеткені үшін, сондай-ақ әзірленген рецептураларды өндірістік жағдайда апробациялауға мүмкіндік бергені үшін айтылады.

ЖШС «Қаравай» компаниясымен ынтымақтастық зерттеудің практикалық бағыттылығын қамтамасыз етуге, алынған нәтижелердің сенімділігін арттыруға және әзірленген композициялық қоспаны өнеркәсіптік өндірісте енгізу перспективаларын анықтауға мүмкіндік берді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. www.pharmnews.kz. Шаги по реализации национальной программы в области питания Республики Казахстан - прерогатива высокопрофессионального коллектива Института питания. Интервью Т.Ш. Шарманова.

2. Чижикова О.Г., Коршенко Л.О. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий: учебник для вузов. – М: Юрайт, 2025. — 252 с ISBN 978-5-534-14562-5

3. Пашук З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник / З. Н. Пашук, Т.К. Апет, И.И. Апет. – СПб.: ГИОРД, 2019. – 400с.

4. Захарова А. С. Полнорецептурные комбинированные смеси для производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности/ Захарова А. С// Ползуновский альманах. -2019. - №3. -Б 28-29.

5. Литвяк В.В., Алексеев Г.В., Росляков Ю.Ф. Хлеб и хлебопечение – СПбг: Лань, 2024. — 520 бет. — ISBN 978-5-507-49797

6. Tefikova S.N., Nikitin I.A., Goncharov A.V., Sokolov I.V., Klokonos M.V. Methods of mathematical modeling in design planning of recipes of bakery products with specified composition. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2022;84(3):47-52. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-3-47-52>

7. Syaidahtull N. I., MacDalyna E. R., Ahmad N. A., Rovina K., Wolyna P., Fan H. Y., Jumardi R., Norazlina M. R., Sylvester M., Mohd K. Z., Nicky R. P., Hasmadi M. Composite Flour as an Innovative Food Ingredient in Bakery // International Journal of Food 2 (1): 11-24. DOI:10.51200/ijf.v2i1.5384

8. Донченко Л. В., Надькта В. Д. Безопасность пищевой продукции: учебник для вузов - М.: Изд-во Юрайт, 2026. – 452 с. ISBN 978-5-534-16705-4.

9. Брыксина К.В., Толстова Н.Ю. Применение муки пшеничной цельнозерновой при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности // Наука и образование. -2022. Т. 5. -№ 2. -С. 87.

10. Есембек М.Ж., Тарабаев Б.К., Омарилова А.М., Ботбаева Ж.Т., Какимов М.М. Исследование вторичного сырья переработки зерновых культур для использования в производстве хлеба. //Вестник Алматинского технологического университета. 2022;(1):29-35. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-1-29-35>

11. Невзоров, В. Н., Мацкевич, И. В., Кох, Ж. А. (2024). Технология производства пшеничного хлеба с биологически активными добавками из растительного сырья. // Ползуновский ВЕСТНИК, (3),105–110. <https://doi.org/10.25712/ASTU.20728921.2024.03.015>

12. Бороздина А. В., Фомичева Ю. Ю. Экспертиза качества сырья и готовой продукции. - Саратов: Техно-Декор, 2016. - 116 бет.

13. Бороздина А. В., Садыгова М. К., Буховец В. А. Технология хлебобулочных изделий длительного хранения.- Саратов: Техно-Декор, 2016. - 123 бет.

14. Магомедов, М. Д., Рыбин А.В. Управление качеством в отраслях пищевой промышленности. - М.: Дашков и К, 2006. - 191 бет.

15. Гришина Е.С. Технология хлебопекарного производства. – Омск: Омский ГАУ, 2020. – 175 бет.

REFERENCES

1. www.pharmnews.kz. Shagi po realizacii nacional'noj programmy v oblasti pitaniya Respubliki Kazakhstan - prerogativa vysokoprofessional'nogo

- kollektiva Instituta pitaniya. Interv'ju T.Sh. Sharmanova [Implementation of the national nutrition program of the Republic of Kazakhstan is the responsibility of the highly professional team at the Institute of Nutrition. Interview with T.Sh. Sharmanov]. (In Russian)
2. Chizhikova O.G., Korshenko L.O. Tehnologija proizvodstva hleba i hlebobulochnyh izdelij: uchebnik dlja vuzov [Technology of Bread and Bakery Products Production: a Textbook for Higher Education Institutions]. – M: Jurajt (2025):pp. 252. (In Russian)
3. Pashuk Z.N., Apet T.K., Apet I.I. Tehnologija proizvodstva hlebobulochnyh izdelij: spravochnik [Technology of Bakery Products Production: a Reference Guide] – SPb.: GIOR, (2019): p 400. (In Russian)
4. Zaharova A. S. Polnorecepturnye kompozitnye smesi dlja proizvodstva hlebobulochnyh izdelij povyshennoj pishhevoj cennosti [Complete Recipe Composite Mixtures for the Production of Bakery Products with Enhanced Nutritional Value] // Polzunovskij al'manah. №3. (2019): pp. 28-29. (In Russian)
5. Litvjak V. V., Alekseev G.V., Rosljakov Ju. F. Hleb i hlebopechenie [Bread and Breadmaking] – SPbg: Lan', (2024): pp. 520. (In Russian)
6. Tefikova S.N., Nikitin I.A., Goncharov A.V., Sokolov I.V., Klokonos M.V. Methods of mathematical modeling in design planning of recipes of bakery products with specified composition. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2022; 84(3): 47-52. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-3-47-52>
7. Syaidahtull N. I., MacDalyna E. R., Ahmad H. A., Rovina K., Wolyna P., Fan H. Y., Jumardi R., Norazlina M. R., Sylvester M., Mohd K. Z., Nicky R. P., Hasmadi M. Composite Flour as an Innovative Food Ingredient in Bakery // International Journal of Food 2 (1): 11-24. DOI:10.51200/ijf.v2i1.5384
8. Donchenko L. V., Nadykta V. D. Bezopasnost' pishhevoj produkcii: uchebnik dlja vuzov [Food Product Safety: a Textbook for Higher Education Institutions] - M.: Izd-vo Jurajt (2026): pp. 452. (In Russian)
9. Bryksina K.V., Tolstova N.Ju. Primenenie muki pshenichnoj cel'nozernovoj pri proizvodstve hlebobulochnyh izdelij povyshennoj pishhevoj cennosti [Application of Whole Wheat Flour in the Production of Bakery Products with Enhanced Nutritional Value] // Nauka i obrazovanie № 2 (2022): pp. 87. (In Russian)
10. Esembek M.Zh., Tarabaev B.K., Omaralieva A.M., Botbaeva Zh.T., Kakimov M.M. Issledovanie vtorichnogo syr'ja pererabotki zernovyh kul'tur dlja ispol'zovanija v proizvodstve hleba [Investigation of Secondary By-Products of Grain Processing for Use in Bread Production] // Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. № 1 (2022): pp. 29-35. (In Russian)
11. Nevzorov, V. N., Mackevich, I. V., Koh, Zh. A. (2024). Tehnologija proizvodstva pshenichnogo hleba s biologicheskimi aktivnymi dobavkami iz rastitel'nogo syr'ja [Technology of Wheat Bread Production with Biologically Active Additives from Plant Raw Materials] // Polzunovskij VESTNIK, № 3 (2024): pp. 105–110. (In Russian)
12. Borozdina A. V., Fomicheva Ju. Ju. Jekspertiza kachestva syr'ja i gotovoj produkcii [Quality Examination of Raw Materials and Finished Products]. - Saratov: Tehno-Dekor, (2016): pp. 116. (In Russian)
13. Borozdina A. V., Sadygova M. K., Buhovec V. A. Tehnologija hlebobulochnyh izdelij dlitel'nogo hranenija [Technology of Long-Shelf-Life Bakery Products].- Saratov: Tehno-Dekor, (2016): pp. 123. (In Russian)
14. Magomedov, M. D., Rybin A.V. Upravlenie kachestvom v otrasljah pishhevoj promyshlennosti [Quality Management in the Food Industry Sectors]. - M.: Dashkov i K, (2006): pp. 191. (In Russian)
15. Grishina E. S. Tehnologija hlebopekarnogo proizvodstva [Technology of Breadmaking Production]. – Omsk: Omskij GAU, (2020): pp. 175. (In Russian)

ӘРЛЕУДІҢ БЫЛҒАРЫ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІН ИҚ-СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ

Р.М. ЕГЕМБЕРДИ , Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА* 

(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы,
160012 Шымкент қ., Тәуке хан даңғ., 5)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: ega05.05@mail.ru*

Бұл мақалада былғарының әрлеу процесінің оның құрылымдық қасиеттеріне әсері ИҚ-спектроскопиялық әдіспен зерттелді. Зерттеу барысында әрленген және әрленбеген былғары үлгілерінің инфрақызыл спектрлері салыстырылды. Зерттеу Shimadzu IRPrestige-21 ИҚ-Фурье спектрометрімен жүргізілді. Талдау үшін Pike Technologies компаниясының Miracle типті қосымшасы пайдаланылды. Әр үлгінің спектрлері $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ диапазонында алынды. Талдау алынған спектрлердегі негізгі сіңіру жолақтары (шыңдары) бойынша жасалды. Зерттеу жұмыстары М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу Университетінде орналасқан «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» инженерлік зертханасында жүзеге асырылды. Нәтижесінде әрлеу кезінде полимерлі қабықтың түзілуі, коллаген құрылымының белгілі бір дәрежеде өзгеруі және химиялық байланыстардың қарқындылығының төмендеуі анықталды. Алынған деректер былғарыны әрлеу процесі материалдың беткі қабатындағы химиялық байланыстардың қайта құрылуына және жалпы құрылымының молекулалық деңгейде өзгеруіне әкелетінін дәлелдеді. Амидтік топтардың (--C=O , --NH) тербеліс жолақтарының аздап ығысуы байқалды, бұл коллаген тізбектерінің ішінара модификацияланғанын көрсетеді. Әрленген үлгінің сыртқы қабатында $1735\text{--}1740\text{ см}^{-1}$ жиілігінде жұтылу жолақтарының пайда болуы оның полимерлік құрамында карбонил (C=O) функционалды топтарының түзілгенін айқындайды. Нәтижелерді негізге ала отырып, былғарының сапалық қасиеттерін сақтау мақсатында әрлеу жұмыстарында қолданылатын құрамды одан әрі зерттеп, жетілдіру ұсынылады.

Негізгі сөздер: былғары, хромдық илеу, былғары құрылымы, ИҚ-спектроскопия, әрлеу, коллаген.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛКИ НА СТРОЕНИЕ КОЖИ С ПОМОЩЬЮ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Р.М. ЕГЕМБЕРДИ, Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА*

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан,
160012, г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5)

Электронная почта автора-корреспондента: ega05.05@mail.ru*

В данной статье методом ИК-Фурье спектроскопии изучено влияние процесса отделки (финиширования) кожи на её структурные свойства. В ходе исследования были сопоставлены инфракрасные спектры образцов кожи с отделкой и без отделки. Измерения проводились на ИК-Фурье спектрометре Shimadzu IRPrestige-21, оснащённом приставкой Miracle от компании Pike Technologies. Спектры для каждого образца регистрировались в диапазоне $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$. Анализ базировался на изучении основных полос поглощения (пииков) в полученных спектрах. Исследовательские работы выполнялись в инженерной лаборатории «Конструкционные и биохимические материалы», расположенной на базе Южно-Казахстанского университета имени М. Ауэзова. Результаты подтвердили, что процесс отделки приводит к реорганизации химических связей и молекулярным изменениям в поверхностном слое материала. В частности, было установлено: формирование полимерной пленки на поверхности образцов. Частичная модификация коллагеновой структуры и снижение интенсивности некоторых химических связей. Наблюдалось незначительное смещение полос валентных колебаний амидных групп (--C=O , --NH), что указывает на частичную модификацию коллагеновых цепей. Таким образом, полученные данные доказывают, что отделка кожи вызывает перестройку химических связей и молекулярно-структурные изменения в её верхнем слое. Появление полос поглощения в области $1735\text{--}1740\text{ см}^{-1}$ на внешнем слое

образца с отделкой указывает на образование карбонильных (C=O) функциональных групп в его полимерном составе. На основании полученных результатов рекомендуется дальнейшее изучение и оптимизация состава отделочных материалов для обеспечения сохранения высокого качества и эксплуатационных свойств кожи.

Ключевые слова: кожа, хромовое дубление, структура кожи, ИК-спектроскопия, отделка, коллаген.

DETERMINING THE EFFECT OF FINISHING ON LEATHER STRUCTURE USING FTIR SPECTROSCOPY

R.M. YEGEMBERDI, R.SH. MIRZAMURATOVA*

(M. Aueзов South Kazakhstan University, Kazakhstan,
160012, Shymkent, Tauke khan Avenue, 5)

Corresponding author e-mail: era05.05@mail.ru*

This article investigates the influence of the leather finishing process on its structural properties using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy. The study involved a comparison of the infrared spectra of finished and unfinished leather samples. The measurements were carried out on a Shimadzu IRPrestige-21 FTIR spectrometer equipped with a Miracle accessory from Pike Technologies. Spectra for each sample were recorded in the range of 4000–400 cm⁻¹. The analysis was based on examining the main absorption bands (peaks) in the obtained spectra. The research was conducted in the "Structural and Biochemical Materials" engineering laboratory at the M. Aueзов South Kazakhstan University. The results confirmed that the finishing process leads to a reorganization of chemical bonds and molecular changes in the material's surface layer. Specifically, it was established: formation of a polymer film on the surface of the samples, partial modification of the collagen structure and a reduction in the intensity of certain chemical bonds, a slight shift in the absorption bands of the amide group valence vibrations (–C=O, –NH) was observed, indicating a partial modification of the collagen chains. Thus, the obtained data prove that leather finishing causes a rearrangement of chemical bonds and molecular-structural changes in its top layer. The appearance of absorption bands in the range of 1735–1740 cm⁻¹ on the surface of the finished sample indicates the formation of carbonyl (C=O) functional groups in its polymeric composition. Based on the results, further study and optimization of the composition of finishing materials are recommended to ensure the preservation of high quality and functional properties of leather.

Keywords: leather, chrome tanning, leather structure, IR spectroscopy, finishing, collagen.

Kіpіcne

Былғары – жануарлардың шикі терісін немесе былғарысын илеу арқылы алынатын табиғи, берік әрі иілгіш материал. Ең жиі қолданылатын шикізат түрі – ірі қара малдың терісі болып табылады. Былғарыны өндіру көлемі шағын қолөнер шеберханаларынан бастап, заманауи өнеркәсіптік зауыттарға дейін әртүрлі деңгейде жүзеге асырылады. Шикі тері немесе тері-былғарылар өндеудің бірнеше механикалық және химиялық сатыларынан өтеді: жүнін алу, қырку, жібіту, күлдеу, майлау және илеу. Осы процестердің нәтижесінде ұзақ мерзімді және экологиялық тұрақты былғары өнімі алынады [1].

Былғарының құрылымы үш өлшемді коллаген талшықтарының торынан тұрады. Бұл құрылым тоқыма маталарынан талшықтардың өрілу ерекшелігі бойынша айтарлықтай өзгеше. Былғарыдағы талшықтардың тығыздығы ет

жағынан үстіңгі (беттік) қабатқа қарай біртіндеп арта түседі, бұл өз кезегінде бояғыш заттарға деген сіңірілу дәрежесінің екі бетте әртүрлі болуына әкеледі. Сонымен қатар, былғарының қасиеттері жануардың түріне, тұқымына және тіршілік ету жағдайларына байланысты өзгереді. Бір терінің өзінде де әр бөлігі әртүрлі қасиеттерге ие болуы мүмкін. Осы факторлардың барлығы илеу процесіне және алынған былғарының сапасына тікелей әсер етеді.

Былғарының сапасы мен қасиеті бірқатар факторларға тәуелді: терінің түріне (бұқа терісі ме, сиыр терісі ме), шыққан тегіне (жануардың денсаулығы мен күтім жағдайына), шикі терінің сапасына, сондай-ақ илеу әдісіне (өсімдік тектес немесе хроммен илеу) байланысты анықталады [2].

Илеу (tanning) – жануарлардың терісіндегі жұмсақ әрі тез бұзылатын нәруыздарды (ақуыздарды) химиялық өндеу арқылы берік әрі

иілгіш былғарыға айналдыру процесі болып табылады. Өсімдік тектес илеу әдісінде негізгі әсер етуші зат – танин қышқылы (tannic acid), ол кейбір ағаш түрлерінің қабығынан алынады. Ал хромдық илеу кезінде алюминий, хром немесе цирконий тәрізді металдардың тұздары қолданылады. Бұл процесс терінің нәруыздық құрылымын тұрақты түрде өзгертеді, нәтижесінде тері шіруге төзімді, мықты әрі кейде түрлі түске боялған күйде өңделеді [3].

Илеуге дейін терілер бірнеше дайындық кезеңінен өтеді: жүннен арылту, майсыздандыру, тұзын кетіру және суға жібіту. Бұл процесс 6 сағаттан 2 тәулікке дейін созылады. Тарихи тұрғыдан алғанда, тері илеу кәсіпшілігі жағымсыз иіс шығаратын («иісті кәсіп») сала ретінде қабылданып, көбіне елді мекендердің шет аймақтарына орналастырылған.

Дәстүрлі илеу әдістерінде қолданылатын танин — табиғи қышқылдық қосылыс, оның атауы илеу процесінің өзінен шыққан. «Tannin» сөзі ежелгі неміс тіліндегі “tanna” — емен немесе шырша ағашы деген сөзден туындаған, себебі бұл қышқыл дәл осы ағаштардың қабығынан алынған. Өнеркәсіптік революция дәуірінде илеушілер хром (III) ерітінділерін қолдана бастады, бұл әдіс былғары өндірісінде тиімділігімен ерекшеленіп, кеңінен таралды [4].

Ежелгі замандарда илеу ісі жағымсыз иіс шығаратын әрі санитарлық тұрғыдан қолайсыз кәсіп ретінде қарастырылғанымен, дәл осы саланың дамуы қазіргі заманғы былғары технологиясының негізін қалыптастырды [5].

Дұрыс илеу – былғары өндірісіндегі ең маңызды кезеңдердің бірі. Бұл былғары өндіру процесінің бір ғана бөлігі болғанымен, оның сапасы мен беріктігін айқындайтын негізгі фактор. Илеу – жануар терісін (жүнді немесе жүнсіз күйде) сақтап қалу тәсілі, мұнда негізгі әсер етуші заттар – таниндер, яғни тері талшықтарының құрылымын тұрақтандырып, оның шіру, тотығу және бұзылу процесін тежейтін қышқылдық химиялық қосылыстар.

Илеу процесі бірнеше кезеңнен тұрады: алдымен тері алдын ала дайындалып (жүннен, майдан, тұздан тазартылады), содан кейін иленеді. Илеуден соң, қолданылу мақсаты мен тапсырыс берушінің талаптарына байланысты былғары боялады, тегістеледі, майланады және басқа да өңдеуден өтеді. Бұл операциялардың түрлері мен реттілігі шексіз вариацияларға ие және былғарының соңғы сапалық сипаттамасын айқындайды [6].

Теріні хром ұнтағымен илеу процесі – хромдық илеу (chrome tanning) деп аталады, ал

нәтижесінде алынған материал хроммен иленген былғары деп аталады. Қазіргі таңда ең кең таралған илеу әдісі – хромның (III) тұздарын пайдалану.

Хромдық илеу XIX ғасырдың соңында енгізіліп, қысқа уақыт ішінде ең тиімді әрі жаппай қолданылатын әдіске айналды. Оның тез таралуының басты себебі – бұл әдістің өсімдік илегіштерімен илеуге қарағанда әлдеқайда жылдам және өндірістік тұрғыдан тиімді болуы еді.

Хромдық илеудің дамуы майлау және синтетикалық бояғыштарды қолдану технологияларының пайда болуымен қатар жүрді. Осы жаңалықтардың барлығы былғары өндірісінің химиялық құрамын жетілдіріп, хроммен илеуді негізгі илеу түріне айналдырды.

Хром тұздары минералды илегіш заттар тобына жатады. Илеуден кейінгі былғары әлі дымқыл күйде болады және аздап көкшіл түске енеді, сондықтан мұндай былғары “wet blue” (дымқыл көк былғары) деп аталады [7].

Хромның (III) тұздарымен илеу – әлемдік былғары өндірісінің шамамен 85%-ын құрайды. Бұл әдіспен:

- аяқ киім үстіңгі бөлігіне арналған былғарының 95%-ы,
- жиһаз қаптамасына арналған былғарының 70%-ы (ФОС-былғарылар пайдасына азайып келеді),
- және киімдік былғарының шамамен 100%-ы өндіріледі.

Хромдық былғарыны басқа әдістермен иленген былғарыларға қарағанда гидрофобизациялау (су өтпейтін ету) оңай және оны жұмсарту да жеңіл жүзеге асады. Бұл әдіс тезірек, әрі химиялық реагенттерді аз қажет етеді. Илеуден кейін алынған «wet blue» деп аталатын көкшіл реңді былғары ұзақ сақтауға жарамды және әлемнің кез келген нүктесіне тасымалдауға ыңғайлы. Бұл фактор былғарының халықаралық саудасын жеңілдетіп, жаһандық өндіріс тізбегін қалыптастырды [8].

Былғарыны әрлеу — былғары өндіру процесінің соңғы кезеңі болып табылады және ол былғарының соңғы қасиеттері мен эстетикалық сипаттамаларына жауап береді. Оларға гидрофобтылық (су өтпейтіндік), түс тұрақтылығы, үйкеліс беріктігі, жылтырлығы және түс біртектілігі жатады. Бұл қасиеттер әрлеу құрамының (формуляциясының) химиялық құрамына тікелей байланысты [9,10].

Әрлеу процесі екі жабын қабатынан тұрады: негіздік қабат (base coat) және үстіңгі қабат (top coat).

Негіздік қабат — бұл былғарының өңделмеген (crust) бетімен әрекеттесуге қабілетті еріткіштер мен байланыстырушы заттарды жағу арқылы жүзеге асады. Бұл процесс былғарының химиялық қасиеттерін өзгертеді және бояғыштар мен пигменттердің жақсы бекінуін қамтамасыз етеді.

Үстіңгі қабат (top coat) дайын былғарының бетін лактар немесе полиуретандар арқылы қорғауға арналған [11]. Жоғары сапалы нәтижеге қол жеткізу үшін негіздік және үстіңгі қабаттардың өзара үйлесімділігі өте жоғары болуы қажет, себебі негіздік қабат — былғары мен үстіңгі жабын арасындағы байланыстырушы көпір рөлін атқарады.

Әрлеу құрамында сонымен қатар пленка түзуші заттар (film-forming agents) болады, олар шайыр негізіндегі және ақуыз негізіндегі формуляциялар болып екіге бөлінеді. Шайыр негізіндегі құрамдар былғарыға жоғары стандартты қасиеттер (мысалы, түс тұрақтылығы мен су өтпейтіндік) береді, алайда олардың құрамында көбіне қоршаған ортаға зиянды және уытты заттар кездеседі.

Әрлеу кезінде былғарының беткі қабатына полимерлі композициялар жағылады, олар материалды су, жарық, механикалық әсерлерден қорғайды. Дегенмен, бұл процесс коллаген талшықтарының табиғи құрылымына және химиялық байланыстарына әсер етуі мүмкін. Зерттеудің мақсаты әрленген былғары мен әрленбеген былғарының құрылымын зерттеу және әрленген былғарының құрылымының өзгерісін бақылау. Өйткені, әрлеу жұмыстары бірнеше әдістердің көмегімен орындалады: былғары бетіне бояғыштар мен әрлеу материалдарын бүркіп жағу, арнайы валиктер көмегімен біркелкі қаптама жасау, былғарыны тұтас бояғыш ағынының астынан өткізу, жоғары температура мен қысыммен жылтырлық беру және өрнек басу. Әрлеу барысында таңдалған әдістерге байланысты полимерлер, табиғи материалдар, байланыстырғыштар, майлар, балауыздар, лактар, пигменттер мен бояғыштар қолданылуы мүмкін. Сондықтан, әрлеу барысында қолданылатын заттардың былғары құрамына әсерін бақылау жұмыстың өзектілігі болып табылады [12].

Қазіргі таңда былғары құрылымындағы мұндай өзгерістерді анықтаудың заманауи және дәл әдістерінің бірі – инфракызыл (FTIR) спектроскопия. Бұл әдіс материал құрамындағы функционалды топтардың тербеліс жиіліктерін анықтап, олардың химиялық табиғаты мен құрылымдық өзгерістерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Инфракызыл спектроскопия (FTIR) молекулалар құрамындағы тербеліс қозғалыстары нәтижесінде инфракызыл фотондардың жұтылуына негізделген [13-15].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу объектісі ретінде табиғи былғарының екі үлгісі алынды:

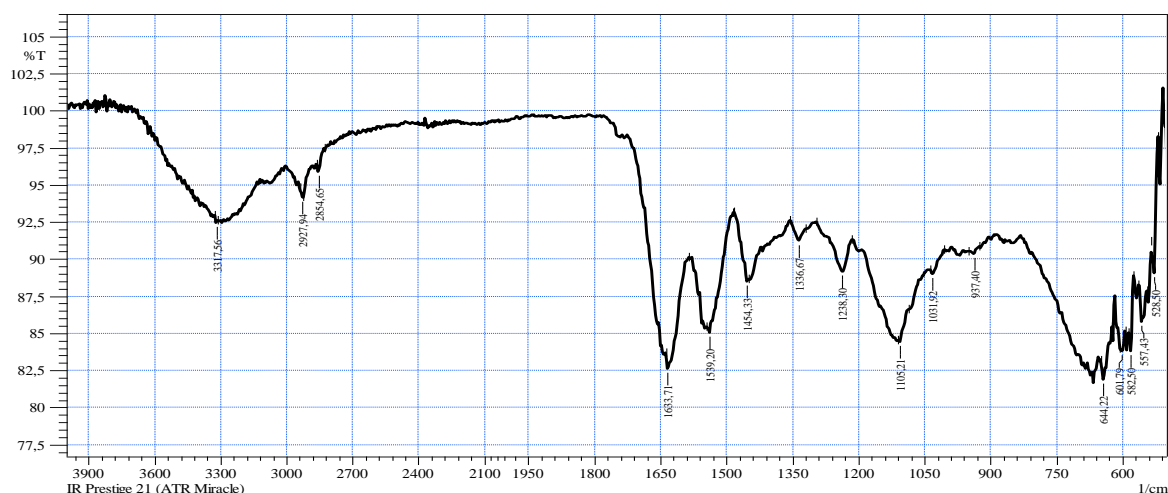
- Үлгі 1 – әрленбеген былғары (ішкі және сыртқы беттері);

- Үлгі 2 – әрленген былғары (ішкі және сыртқы беттері).

Былғары үлгілері Шымкент қаласында орналасқан «Turan-Skin» өндірісінде дайындалды. Былғары хромның (III) тұздарын пайдалану арқылы иленді. Әрлеу барысында химиялық пигмент, байланыстырғыштар, балауыз түрлері, лактар қолданылды. Әрлеу жұмыстары бүрку арқылы орындалды. Зерттеу ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IRPrestige-21 құрылғысында жүргізілді. Талдау үшін Pike Technologies компаниясының Miracle типті қосымшасы қолданылды. Әр үлгі үшін 4000–400 см⁻¹ диапазонында спектрлер алынды. Спектрлердегі негізгі сіңіру жолақтары (шыңдар) бойынша талдау жүргізілді. Зерттеу жұмыстары М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу Университетінде орналасқан «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» инженерлік зертханасында жүзеге асырылды. Жұмыс халықаралық сауда ұйымының, комитетінің халықаралық стандарттар, нұсқаулар және ұсыныстарды әзірлеу бойынша қағидаттары туралы шешімде белгіленген халықаралық деңгейде танылған стандарттау принциптеріне сәйкес әзірленген ASTM E1252 халықаралық стандартына сәйкес орындалды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

ИК-спектрлерді салыстыру нәтижесінде бірқатар мәліметтер анықталды.



Сурет 1. Өрленбеген былғарының ішкі беті

1- суретте көрсетілгендей $1633,71\text{ см}^{-1}$ және $1539,20\text{ см}^{-1}$ шыңдарының айқын болуы үлгінің негізгі құрылымы коллагеннен тұратындығын анық көрсетеді. $3317,56\text{ см}^{-1}$ айма-

ғындағы шыңы коллагендегі амин және сутектік байланыстардың, сондай-ақ сіңірілген ылғалдың бар екенін көрсетеді.

Кесте 1. Өрленбеген былғарының ішкі бетінің шыңдар кестесі

No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	528,50	89,040	5,311	536,21	518,85	0,588	0,176
2	557,43	85,781	2,371	563,21	543,93	1,174	0,110
3	582,50	83,818	2,488	586,36	574,79	0,779	0,075
4	601,79	83,784	0,595	605,65	594,08	0,864	0,022
5	644,22	81,916	1,805	650,01	624,94	1,977	0,131
6	937,40	90,330	0,383	950,91	925,83	1,081	0,018
7	1031,92	89,022	0,500	1037,70	1004,91	1,540	0,035
8	1105,21	84,436	0,592	1111,00	1085,92	1,712	0,017
9	1238,30	89,160	2,487	1296,16	1215,15	3,396	0,421
10	1336,67	91,226	1,092	1355,96	1319,31	1,357	0,088
11	1454,33	88,471	0,967	1483,26	1448,54	1,462	0,026
12	1539,20	85,034	1,136	1544,98	1485,19	3,071	0,161
13	1633,71	82,610	1,561	1637,56	1585,49	3,344	0,218
14	2854,65	95,879	0,763	2862,36	2827,64	0,516	0,047
15	2927,94	94,156	0,194	2939,52	2924,09	0,384	0,005
16	3317,56	92,459	0,287	3327,21	3311,78	0,509	0,008

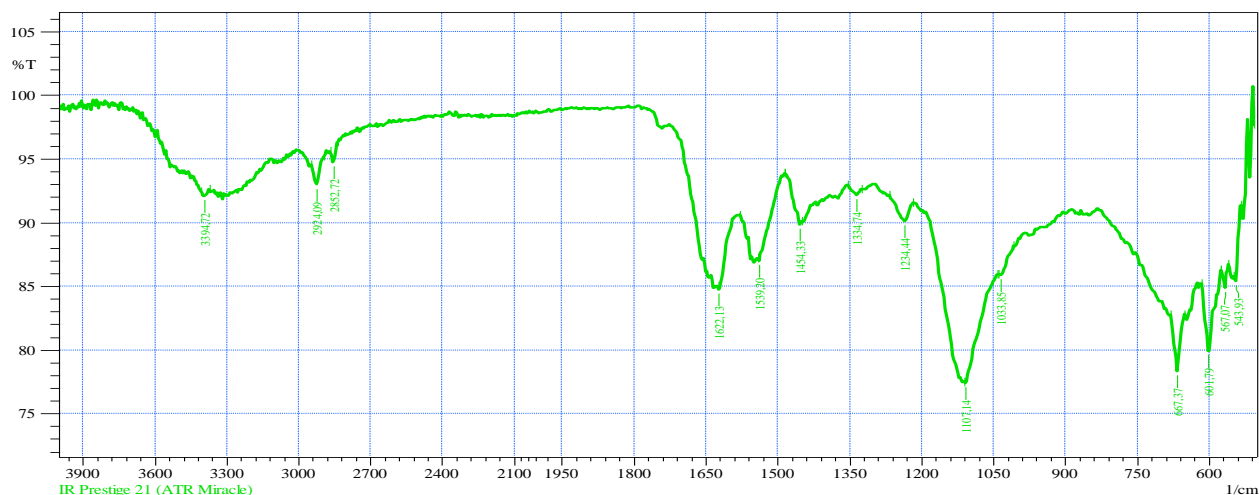
2927 см^{-1} және 2854 см^{-1} аймақтарындағы C-H тербеліс шыңдары былғары үлгісінің құрамында көп мөлшерде алифаттық тізбектер (ұзын көмірсутекті тізбектер) бар екенін көрсетеді. 1- кестеде берілген мәліметтер - былғарыны өндіру кезінде майлағыш заттардың (мысалы, табиғи немесе синтетикалық майлар) қолданылғанының дәлелі. $1031,92$ Бұл шыңдар илегіштердің (әсіресе өсімдік тектес немесе синтетикалық) немесе сульфатты топтардың (хромды илеуде немесе сульфирленген майларда) болуын көрсетеді. Төмен жиіліктегі $528,50\text{ см}^{-1}$ және $644,22\text{ см}^{-1}$ шыңдарының бар болуы үлгінің хромды илеу

арқылы өңделгенін көрсетеді. Бұл былғары өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын әдіс.

Спектрдегі 1633 см^{-1} (Амид I) және 1539 см^{-1} (Амид II) күшті шыңдары үлгінің негізгі компоненті коллаген белогы екенін және оның сапалы былғары екенін растайды.

2927 см^{-1} және 2854 см^{-1} шыңдарының болуы былғарының қажетті майлаудан өткенін, яғни иілгіштік пен жұмсақтыққа қол жеткізілгенін көрсетеді.

Төмен жиіліктегі $528,50\text{ см}^{-1}$ шыңының болуы үлгінің ең алдымен хромды илеу әдісімен өңделгенін болжауға мүмкіндік береді.



Сурет 2. Әрленбеген былғарының сыртқы беті

1622,13 cm^{-1} (Амид I) және 1539,20 cm^{-1} (Амид II) аймақтарындағы шыңдарының болуы үлгінің негізі коллагеннен тұратын былғары екенін 2-суретте айқын дәлелдейді.

3394,72 cm^{-1} пептидтік байланыстардағы сутектік байланыстарды және былғары құрылымындағы байланысқан судың бар екенін көрсетеді.

Кесте 2. Әрленбеген былғарының сыртқы бетінің шыңдар кестесі

No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	543,93	85,382	1,824	547,78	532,35	0,845	0,030
2	567,07	84,871	1,624	574,79	559,36	1,027	0,055
3	601,79	79,920	5,634	615,29	574,79	3,277	0,575
4	667,37	78,297	4,442	680,87	651,94	2,690	0,309
5	1033,85	85,902	0,434	1039,63	1006,84	1,997	0,035
6	1107,14	77,397	0,539	1111,00	1041,56	5,943	0,024
7	1234,44	90,111	1,667	1267,23	1217,08	2,054	0,204
8	1334,74	92,125	0,628	1354,03	1325,10	0,981	0,043
9	1454,33	89,845	0,869	1485,19	1448,54	1,359	0,027
10	1539,20	87,017	0,419	1541,12	1485,19	2,363	0,025
11	1622,13	84,714	0,516	1624,06	1579,70	2,347	0,020
12	2852,72	94,745	1,156	2866,22	2835,36	0,636	0,081
13	2924,09	92,960	1,875	2947,23	2893,22	1,447	0,215
14	3394,72	92,100	0,368	3404,36	3371,57	1,145	0,036

2924,09 cm^{-1} және 2852,72 cm^{-1} аймақтарындағы C–H созылу шыңдарының бар болуы үлгінің құрамында алифаттық көмірсутек тізбектерінің көп мөлшерде бар екенін 2-кестеде көрсетеді.

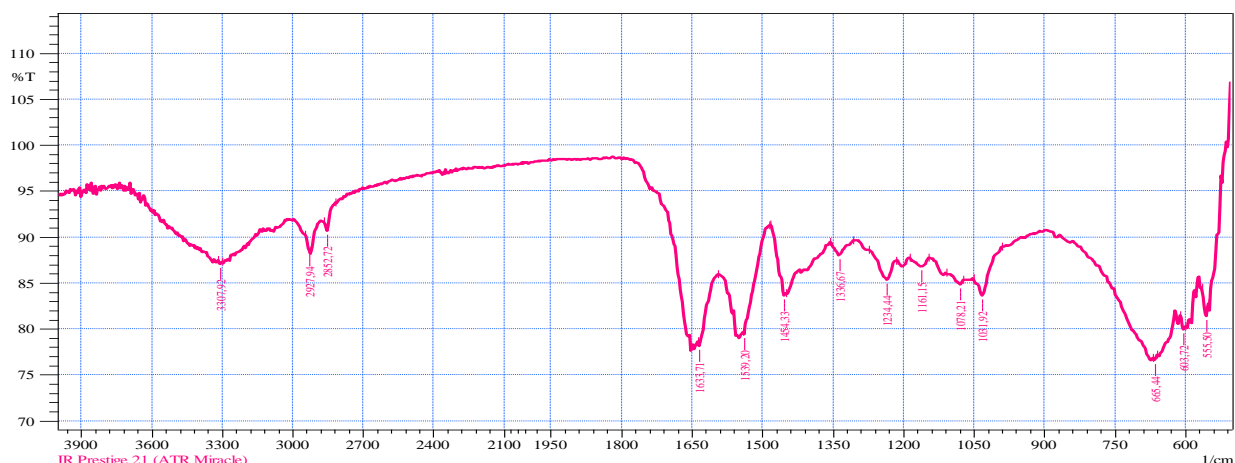
Бұл былғарыны өңдеу процесінде майлардың (майлаушы заттардың) тиімді қолданылғанының белгісі.

Күшті C–H шыңдары (2924 cm^{-1} , 2852 cm^{-1}) былғарының сапалы майлаудан

өткенін көрсетеді, бұл оның иілгіш және жұмсақ екенін білдіреді.

667 cm^{-1} және 601 cm^{-1} аймағындағы пиктер үлгінің хромды илеу арқылы өңделгенін болжауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, 1107,14 cm^{-1} және 1033,85 cm^{-1} шыңдарының тереңдігі мен айқындылығы хром-синтетикалық немесе хром-өсімдік тектес илеу сияқты аралас илеу әдістерінің қолданылғанын да көрсетуі мүмкін.



Сурет 3. Әрленген былғарының ішкі беті

Амид I ($1633,71 \text{ см}^{-1}$) және Амид II ($1539,20 \text{ см}^{-1}$) шыңдарының болуы зерттелген материалдың коллагеннен тұратын былғары екенін айқын көрсетеді. $3307,92 \text{ см}^{-1}$ айма-

ғындағы шама коллагеннің құрылымындағы сутектік байланыстарды және былғарыдағы сіңірілген ылғалдың бар екенін 3-суретте дәлелдейді.

Кесте 3. Әрленген былғарының ішкі бетінің шыңдар кестесі

No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	555,50	81,411	1,860	565,14	551,64	1,115	0,066
2	603,72	79,958	0,731	611,43	599,86	1,089	0,023
3	665,44	76,580	0,405	669,30	659,66	1,108	0,014
4	1031,92	83,627	2,916	1051,20	989,48	3,978	0,316
5	1078,21	84,821	0,650	1109,07	1072,42	2,504	0,050
6	1161,15	86,772	0,931	1186,22	1145,72	2,418	0,110
7	1234,44	85,325	2,497	1273,02	1215,15	3,549	0,335
8	1336,67	88,000	1,513	1355,96	1305,81	2,579	0,172
9	1454,33	83,602	1,532	1483,26	1448,54	2,069	0,061
10	1539,20	79,449	0,597	1541,12	1485,19	3,656	0,022
11	1633,71	78,144	0,838	1635,64	1595,13	3,335	0,033
12	2852,72	90,625	1,696	2868,15	2816,07	1,830	0,121
13	2927,94	88,472	0,180	2945,30	2926,01	0,943	-0,001
14	3307,92	87,048	0,370	3315,63	3298,28	1,034	0,019

3-кестеде $2927,94 \text{ см}^{-1}$ және $2852,72 \text{ см}^{-1}$ аймақтарындағы C-H созылу шыңдарының айқындылығы былғары құрамында көмірсутекті тізбектер (ұзын алифаттық топтар) бар екенін көрсетеді. Бұл былғарыны өңдеу процесінде майлағыш заттардың (майлар, эмульсиялар) тиімді қолданылғанының белгісі.

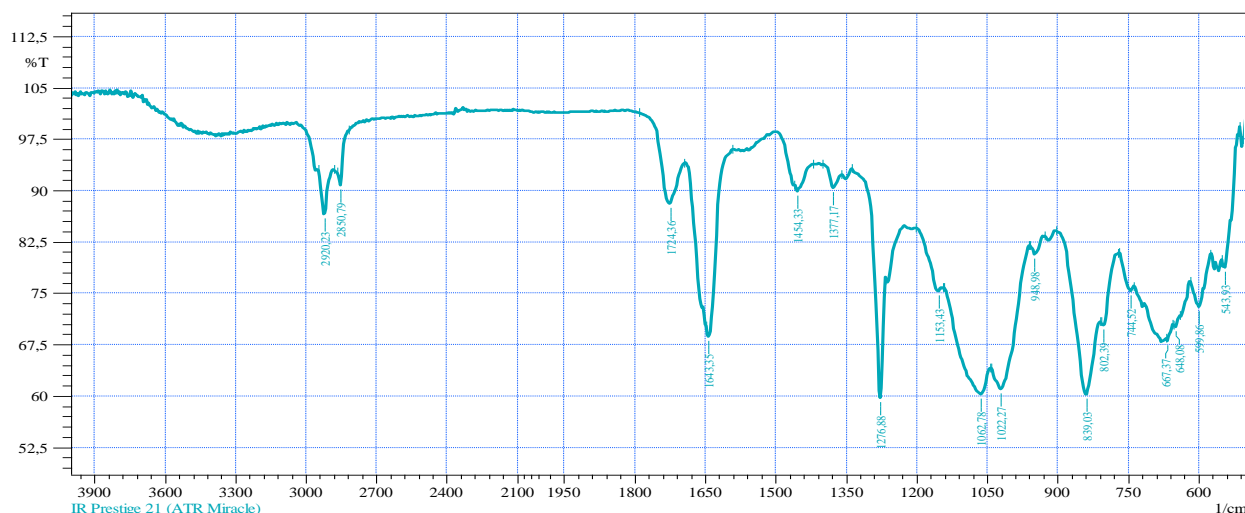
Спектрдегі айқын Амид I және Амид II шыңдары материалдың сапалы былғары екенін (коллагендік негіз) және оның құрылымдық тұтастығын көрсетеді.

Күшті C-H созылу шыңдары (2927

см^{-1} , 2852 см^{-1}) былғарының жақсы майланғанын көрсетеді. Бұл былғарының жұмсақ, иілгіш және пайдалануға қолайлы екенін білдіреді.

665 см^{-1} және 555 см^{-1} аймақтарындағы шамалар былғарының негізі хромды илеу арқылы өңделгенін көрсетеді.

$1031,92 \text{ см}^{-1}$ және $1161,15 \text{ см}^{-1}$ аймақтарындағы шамалар синтетикалық илегіштердің (синтан) немесе өсімдік тектес таниндердің қосымша ретінде қолданылғанын білдіруі мүмкін.



Сурет 4. Әрленген былғарының сыртқы беті

Бұл спектрдегі ең үлкен айырмашылық - 1550 см^{-1} аймағындағы Амид II шыңының (әдетте 1540 см^{-1}) жоқ болуы немесе әлсіз болуы 4- суретте көрсетілді. Оның орнына $1724,36\text{ см}^{-1}$ және $1643,35\text{ см}^{-1}$ шыңдары басым. Бұл коллагеннің пептидтік байланыстарының

илеу және өңдеу процестерінің әсерінен қатты өзгергенін немесе үлгінің бетіне полимерлі /синтетикалық жабынның көп мөлшерде түскенін көрсетеді. –ОН және –NH топтарының шамасы азайған.

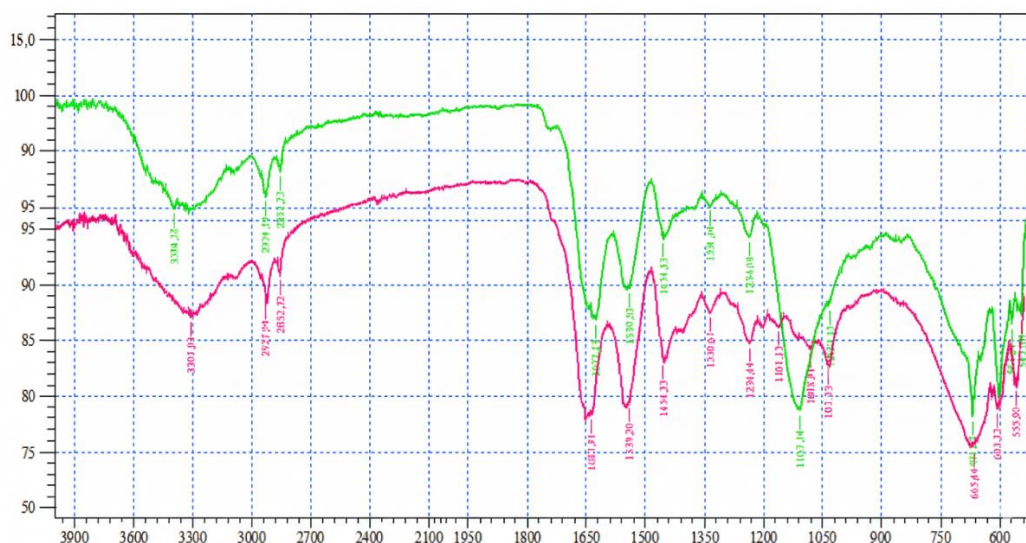
Кесте 4. Әрленген былғарының сыртқы бетінің шыңдар кестесі

No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	543,93	78,749	5,071	551,64	513,07	2,296	0,490
2	599,86	72,986	5,354	617,22	574,79	5,096	0,700
3	648,08	70,032	0,915	653,87	640,37	2,024	0,027
4	667,37	68,002	0,665	669,30	655,80	2,169	0,039
5	744,52	75,355	1,573	769,60	738,74	3,457	0,179
6	802,39	70,312	2,143	808,17	771,53	4,406	0,148
7	839,03	60,224	14,815	902,69	810,10	13,782	3,399
8	948,98	80,725	1,642	958,62	927,76	2,674	0,126
9	1022,27	60,987	7,314	1041,56	960,55	13,384	2,155
10	1062,78	60,252	6,112	1141,86	1043,49	18,267	2,776
11	1153,43	75,304	1,954	1201,65	1143,79	5,782	0,210
12	1276,88	59,737	19,280	1338,60	1267,23	6,082	1,549
13	1377,17	90,416	2,542	1400,32	1359,82	1,448	0,183
14	1454,33	89,914	1,306	1460,11	1419,61	1,488	0,081
15	1643,35	68,629	3,336	1647,21	1591,27	3,909	0,275
16	1724,36	88,115	8,245	1789,94	1693,50	2,191	1,242
17	2850,79	90,807	3,974	2868,15	2818,00	1,174	0,209
18	2920,23	86,585	6,497	2947,23	2881,65	2,909	0,868

$1022\text{--}1153\text{ см}^{-1}$ аймағындағы өте күшті пиктер мен $839,03\text{ см}^{-1}$ шыңының басым болуы үлгінің құрамында көп мөлшерде сульфатты топтар (SO_3^- немесе SO_4^-) бар екенін 4-кестеде көрсетеді. Бұл – былғарының сульфатты немесе сульфонилді негіздегі синтетикалық илегіштермен (синтан) өңделгенін, немесе оған көп

мөлшерде май (сульфатталған май) енгізілгенін білдіреді. Былғары құрамында --CH_2 топтарының шамасы артты.

Бұл үлгіде Амид I және Амид II шыңдары айқын көрініп тұр, бұл коллагеннің негізгі құрылымының сақталғанын көрсетеді.



Сурет 5. Әрленбеген және әрленген былғары үлгілерінің салыстырмалы мәліметтері

Әрленбеген және әрленген былғары үлгілерінің салыстырмалы мәліметтері 5-суретте бейнеленген. Әрленбеген былғарыда классикалық хромды былғарының спектріне сәйкес келеді, мұнда коллагеннің негізгі құрылымы (Амид I, II) сақталған және хромды байланыстарға тән шамалар байқалады.

Әрленген былғарыда құрамында көп мөлшерде синтетикалық немесе сульфатталған органикалық қосылыстар бар екенін көрсетеді, бұл оның синтетикалық илеу/өңдеуден өткенін немесе бетіне күшті полимерлі жабын салынғанын білдіреді. Амид II пикірінің әлсіреуі былғарының химиялық өзгеріске ұшырау дәрежесінің жоғары екенін көрсетеді.

Қорытынды

ИК-спектроскопиялық талдау нәтижесінде былғарыны әрлеу кезінде оның химиялық құрылымында айтарлықтай өзгерістер болатыны анықталды. Полимерлі әрлеу қабаты коллагеннің функционалды топтарымен өзара әрекеттесіп, жаңа байланыстардың түзілуіне әкеледі. Бұл өзгерістер материалдың физика-химиялық және эстетикалық қасиеттерін жақсартады. ИК-спектроскопия әдісі былғарының сапасын бағалау мен әрлеу тиімділігін анықтауда сенімді және бейтарап құрал болып табылады. Осы мәліметтер әрлеу процесі былғарының беткі қабатында химиялық байланыстардың қайта құрылуына және материал құрылымының өзгеруіне алып келетінін көрсетті. Амидтік топтардың ($-C=O$, $-NH$) тербеліс жолақтары әрленген үлгіде аздап ығысқан, бұл коллаген тізбектерінің ішінара модификациясын көрсетеді. $-OH$ және $-NH$ топтарының қарқындылығы төмендеген, бұл

полимер қабықтың пайда болуы нәтижесінде сутектік байланыстардың азайғанын дәлелдейді. $-CH_2$ топтарының айқын көрінуі әрлеу құрамындағы органикалық байланыстардың (пластификаторлар, шайырлар) үлесінің артқанын көрсетті.

Әрленген үлгінің сыртқы бетінде жаңа жолақтардың пайда болуы ($1735-1740\text{ см}^{-1}$ диапазонында) полимерлі компоненттердің карбонил топтарын сипаттайды. Нәтижелерге сүйеніп, былғары сапасын сақтап қалу үшін әрлеу жұмысында қолданылатын құрамын жетілдіру мен зерттеу ұсынылады.







ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Gondim R., Marinho R. and Conceição R. Tanning handmade leather tilapia (*oreochromis sp.*) from three natural tanning. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal* 9(2), (2015): 172–184.
- Sakmat J., Lopattananon N., Kaesaman A. Effect of fiber surface modification on properties of artificial leather from leather fiber filled natural rubber composites. *Key Engineering Materials* Volume 659, (2015): 378–382. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.659.378>
- Theis E and Goetz A. Chrome Tanning I. The role played by sodium chloride in chrome liquors upon chrome tanning. *Industrial & Engineering Chemistry*, 24(3), (1932): 304-307. <https://doi.org/10.1021/ie50267a009>
- Wilson J and Kern E. Nature of the hide-tannin compound and its bearing upon tannin analysis. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, 12(12), (1920): 1149-1151. <https://doi.org/10.1021/ie50132a008>
- Yu, C.Z., Sun G.X., Guo S.W.; Exploration on the causes of Cr(VI) in leather. *China Leather* 31 (2002): 25-29
- El-Khateeb M, Nashy E, Ghany N, et al. Environmental impact elimination of chrome tanning effluent using electrocoagulation process assisted by chemical oxidation. *Desalination and Water Treatment*, 65, (2017): 147-152. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20250>

7. Suresh V, Kanthimathi M, Thanikaivelan P, et al. An improved product-process for cleaner chrome tanning in leather processing. *Journal of Cleaner Production*, 9(6), (2001): 483-491. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00007-5)
8. Bowker R and Emley W. Comparative wear of chrome-tanned, vegetable-tanned, and retanned sole leather. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 15(4), (1935): 363-368. <https://doi.org/10.6028/jres.015.022>
9. Han, Y.; Hu, J.; Xin, Z. Facile Preparation of High Solid Content Waterborne Polyurethane and Its Application in Leather Surface Finishing. *Prog. Org. Coatings*, 130, (2019): 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.01.031>
10. Thanikaivelan, P.; Rao, J.R.; Nair, B.U.; Ramasami, T. Recent Trends in Leather Making: Processes, Problems, and Pathways. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35, (2005): 37–79. <https://doi.org/10.1080/10643380590521436>
11. Tamilselvi, A.; Jayakumar, G.C.; Sri Charan, K.; Sahu, B.; Deepa, P.R.; Kanth, S.V.; Kanagaraj, J. Extraction of Cellulose from Renewable Resources and Its Application in Leather Finishing. *Journal of Cleaner Production*. 230, (2019): 694–699. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.401>
12. Marika Gargano, Anna Bacardi, Giovanni Sannia and Vincenzo Lettera. From Leather Wastes back to Leather Manufacturing: The Development of New Bio-Based Finishing Systems. 13(4), (2023): 775. <https://doi.org/10.3390/coatings13040775>
13. Larkin P. *Infrared and Raman spectroscopy: principles and spectral interpretation*. Amsterdam: Elsevier; 2017.
14. Аширбекова Г.Ш., Джанпаизова В.М., Рамазан Э., Езиева М., Туракулов Б.С. Мыстың модификациясымен өңделген трикотаж таңғыштың (fittex) жетілдірілген қасиеттерін зерттеу. //Вестник Алматинского технологического университета. 2025, №1, 143-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-1-143-152>
15. Бектаев К. и др. ИК-спектроскопические исследования структуры текстильных материалов, окрашенных природными красителями. //Вестник Алматинского технологического университета. 2025, Том 147, №1, 160-170. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-1-160-170>
1. Gondim R., Marinho R. and Conceição R. Tanning handmade leather tilapia (*oreochromis sp.*) from three natural tanning. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal* 9(2), (2015): 172–184.
2. Sakmat J., Lopattananon N., Kaesaman A. Effect of fiber surface modification on properties of artificial leather from leather fiber filled natural rubber composites. *Key Engineering Materials* Volume 659, (2015): 378–382. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.659.378>
3. Theis E and Goetz A. Chrome Tanning I. The role played by sodium chloride in chrome liquors upon chrome tanning. *Industrial & Engineering Chemistry*, 24(3), (1932): 304-307. <https://doi.org/10.1021/ie.50267a009>
4. Wilson J and Kern E. Nature of the hide-tannin compound and its bearing upon tannin analysis. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, 12(12), (1920): 1149-1151. <https://doi.org/10.1021/ie50132a008>
5. Yu, C.Z., Sun G.X., Guo S.W.; Exploration on the causes of Cr(VI) in leather. *China Leather* 31 (2002): 25-29
6. El-Khateeb M, Nashy E, Ghany N, et al. Environmental impact elimination of chrome tanning effluent using electrocoagulation process assisted by chemical oxidation. *Desalination and Water Treatment*, 65, (2017): 147-152. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20250>
7. Suresh V, Kanthimathi M, Thanikaivelan P, et al. An improved product-process for cleaner chrome tanning in leather processing. *Journal of Cleaner Production*, 9(6), (2001): 483-491. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00007-5)
8. Bowker R and Emley W. Comparative wear of chrome-tanned, vegetable-tanned, and retanned sole leather. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 15(4), (1935): 363-368. <https://doi.org/10.6028/jres.015.022>
9. Han, Y.; Hu, J.; Xin, Z. Facile Preparation of High Solid Content Waterborne Polyurethane and Its Application in Leather Surface Finishing. *Prog. Org. Coatings*, 130, (2019): 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.01.031>
10. Thanikaivelan, P.; Rao, J.R.; Nair, B.U.; Ramasami, T. Recent Trends in Leather Making: Processes, Problems, and Pathways. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35, (2005): 37–79. <https://doi.org/10.1080/10643380590521436>
11. Tamilselvi, A.; Jayakumar, G.C.; Sri Charan, K.; Sahu, B.; Deepa, P.R.; Kanth, S.V.; Kanagaraj, J. Extraction of Cellulose from Renewable Resources and Its Application in Leather Finishing. *Journal of Cleaner Production*. 230, (2019): 694–699. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.401>
12. Marika Gargano, Anna Bacardi, Giovanni Sannia and Vincenzo Lettera. From Leather Wastes back to Leather Manufacturing: The Development of New Bio-Based Finishing Systems. 13(4), (2023): 775. <https://doi.org/10.3390/coatings13040775>
13. Larkin P. *Infrared and Raman spectroscopy: principles and spectral interpretation*. Amsterdam: Elsevier; 2017.
14. Ashirbekova G. Sh., Dzhanpaizova V. M., Ramazan E., Ezieva M., Turakulov B. S. Mystyñ modifikatsiyasymen өңделген трикотаж таңғыстың (fittex) жетілдірілген қасиеттерін зерттеу [Study of improved properties of copper-modified knitted dressing (fittex)] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2025. – № 1. – S. 143–152. DOI:10.48184/2304-568X-2025-1-143-152.(in Kazakh)
15. Бектаев К. et al. ИК-спектроскопические исследования структуры текстильных материалов, окрашенных природными красителями [IR spectroscopic studies of the structure of textile materials dyed with natural dyes] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2025. – T. 147, № 1. – S. 160–170. DOI: 10.48184/2304-568X-2025-1-160-170. (in Russian)

REFERENCES

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГОВ

¹К.Д. КОЖАБЕРГЕНОВА , ²Р.О. ЖИЛИСБАЕВА* , ¹Б.Т. НУРМУХАМБЕТОВА ,
³О.Ю. КАДНИКОВА , ¹Г.А. НАЕТОВА , ²Б.Ж. БЕКМАГАНБЕТОВА 

¹Казахский Университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова, Республика Казахстан,
10000, г.Астана, ул. Кайым Мухамедханов, 37а

²«Алматинский Технологический Университет» АО, Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100

³Рудненский индустриальный институт, Республика Казахстан,
111500, г. Рудный, ул. 50 лет Октября, 38)

Электронная почта автора-корреспондента: gau_45@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы воздействия опасных производственных факторов для разных подотраслей металлургической промышленности, воздействующие на металлурга в зависимости от условий труда. Рассмотрена классификация подотраслей черной металлургии. Выявлены основные проблемные зоны спецодежды, подвергающиеся наибольшему износу в процессе работы и в соответствии с видами поражений на рабочем, приведены основные требования к тканям при изготовлении специальной одежды. На основании тщательного изучения условий труда металлургов, в частности воздействия высоких температур, включая тепловое излучение, климатические факторы, открытое пламя, соприкосновение с раскалёнными поверхностями, а также воздействие искр и капель расплавленного металла и изучения характерных движений человека предложены новые предпосылки для определения рациональных художественно-конструкторских и технологических решений спецодежды. Эргономические требования при проектировании специальной одежды характеризуют сохранение теплового баланса пододежного пространства, обеспечение соответствия конструкции изделия форме тела человека как в статике, так и в динамике; удобство использования отдельных элементов изделия. Рассмотрев требования в системе «металлург – защитный костюм – внешняя среда», можно сформулировать наиболее значимые: костюм должен обеспечивать защиту от высоких температур, не должен иметь большой вес, костюм должен обеспечивать свободу движения рабочего. Представленные результаты проведённых исследований могут быть использованы для разработки и совершенствования средств индивидуальной защиты, оптимизации технологических процессов, а также улучшения условий труда металлургов, а именно для повышения их долговечности и обеспечения безопасности труда в металлургической промышленности, также могут быть применены для оптимизации производства и эксплуатации рабочей одежды.

Ключевые слова: спецодежда металлургов, условия труда, топография износа, вредные и опасные производственные факторы, микроклимат.

МЕТАЛЛУРГТЕРГЕ АРНАЛҒАН АРНАЙЫ КИІМДЕРДІ ЖОБАЛАУҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР

¹Қ.Д. ҚОЖАБЕРГЕНОВА, ²Р.О. ЖИЛИСБАЕВА*, ¹Б.Т. НУРМУХАМБЕТОВА,
³О.Ю. КАДНИКОВА, ¹Г.А. НАЕТОВА, ²Б.Ж. БАИМБЕТОВНА

¹Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан Республикасы,
10000, Астана қаласы, Қайым Мұхамедханов көшесі, 37а

² «Алматы Технологиялық Университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100

³Рудный индустриалды институты, Қазақстан Республикасы,
111500, Рудный қаласы, Қазанның 50 жылдық көшесі, 38)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: gau_45@mail.ru*

Мақалада металлургия өнеркәсібінің әртүрлі салаларына жұмыс істейтін металлургке әсер ететін қауіпті өндірістік факторлар мәселелері қарастырылады, олар еңбек жағдайларына байланысты. Қара металлургия салаларының жіктелуі қарастырылған. Еңбек процесінде ең көп тозатын арнайы киімнің негізгі проблемалық аймақтары анықталып, жұмысшының зақымдану түрлеріне байланысты арнайы киімді жобалау кезінде материалдарға қойылатын негізгі талаптар келтірілген. Металлургтердің еңбек

жағдайларын, атап айтқанда, жоғары температураның әсерін, яғни жылулық сәулелену, климаттық жағдайлар, ашық жалын, қыздырылған беттермен жанасу, ұшқындар мен балқытылған металл тамшыларын зерттеу және адамның тән қимылдарын зерттеу негізінде арнайы киімдерді рационалды түрде жасау үшін жаңа бастамалар ұсынылған. Арнайы киімді жобалауға қойылатын эргономикалық талаптар киім асты кеңістігінің жылулық тепе-теңдігін сақтауды сипаттайды, бұйымның конструкциясы адам денесінің пішініне статикалық және динамикалық түрде сәйкес келуін қамтамасыз етеді; өнімнің жеке элементтерін пайдаланудың қарапайымдылығы. «Металлург – қорғаныш костюмі – сыртқы орта» жүйесіндегі талаптарды қарастыра отырып, ең маңыздыларын тұжырымдауға болады: арнайы киім жоғары температурадан қорғауды қамтамасыз етуі керек, ауыр болмауы керек, костюм жұмысшының қозғалу еркіндігін қамтамасыз етуі керек. Зерттеу нәтижелері металлургия өнеркәсібіндегі еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету, жұмыс костюмдерінің беріктігін арттыру және жұмыс киімдерін өндіру мен пайдалану үрдісін оңтайландыру мақсатында қолданылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: металлургтердің арнайы киімі, жұмыс жағдайлары, тозу картасы, зиянды және қауіпті өндірістік факторлар, микроклимат.

REQUIREMENTS FOR DESIGNING WORKWEAR FOR METALLURGISTS

¹K.D. KOZHABERGENOVA, ²R.O. ZHILISBAYEVA*, ¹B.T. NURMUKHAMBETOVA,
³G.A. KADNIKOVA, ¹G.A. NAETOVA, ²B.J. BAIMBETOVNA

(¹Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov,
Kazakhstan, Astana, Kayym Mukhamedkhanov str. 37a, 10000.

²«Almaty Technological University» JSC, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100.

³Rudnensky Industrial Institute, Kazakhstan, 111500, Rudny, 50 let Oktyabrya str., 38)

Corresponding author's e-mail: rau_45@mail.ru*

The article discusses the impact of hazardous production factors on metallurgists, depending on the working conditions, for different sub-sectors of the metallurgical industry. The classification of sub-sectors of ferrous metallurgy is examined. The main problematic areas of workwear, which experience the most wear during operation, are identified, and based on the types of injuries to workers, the main requirements for materials when designing special clothing are outlined. Based on a detailed analysis of the working conditions of metallurgists, namely the exposure to elevated temperatures in the form of: thermal radiation, climatic conditions, open flames, contact with hot surfaces, sparks, and splashes of molten metal, as well as the study of characteristic human movements, new prerequisites for determining rational artistic, design, and technological solutions for workwear are proposed. Ergonomic requirements for the design of special clothing characterize the preservation of the thermal balance of the under-garment space, ensuring that the design of the product matches the shape of the human body both statically and dynamically; ease of use of individual elements of the product. Having considered the requirements in the system "metallurgist - protective suit - external environment", we can formulate the most significant ones: special clothing must provide protection from high temperatures, must not be heavy, the suit must ensure freedom of movement of the worker. The presented research results can be used to improve work suits, increase their durability, and ensure labor safety in the metallurgical industry. They can also be applied to optimize the production and operation of workwear.

Keywords: metallurgists' protective clothing, working conditions, wear topography, hazardous and harmful industrial factors, microclimate.

Введение

Для успешного решения задач в области охраны труда и обеспечения безопасности на производстве необходимо усовершенствовать такие методы и приборы, которые позволят повысить качество спецодежды, ее износостойчивость, эстетический вид еще на этапе проектирования.

Согласно классификации специальной одежды по защитным характеристикам, средства индивидуальной защиты, используемые в

металлургии, относятся к категории, предназначенной для защиты от воздействия высоких температур. Основной задачей такой одежды является обеспечение защиты работника от перегрева под воздействием теплового излучения, искр, брызг расплавленного металла, контакта с разогретыми поверхностями (температурой от 100 °С и выше), а также конвективного тепла и других подобных факторов.

Для снижения воздействия лучистой энергии при производстве спецодежды приме-

няются специальные отражающие материалы, защитные экраны, а также используются оригинальные конструктивные решения. Эффективная защита от конвективного тепла и ожогов при контакте с нагретыми поверхностями достигается за счёт рационального сочетания современных материалов в многослойных пакетах спецодежды.

В последние годы наблюдается рост интереса к свойствам огнестойкости текстильных материалов. В условиях металлургического производства основной угрозой для спецодежды и, соответственно, для самого работника, остаются тепловые потоки и выплески расплавленного металла.

Обеспечение работающих спецодеждой с высокими эксплуатационными показателями, возможно только на основе глубоких исследований по изучению условий труда, разработки научно-обоснованных требований, гигиенических нормативов, количественных показателей эффективности, унифицированных методов и приборов для оценки их качества.

Наиболее остро проблемы коренного улучшения условий труда и обеспечения, работающих надежными средствами индивидуальной защиты, спецодеждой ощущаются в горячих цехах цветной и черной металлургии.

Материалы и методы исследований

Рассматривая эксплуатацию спецодежды, конкретно на Темиртауском заводе по выпуску ферросплавов, было выявлено, что уже после двух месяцев эксплуатации существующая специальная одежда является непригодной для дальнейшего использования.

Металлургическая промышленность представляет собой одну из ключевых отраслей тяжёлой промышленности, специализирующуюся на производстве различных видов металлов. В её состав входят две основные сферы: чёрная и цветная металлургия.

Чёрную металлургию, в свою очередь, можно классифицировать по подотраслям следующим образом:

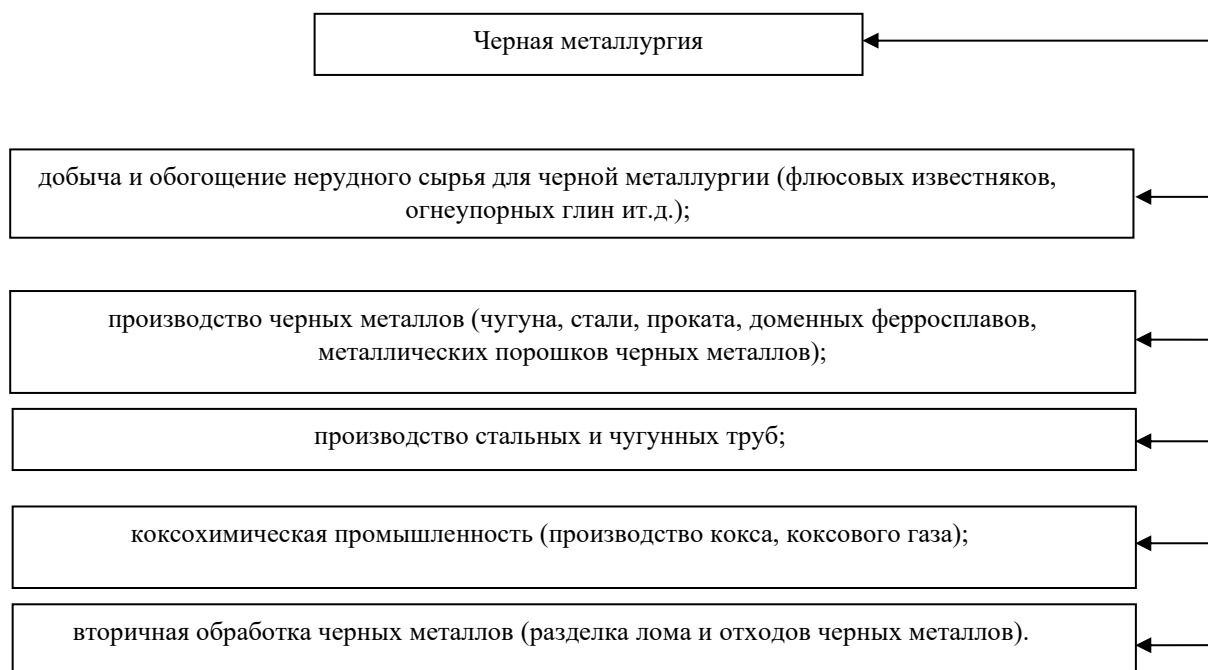


Рисунок 1. Классификация подотраслей черной металлургии

Согласно нормативным документам, в частности Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 019/2011 /1/, специальная одежда определяется как производственная одежда, предназначенная для защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ).

К опасным факторам относятся такие воздействия, которые при определённых усло-

виях могут привести к травме или внезапному ухудшению состояния здоровья работника. Вредные факторы — это такие воздействия, которые при длительном или регулярном контакте способны вызывать развитие профессиональных заболеваний или снижение работоспособности.

Выбор и выдача специальной одежды осуществляется в соответствии с действующими

государственными стандартами (ГОСТами) и зависит от характера ОВПФ, присутствующих на рабочем месте. При этом в реальных производственных условиях, как правило, на работника воздействует не один, а сразу несколько опасных и вредных факторов, что

требует комплексного подхода к выбору защитной одежды.

В таблице 1 представлены наиболее характерные ОВПФ, встречающиеся в металлургической промышленности.

Таблица 1. Перечень ОВПФ в металлургической промышленности

ОВПФ	Требования к материалам для спецодежды
1	2
Физические -движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия	Материалы должны обладать высокими показателями эксплуатационных свойств (прочность при растяжении и раздирании, устойчивость к истиранию) обеспечивать защиту от механических воздействий. Поверхность материала должна быть гладкой. Структура плотной для защиты от пыли
-повышенная запыленность воздуха	Для защиты от возгонной пыли и механических частиц структура материала должна быть плотной, поверхность материала должна быть гладкой (для того чтобы избежать накопления пыли на поверхности материала)
-повышенная температура воздуха окружающей среды	При облучении в течение 2 мин тепловым потоком интенсивностью 3 ккал/(см ² /мин) температура обратной стороны ткани не должна быть выше 60С, во избежание перегрева и нарушения теплового баланса.
- воздействие раскалённых частиц и расплавленных капель металла	Так как спецодежда предназначена для защиты от повышенных температур, воздействия раскалённых искр, брызг расплавленного металла, то ткань должна быть негорючей и неспособной к тлению, это решается наличием огнестойкой отделки или вложением термостойких волокон (оксалон, фенилон, мотекс).
Инфракрасная радиация от продуктов плавки и от разогретых поверхностей технологического оборудования	Для защиты от инфракрасной радиации необходимы материалы с низкой теплопроводностью: коэффициент теплопроводности слоя 20-28 ккал/(м ² ч С)

Специальная защитная одежда должна обеспечивать нормальное функционирование организма человека и сохранять его работоспособность на протяжении всего рабочего времени. В процессе эксплуатации она обязана сохранять свои защитные, гигиенические и эксплуатационные свойства, при условии соблюдения правил её использования и ухода.

Выбор средств и методов обеспечения безопасности труда основывается на предварительной идентификации вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ), характерных для конкретного оборудования или технологического процесса.

При этом, под воздействием одного или нескольких факторов, учитываются не только их тип, но и топография воздействия, уровень физической нагрузки, режимы труда и отдыха, амплитуда и характер движений, а также рабочие позы, в которых сотрудник выполняет свои задачи. Без учёта этих параметров невозможно обеспечить полное соответствие спецодежды условиям труда.

С переходом от централизованного планирования к рыночной экономике, традиционные подходы к формированию ассортимента средств индивидуальной защиты (СИЗ) и их распределению стали неэффективными. Появление большого количества малых и средних предприятий, занимающихся производством спецодежды, с одной стороны, расширило возможности в части ассортимента, но с другой — повысило риски смещения акцентов с функциональности на эстетичность и экономичность продукции.

Если ранее соблюдение нормативно-технической документации (НТД) и целевое распределение СИЗ контролировались централизованно, то в новых экономических условиях нередко наблюдается несоответствие выпускаемой одежды реальным условиям труда, особенно на малых предприятиях. Это может привести к сокращению ассортимента функциональной продукции, росту профессиональных заболеваний и производственного травматизма.

Современные требования безопасности к условиям труда предполагают исключение или минимизацию воздействия опасных и вредных факторов на работников. В данном контексте анализ условий труда представляет собой процесс определения характеристик производственной среды и технологического процесса, необходимый для корректной разработки специальной одежды.

В рамках проектирования спецодежды требуется учитывать следующие ключевые аспекты условий труда:

- Характеристики ОВПФ, включая продолжительность, интенсивность и повторяемость воздействия;
- Эргономические особенности работы, в том числе типичные рабочие позы при выполнении технологических операций.

Результаты анализа этих факторов напрямую влияют на выбор материалов, защитных обработок и конструктивных элементов одежды, таких как тип застёжек, обработка манжет и брюк, размещение защитных накладок и карманов.

Дополнительно, изучение эргономики труда способствует правильному подбору конструктивных прибавок, что отражается на удобстве и функциональной форме изделия.

На начальном этапе в металлургическом производстве действуют механические процессы, к которым относятся дробление, измельчение, агломерация и транспортирование до места преобразования. При этих процессах на рабочего в основном воздействует, повышенный уровень пыли механического происхождения [4].

Основные условия эксплуатации специальной одежды в горячих цехах характеризуются воздействием высоких температур окружающей среды, интенсивного теплового излучения, а также контактом с нагретыми поверхностями и брызгами раскалённого металла. Температура воздуха в таких производственных помещениях может превышать 35 °С.

Интенсивность теплового излучения, воздействующего на работников, варьируется от долей киловатта до 5,0–7,0 кВт/м². При облучении с интенсивностью свыше 5,0 кВт/м² в течение 2–5 минут человек испытывает крайне сильное тепловое воздействие. На расстоянии около 1 метра от источника тепла (например, на горновых площадках доменных и мартеновских печей при открытых заслонках) уровень излучения может достигать

11,6 кВт/м², тогда как предельно допустимое значение составляет не более 0,45 кВт/м² [5].

Эти экстремальные условия требуют особых характеристик материалов и конструктивных решений при разработке спецодежды, предназначенной для защиты в условиях металлургического производства.

Температура в печах составляет 3000 К, температура расплавленного металла – 2300 К. Выпуск ферросилиция из печи производят периодически по мере его накопления. Выпуск ферросилиция производят по установленному графику выпусков, предусматривающему 4–5 выпусков в смену. Продолжительность выпуска составляет 20–25 минут.

Выпуск сплава из печи обычно производится через одну (рабочую) летку, вторая летка остается резервной. Разделку ленточного отверстия производят стальным прутом. В течение выпуска для облегчения выхода металла и шлака из печи ленточное отверстие прощуровывается стальным прутом. Разливка низкопроцентного ферросилиция (45 %, 65 %) производится на разливочных машинах в чугунные изложницы и поддоны. Разливка высокопроцентного (70 %, 75 %) ферросилиция в стационарные чугунные изложницы. По окончании выпуска ленточные отверстия закрываются конусом (из огнеупорной глины) [6].

Основными вредными выбросами при получении ферросплавов являются колошниковые газы, шлаки и пылевидные образования.

Пыль механического происхождения образуется в процессе загрузки шихтовых материалов в печь. Её количество зависит от механической прочности используемых материалов. По своему химическому составу такая пыль близка к исходным шихтовым компонентам, таким как кварцит, кокс, сидерит и известняк.

Плавильная пыль, выделяющаяся из ферросплавной печи, образуется двумя основными способами: во-первых, за счёт испарения (возгонной пыли) основных и сопутствующих элементов в условиях высоких температур рабочего пространства; во-вторых, вследствие уноса механических частиц шихтовых материалов. [7,8].

С целью нормализации условий работы на рабочих местах, подверженных интенсивному излучению, на каждой печи имеется приточная вентиляция. Кроме того, на рабочих плавильных площадках установлены азраторы, позволяющие направлять воздушный поток в

любое место рабочей площадки. Таким образом, анализ изучения условия труда металлургов показал, что на ТОО «ТЭМК» опасными производственными факторами являются:

- искры, брызги расплавленного металла;
- повышенная температура воздуха;
- токсичная запыленность воздуха;
- движущиеся машины и механизмы;
- вибрация и шум;
- сильные электромагнитные волны, влияющие на нервную систему рабочих.

В воздухе рабочих зон производственных помещений установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, регулируемые нормативными документами. В частности, предельно допустимые концентрации для некоторых из них следующие:

- окись углерода (угарный газ, CO) — не более 20 мг/м³. Этот газ оказывает прямое токсическое воздействие на клетки организма, нарушая тканевое дыхание и снижая потребление кислорода тканями, что приводит к состоянию аноксемии.

- двуокись серы (SO₂) — не более 20 мг/м³. Она раздражает дыхательные пути, вызывая спазмы бронхов и увеличивая сопротивление дыхательных путей, что может привести к затруднённому дыханию и ухудшению общего состояния здоровья;

- оксид железа (Fe₂O₃) (вызывает усталость, потливость, повышение температуры, повышенный лейкоцитоз);- двуокиси кремния (Si₂O₃) - 1мг/м³ (вызывает хронические катары верхних дыхательных путей, хронические бронхиты, пневмокониоз).

Микроклимат характеризуется следующими параметрами:

- средняя температура воздуха цеха летом +26+28 °С; зимой - 12+14 °С;

- температура воздуха: у открытой печи летом +70 °С, зимой до +35°С; у закрытой печи летом +62°С, зимой +30°С;

- температура воздуха на горне: у открытой печи летом +60°С, зимой до +20°С; у закрытой печи летом+55+60°С, зимой +15 +20°С;

- скорость движения воздуха 0-0,9м/с;

- влажность 28-70 %, при норме -40-75 % [9,10].

Результаты и их обсуждение

Таким образом, работа на предприятии характеризуется тяжелыми условиями труда, в некоторых случаях отсутствует автоматизация

технологического процесса [11]. Поэтому в данных условиях необходимо принять весь комплекс мер по обеспечению безопасности труда, включающего как средства индивидуальной защиты, так и коллективной защиты - системы охлаждения воздуха, его очистки после 3-5 циклов работ воздействия на металлурга брызг расплавленного металла, которые приводят к непригодности существующей спецодежды к дальнейшей эксплуатации.

Рабочее место металлургов характеризуется высокой температурой воздуха и оборудования, значительной запылённостью и загазованностью, а также интенсивным инфракрасным излучением. В рабочую зону регулярно попадают окалины, искры, брызги расплавленного металла и открытое пламя.

В процессе работы у металлургов наблюдаются изменения некоторых размерных параметров спецодежды, изготовленной из серошинельного сукна, проявляющиеся в динамическом увеличении отдельных размерных признаков [12,13].

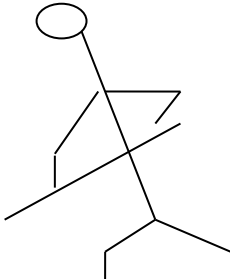
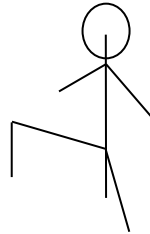
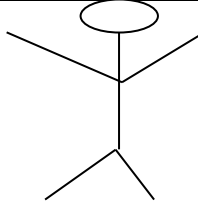
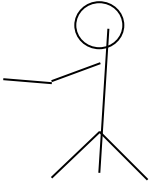
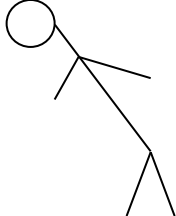
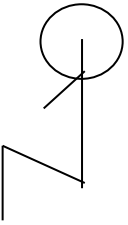
Это обстоятельство особенно важно учитывать при проектировании спецодежды, которая должна обеспечивать не только надёжную защиту от вредных производственных факторов, но и комфорт при носке.

Для изучения эргономических характеристик спецодежды металлургов и анализа топографии износа существующих образцов, на основе детального исследования особенностей движений рабочих были разработаны эргономические схемы [14]. Выявление специфических типов телодвижений проводилось непосредственно на основе практического опыта металлургов. Основные динамические позы представлены в таблице 2.

После изучения топографии износа спецодежды было выявлено, что основные участки, поражающиеся от воздействия высоких температур, прожогов от искр и брызг расплавленных частиц металла являются: передние части полочек куртки и брюк, нижние части рукавов и верхняя часть спинки [15].

При определенных трудовых движениях обнаруживаются существенные изменения размеров одежды человека. Это обусловлено активизацией отдельных органов и мышц при выполнении трудовых движений и работ, относящихся к категории работ большой тяжести.

Таблица 2. Эргономическая характеристика основных видов работ металлурга

Основные участки, подверженные повреждениям в спец-одежде	Категория выполняемых операций	Схема
1	2	3
Передние половинки куртки и брюк	Стоя, руки согнуты в локтях, держа лом, фушурование отверстия в печи	
Шаговый срез	Перешагивание через металлоконструкции	
Шов втачивания рукава в пройму	Подъем рук для пробивки летки и фиксации больших ковшей	
Ширина спинки	Руки вытянутые, слегка согнутые, разлив сплава по формам	
Низ куртки	Наклон туловища вперед	
Шов сидения	Приседание для прохода в труднодоступные места	

Заключение

В настоящее время современные специальные защитные костюмы для металлургов либо приобретаются по высокой цене у зарубежных поставщиков (как из ближнего, так и дальнего зарубежья) и обладают относительно высокими защитными характеристиками, либо производятся на отечественных швейных предприятиях, но при этом имеют низкий уровень защиты.

1. Срок службы защитных костюмов для металлургов из суконных тканей, установленный нормативными документами, на практике не достигается, даже с учётом проведения нескольких циклов реставрации.

2. Определены для разных подотраслей металлургической промышленности опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на металлурга в зависимости от условий труда.

3. Спецодежда для металлургов должна обеспечивать комплексную защиту от множества вредных и опасных производственных факторов, включая высокие температуры, тепловое излучение, искры и брызги расплавленного металла, а также контакт с нагретыми поверхностями. На основе детального анализа условий труда металлургов — включая воздействие повышенных температур в виде теплового излучения, климатических факторов, открытого пламени, контакта с нагретыми поверхностями, а также искр и брызг расплавленного металла — и изучения характерных движений человека, предложены новые основы для разработки рациональных художественно-конструкторских и технологических решений при создании спецодежды.

4. При проектировании спецодежды необходимо учитывать эргономические особенности рабочих движений металлургов, обеспечивая свободу движений и комфорт при длительном ношении, что напрямую влияет на эффективность и безопасность труда. По данным исследования топографии износа существующей спецодежды металлургов выявлено, что основным изменениям подвергаются участки: ширина спинки, шаговый шов брюк, длина шва сиденья, длина куртки, ширина рукава.

5. В современных условиях важно обеспечить соответствие спецодежды нормативным требованиям и стандартам, а также оптимизировать баланс между функциональностью, защитой и экономической доступностью.

6. Разработка спецодежды должна опираться на комплексный подход, включающий технические, эргономические и эстетические аспекты, чтобы гарантировать безопасность, удобство и долговечность изделий в условиях металлургического производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 019/2011 О безопасности средств индивидуальной защиты. Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 878. (Дата обращения: 08.12.2024 г.)

2. ГОСТ 19605- 74 Организация условий труда. Основные понятия. Термины и определения. –М.: Издательство стандартов, 1974. (Дата обращения: 08.12.2024 г.)

3. Журнал «Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты». –2008. –№1. –С. 6-7. (Дата обращения: 10.12.2024 г.)

4. Кельберт Д. Охрана труда в текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1971. –С. 238-240. (Дата обращения: 12.12.2024 г.)

5. Абишева А. Разработка спецодежды для металлургов на основе инновационных технологий <https://pandia.org/text/82/064/71011.php> (Дата обращения: 12.12.2024 г.)

6. Якубов Н.Ж., Юсупова Д.У. Анализ специальной одежды работников металлургической промышленности. //Механика и технологии / Научный журнал. – 2023. – №4(82). – С.178-181. <https://doi.org/10.55956/FLYQ7280>

7. Лаврентьева Е.П., Сильченко Е.В. Исследование составов пакетов для моделей спецодежды сварщиков и металлургов. //Материалы и технологии (Швейное производство). – 2019 – № 1 – С. 31-35. DOI: 10.24411/2617-149X-2019-11005. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sostavov-paketov-dlya-modeley-spetsodezhdy-svarschikov-i-metallurgov>

8. Месхи Б.Ч., Булыгин Ю.И., Щекина Е.В., Медведев А.В.. Использование метода построения эпюр облучения на стадии проектирования и реконструкции термических цехов по критериям безопасности. //Безопасность труда в промышленности — 2018. — № 12. — С. 16–22. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-12-16-22

9. Зубкова Н.С., Константинова Н.И. Особенности выбора материалов для специальной защитной одежды работников металлургической промышленности. //Безопасность труда в промышленности — 2021. — № 2. — С. 29-35. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-29-35, ISSN 0409-2961. (Print), ISSN 2658-5537 (Online).

10. Махоткина Л.Ю., Хузина Л.М. Анализ материалов для одежды специального назначения, реализуемых на российском рынке. //Вестник технологического университета. — 2016. — Т. 19. — № 7. — С. 89–92.

11. Зубкова Н.С., Большунов А.М.. Термостойкий огнестойкий материал. Патент 2638335,

Российская Федерация, заявление 23.03.2017, опубликовано 13.12.2017, Бюл. № 35.

12. Жилисбаева Р.О. Методологические основы проектирования специальной одежды для работников металлургической и металлообрабатывающей промышленности: автореферат дисс. на соиск. уч. степ. доктора технических наук: Москва, 2007. <https://tekhnosfera.com/metodologicheskie-osnovy-proektirovaniya-spetsialnoy-odezhdy-dlya-rabotnikov-metallurgicheskoy-i-metalloobrabatyvayushey> (Дата обращения: 12.12.2024 г.)

13. Зинина В. А. Усовершенствование системы индивидуальной защиты работников металлургических производств [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа бакалавра : 20.03.01 — Красноярск : СФУ, 2017. <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/68200>

14. Фомченкова Л.М. Профессиональная защитная огнестойкая одежда. //Легкая промышленность. Курьер. — 2017. — № 7. — С. 32–33.

15. Handbook of fire resistant textiles. Ed. F.S. Kilinc. — Woodhead Publishing Limited, 2013. — 704 p. (Дата обращения: 12.12.2024 г.)

REFERENCES

1. TR TS 019/2011 O bezopasnosti sredstv individual'noj zashchity [On the safety of personal protective equipment] Foresight-Russia. Approved by the Decision of the Customs Union Commission No. 878 dated December 9, 2011. (Date of application: 08.12.2024). (In Russian)

2. GOST 19605- 74 Organizaciya uslovij truda. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya [Organization of working conditions. Basic concepts. Terms and definitions] Foresight-Russia. Moscow: Publishing House of Standards, 1974. (Date of request: 08.12.2024). (In Russian)

3. Zhurnal «Rabochaya odezhda i sredstva individual'noj zashchity» [Work clothes and personal protective equipment] Foresight-Russia. -2008. —No. 1. —pp. 6-7. (Date of reference: 10/12/2024). (In Russian)

4. Kel'bert D. Ohrana truda v tekstil'noj promyshlennosti [Labor protection in the textile industry] Foresight-Russia. Moscow: Light Industry, 1971. pp. 238-240. (Date of request: 12.12.2024). (In Russian)

5. Abisheva A. Razrabotka spetsodezhdy dlya metallurgov na osnove innovacionnyh tekhnologij [Development of overalls for metallurgists based on innovative technologies] Foresight-Russia. <https://pandia.org/text/82/064/71011.php> Scientific article. (Accessed 12.12.2024). (In Russian)

6. N.Zh. Yakubov., D.U. Yusupova. Analiz special'noj odezhdy rabotnikov metallurgicheskoy promyshlennosti [Analysis of special clothing of workers in the metallurgical industry] Foresight-Russia. Mechanics and Technologies / Scientific Journal. — 2023. — №4(82). — Pp.178-181.<https://doi.org/10.55956/FLYQ7280> (In Russian)

7. Lavrent'eva E.P., Sil'chenko E.V. Issledovanie sostavov paketov dlya modelej spetsodezhdy svarshchikov i metallurgov [Investigation of package compositions for workwear models of welders and metallurgists] Foresight-

Russia. Scientific article. Scientific journal "Materials and Technologies (Sewing production)". — 2019 — No. 1 — pp. 31-35. DOI: 10.24411/2617-149X-2019-11005. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sostavov-paketov-dlya-modelej-spetsodezhdy-svarshchikov-i-metallurgov>

8. B.Ch. Meskhi, YU.I. Bulygin, E.V. Shchekina, A.V. Medvedev. Ispol'zovanie metoda postroeniya epyur oblucheniya na stadii proektirovaniya i rekonstrukcii termicheskikh cekhov po kriteriyam bezopasnosti [Using the method of constructing radiation plots at the design and reconstruction stage of thermal workshops according to safety criteria] Foresight-Russia. Scientific article. Scientific Journal "Occupational Safety in Industry", 2018, No. 12, pp. 16-22. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-12-16-22. (In Russian)

9. Zubkova N.S., Konstantinova N.I. Osobennosti vybora materialov dlya special'noj zashchitnoj odezhdy rabotnikov metallurgicheskoy promyshlennosti [Features of the choice of materials for special protective clothing of workers in the metallurgical industry] Foresight-Russia. Monthly scientific and production journal "Occupational Safety in Industry" - 2021. — No. 2. — pp. 29-35. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-29-35, ISSN 0409-2961. (Print), ISSN 2658-5537 (Online). It is included in the List of the Higher Attestation Commission. (In Russian)

10. Makhotkina L.Yu., Khuzina L.M. Analysis of materials for special-purpose clothing sold on the Russian market [Analysis of materials for special-purpose clothing sold on the Russian market] Foresight-Russia. Bulletin of the Technological University. - 2016. — Vol. 19. — No. 7. — pp. 89-92. (In Russian)

11. N.S. Zubkova, A.M. Bol'shunov. Termostojkij ognestojkij material [Heat-resistant fire-resistant material] Foresight-Russia. Patent 2638335, Russian Federation, application 23.03.2017, published 13.12.2017, Byul. No. 35. (In Russian)

12. Zhilisbaeva R.O. Metodologicheskie osnovy proektirovaniya special'noj odezhdy dlya rabotnikov metallurgicheskoy i metalloobrabatyvayushchej promyshlennosti [Methodological foundations of designing special clothing for workers in the metallurgical and metalworking industries] Foresight-Russia. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow, 2007. <https://tekhnosfera.com/metodologicheskie-osnovy-proektirovaniya-spetsialnoy-odezhdy-dlya-rabotnikov-metallurgicheskoy-i-metalloobrabatyvayushey> (Date of request: 12.12.2024). (In Russian)

13. Zinina V. A. Usovershenstvovanie sistemy individual'noj zashchity rabotnikov metallurgicheskikh proizvodstv [Improvement of the system of individual protection of workers in metallurgical industries] Foresight-Russia. Bachelor's degree thesis : 03/20/2011 — Krasnoyarsk : SibFU, 2017. <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/68200>(In Russian)

14. Fomchenkova L.M. Professional'naya zashchitnaya ognestojkaya odezhda [Professional protective fire-resistant clothing] Foresight-Russia. Light industry. Courier, 2017, No. 7, pp. 32-33. (In Russian)

15. Handbook of fire resistant textiles. Ed. F.S. Kilinc. — Woodhead Publishing Limited, 2013. — 704 p. (Date of request: 12.12.2024).

ТАБИҒИ БЫЛҒАРЫНЫ ӘРЛЕУГЕ ӨСІМДІК ЭКСТРАКТИЛЕРІН ҚОЛДАНУ

М.Д. МЭЛС* , Л.Т. САРТТАРОВА ,
В.О. BITLISLI , Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫ 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: madina_dm17@mail.ru*

Қазіргі таңда былғары өндірісінің әрлеу процесінде синтетикалық бояғыштарды қолдану экологиялық мәселелерді тудырып отыр. Жұмыстың мақсаты - мәселені шешу үшін табиғи былғары қой терісін әрлеу үшін экологиялық таза өсімдік сығындыларын қолдану. Әрлеу процесінде емен қабығының сығындылары (Cortex Quercus), шалқан (Agrimonia eupatoria L.), жылқы каштаны (Aesculus hippocastanum), сондай-ақ табиғи бояғыш ретінде «Акванат хлорофилл» қолданылады. Тері өнеркәсібінде өсімдік сығындыларын қолдану дайын терідегі химиялық заттардың мөлшерін азайтуға көмектеседі және қоршаған ортаға пайдалы әсер етеді. Мақалада аталған өсімдіктердің табиғи сығындыларын алу әдістері және оларды былғары өңдеуде қолдану технологиясы сипатталған. Өсімдік сығындылары жаңартылған ресурс болып табылады. Танинге бай өсімдік сығындыларын қолдана отырып, былғарыға тұрақты және экологиялық жауапты балама ұсынады. Өсімдік экстракттері микробқа қарсы әсер ету, формальдегидті кетіру және теріні өңдеу кезінде табиғи бояғыштар ретінде қолданылады. Осыған байланысты теріні өңдеу кезінде экологиялық таза өсімдік экстракттерін қолдану қажеттілігі туындайды, бұл қоршаған ортаны «жасыл экономика» қорғау мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Зерттеу нысаны ретінде «Тараз былғары зауыты» ЖШС кәсіпорнында дайындалған ұсақ мал терісінен жасалған хроммен шленген былғары пайдаланылды.

Негізгі сөздер: былғары, былғарыны әрлеу, шалқан өсімдігі, емен қабығы, жылқы каштаны өсімдігі, акванат хлорофилл, таниндер.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ

М.Д. МЭЛС*, Л.Т. САРТТАРОВА, В.О. BITLISLI, Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫ

(Алматынський технологический университет, Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Төле би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: madina_dm17@mail.ru*

В настоящее время использование синтетических красителей в процессе отделки кожевенной продукции вызывает экологические проблемы. Цель работы — применение экологически чистых растительных экстрактов для отделки натуральной кожи из овчины в качестве решения данной проблемы. В процессе отделки используются экстракты дубовой коры (Cortex Quercus), репешка (Agrimonia eupatoria L.), конского каштана (Aesculus hippocastanum), а также «Акванат хлорофилл» в качестве натурального красителя. Применение растительных экстрактов в кожевенной промышленности способствует снижению количества химических веществ в готовой коже и оказывает благоприятное воздействие на окружающую среду. В статье описаны методы получения натуральных экстрактов указанных растений и технология их применения при обработке кожевенного сырья. Растительные экстракты являются возобновляемым ресурсом. Использование богатых танинами растительных экстрактов обеспечивает устойчивую и экологически ответственную альтернативу при производстве кожи. Растительные экстракты обладают антимикробным действием, способствуют удалению формальдегида и могут использоваться в качестве натуральных красителей при обработке кожи. В связи с этим возникает необходимость применения экологически чистых растительных экстрактов в кожевенном производстве, что позволяет решать задачи «зелёной экономики» по защите окружающей среды. В качестве объекта исследования использовали хромово-дублённую кожу из шкур мелкого рогатого скота, изготовленную на предприятии ТОО «Таразский кожевенный завод».

Ключевые слова: кожа, отделка кожи, репешок, кора дуба, конский каштан, акванат хлорофилл, дубильные вещества.

USE OF PLANT EXTRACTS FOR FINISHING NATURAL LEATHER

M.D. MELS*, L.T. SARTTAROVA, B.O. BITLISLI, B. ABZALBEKULY

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan,
050012, Almaty, Tole Bi Street, 100)

Corresponding author's email: madina_dm17@mail.ru*

Currently, the use of synthetic dyes in the finishing process of leather products causes environmental problems. The aim of this work is to use environmentally friendly plant extracts for finishing natural sheepskin leather as a solution to this problem. The finishing process uses extracts of oak bark (Cortex Quercus), agrimony (Agrimonia eupatoria L.), horse chestnut (Aesculus hippocastanum), and «Aquanat Chlorophyll» as a natural dye. The use of plant extracts in the leather industry helps to reduce the amount of chemicals in the finished leather and has a positive impact on the environment. The article describes methods for obtaining natural extracts from these plants and the technology for their use in the processing of raw leather. Plant extracts are a renewable resource. The use of tannin-rich plant extracts provides a sustainable and environmentally responsible alternative in leather production. Plant extracts have antimicrobial properties, promote the removal of formaldehyde and can be used as natural dyes in leather processing. In this regard, there is a need to use environmentally friendly plant extracts in leather production, which allows solving the tasks of the «green economy» in terms of environmental protection. Chrome-tanned leather from small ruminant hides, manufactured at the «Taraz Leather Factory» LLP, was used as the object of research.

Keywords: leather, leather finishing, agrimony, oak bark, horse chestnut, chlorophyll aquanate, tannins.

Kіpіcne

Текстиль, киім, аяқ-киім өндірістері жеңіл өнеркәсіп саласының әлемдік экономиканың маңызды бөлігі болып табылады. Былғары тұтыну тауарларын өндіру секторларында маңызды аралық өнеркәсіптік өнім болып табылады [1]. Салыстырмалы түрде төмен энергия сыйымдылығына қарамастан, бұл сала айтарлықтай экологиялық әсердің көзі деп айта аламыз. Негізгі мәселелер ресурстарды тұтынуға, химиялық заттарды пайдалануға және қалдықтардың пайда болуына байланысты. Негізгі экологиялық мәселелер: су ресурстарының ластануы, былғары және тоқыма өнеркәсібінде химиялық заттардың қолдануы, қатты қалдықтардың пайда болуы, атмосфералық ауаның ластануы [2].

Дүние жүзіндегі былғары өнеркәсібінің 90% - дан астамы дәстүрлі илеу процесерінде хром илеуді пайдаланады. Құрамында хром бар былғары қалдықтары қоршаған ортаға да, адамдарға да зиянды. Бас айналу, тітіркену, тері аллергиясы, жүйке жүйесінің әлсіреуі, тері бөртпесі, тіс эрозиясы және репродуктивті функцияның бұзылуы жұмысшыларға бірнеше рет әсер еткенде хром ағынының әсерінен болатын денсаулыққа қауіп төндіреді [3].

Табиғи өсімдік танині дәстүрлі хром тотығымен салыстырғанда биоаккумуляциясыз қоршаған ортаға ең аз әсер етеді. Хром иленген ағынды сулар оттегіге үлкен биохимиялық қажеттілікті тудырады, оттегінің химиялық шығыны, еріген қатты заттардың жалпы мөлшері және Кьельдальдың жалпы азоты, осылайша микро-

организмдер қоршаған ортада ауыр металдарды қалдырып, құрамында хром бар ағынды суларға баяу шабуыл жасайды және ыдыратады [4]. Олардың құрамында хром тұздары, сульфидтер, бояғыштар, формальдегид және беттік белсенді заттар бар. Бұл жер үсті және жер асты суларының сапасының нашарлауыны әкеп соғады.

Былғары және тоқыма өндірісінде бояу процесінің тиімсіздігіне байланысты көптеген бояғыштар ағынды суларға төгіледі. Зерттеулер көрсеткендей, бояудың 10-35% - ы бояу кезінде ағынды суларға түседі. Реактивті бояғыштар жағдайында бұл жүктеме шамамен 50% құрайды [5]. Сонымен қатар, синтетикалық бояғыштар тыныс алу жолдарына сезімтал және олардың көпшілігі теріге тиген кезде қауіпті болып келеді.

Теріні әрлеу бірнеше операцияға бөлінуі мүмкін. Былғары өндірісі химиялық реакциялар мен механикалық процесердің күрделі тізбегі болып табылады, олардың арасында былғарыны әрлеу терінің сыртқы түрін жақсартуға жауап беретін және тұтынушылар талап ететін өнімнің соңғы сипаттамаларын анықтайтын маңызды қадамдардың бірі болып табылады. Осылайша, әрлеу жұмыстары эстетикалық қасиеттер дәстүрінің арқасында былғары өндірісінде маңызды орынға ие болды.

Қазақстанның табиғи бояғыштарды өндіруге арналған өсімдіктердің әртүрлі түрлері түріндегі орасан зор шикізат базасы бар. Қазіргі таңда, Қазақстандық ғалымдар емен қабығының сығындысын ірі кара мал теріні әрлеу үшін стандартты химиялық пигментті алмас-

тыру ретінде қолдану бойынша зерттеулер жүргізген [6].

Басқа ғылыми жұмыста пияз қабығынан, жаңғақ қабығынан алынған табиғи сығындылардың әртүрлі түрлерін қолдану технологиясы әзірленген, оған модификациялаушы компоненттер қосылады: алюминий-калий алюминийі немесе мыс сульфаты аяқ киімнің үстіңгі материалдарын бояуға арнап зерттеулер жүргізілген [7].

Қазақстандық зерттеушілердің өнертабысында сығынды рецептінің құрамын өзгерту және теріні әрлеу процесі, яғни бұл терінің беріктігін арттырады және тері құрамындағы CR (VI) металдар ауыр заттарды азайтатындығын көрсеткен. Теріні әрлеу процесін өзгерту үшін химиялық пигментті пияз қабығынан алынған өсімдік сығындысына ауыстыру арқылы шешілген. Пияз қабығынан алынған өсімдік сығындысын қолдану-бұл терінің экологиялық және экономикалық өндірісіне жаңа көзқарас, сонымен қатар былғары өнімдерінің физика-механикалық қасиеттерін жақсартқан. Сонымен қатар, пияз қабығының антиоксиданттық қасиеттері терінің құрамындағы CR (VI) төмендеуіне ықпал ететіндігін дәлелдеген [8].

Ғылыми зерттеулер бойынша пайдалы модельде өсімдік тектес табиғи бояғыш ретінде қолданылады, өйткені олар биологиялық ыдырайтын және адам табиғатына ең қолайлы, ал олардың көпшілігінде емдік қасиеттер кешені бар екені көрсетілген. [9].

Өсімдік бояғыш сығындылары жаңартылатын ресурс болып табылады және оларды өсіру және өндіру процестері қоршаған ортаға теріс әсер етпейді [10]. Танинге бай өсімдік сығындыларын қолдана отырып, былғарыға тұрақты және экологиялық жауапты балама ұсынады. Өсімдік тотығуының жандануы сонымен қатар антиоксиданттық және микробқа қарсы қасиеттерді қоса алғанда, таниндердің кең биологиялық белсенділігімен қамтамасыз етіледі [11]. Өсімдік сығындылары микробқа қарсы әсер ету, формальдегидті кетіру және теріні өңдеу кезінде табиғи бояғыштар ретінде қолданылады. Осыған байланысты теріні өңдеу кезінде экологиялық таза өсімдік сығындыларын қолдану қажеттілігі туындайды, бұл қоршаған ортаны «жасыл экономика» қорғау мәселелерін шешуге мүмкіндік береді [12].

Таниндер-әртүрлі экстракция әдістерімен өсімдіктерден алынған суда еритін фенолдық заттар. Таниндер қауіпсіз, олар кейбір өсімдіктердің қабығынан, ағашынан, жапырақтарынан алынады [13]. Таниндерді кез-келген өсімдіктен

алуға болады. Таниндер бактерияға қарсы, антиоксидантты және басқа да қасиеттеріне байланысты тамақ, косметика, бояу, фармацевтика, ағаш өңдеу және басқа салаларда әртүрлі қолданыстарға ие. Екінші жағынан, олар коллагенмен-тері ақуызымен химиялық әрекеттесу қабілетіне байланысты тері өндірісінде бұрыннан қолданылған.

Таниндер үш негізгі классқа бөлінеді: гидролизденетін, конденсацияланатын және күрделі (гидролизденетін және конденсацияланатын танин мономерлерінің әртүрлі комбинациясы) [14]. Гидролизденетін таниндерге: емен қабығы, каштан, шалқанды жатқызамыз. Олардың кейбіреулері жемістер мен гүлдер мен өсімдіктердің түсін анықтайтын өсімдік пигменттері. Бүгінгі күнге дейін 6500-ге жуық флавоноидтар белгілі [15]. Тәжірибе көрсеткендей, олардың көпшілігі өсімдік тіндеріне әртүрлі түс беретін пигменттер. Мысалы, антоцианиндердің болуы гүлдердің қызыл, көк, күлгін түстеріне, ал флавоноидтардың, флавонолдардың, аурондардың, халкондардың болуы сары және қызғылт сарыға әкеледі. Флавоноидтар - табиғи бояғыштар және таниндер. Олардың кейбіреулері бактерияға қарсы әсерге ие.

Материалдар мен әдістер

Жұмыстың зерттеу нысаны – аяқ киімнің астарлық былғарыға арналған қой терісі және емен қабығынан (*Cortex Quercus*), шалқан (*Agrimonia eupatoria L.*), жылқы каштаны (*Aesculus hippocastanum*) және «Акванат хлорофилл» өсімдіктерінен алынған бояғыш экстрактілер және осы экстрактілердің комбинациялары. Астарлық былғарыға жоғары талаптар қойылады: яғни гигиеналық талаптар, аяқ немесе бұйым пішініне оңай бейімделуі, ауа өткізгіштігі, созылуға төзімді болуы. Ірі кара мал терісі қалыңырақ, қаттылығы жоғары болып келеді. Көбінесе галентерея бұйымдарында, кейбір ерлер аяқ-киімінде қолданылады. Қой терісі өте жұмсақ, жұқа, иілімді болып келеді. Осы қасиеттерді ескере отырып, бұл жұмыста қой терісі таңдалды. Ғалымдардың зерттеулерінде табиғи бояғыштармен табиғи былғарыны бояу мүмкіншіліктері атап көрсетілген [16].

Жоғарыда қарастырылған ғылыми еңбектердің басым бөлігінде әрлеу процесінде бір табиғи өсімдік экстрактісі ғана пайдаланылған. Әдетте зерттеулер бір экстрактінің – мысалы, тек жаңғақ қабығының, дубильдеу немесе бояу әсерін жеке бағалаумен шектелген. Бұл жұмыста алғаш рет бірнеше өсімдік тектес экстрактілердің комбинациялары қолданылды. Яғни, емен қабығы, жылқы каштаны, шалқан және акванат

хлорофилл сияқты әртүрлі өсімдік материалдары жеке және екі компонентті қоспалар түрінде дайындалып, олардың бір-бірімен әрекеттесу қасиеті зерттелді.

Емен – шамшаттар тұқымдасына жататын Қазақстанның Жайық өзенінің аңғарында және Тобыл өзенінің жағалауында өсетін өсімдік ағашы. Емен қабығының негізгі құрамы илік зат, яғни танинге бай, тері өнеркәсібінде және медицина саласында қолданылады. Емен ағашының қабығында органикалық қышқылдар, көміртегі, пектин мен тері илейтін жабысқақ заттар көп. Емен қабығында танин мөлшері 18% жетеді [17].

Шалқан (*Agrimonia eupatoria L.*) - көпжылдық шөптесін өсімдік, раушан тұқымдасына жататын Тобыл-Есіл ойпатында, Ертіс өңірі, Ақтөбе өңірінде, Мұғалжарда, Батыс шоқыларында, Алтай мен Тарбағатайда, Жоңғар және Іле Алатауында, Батыс Тянь-Шаньда кездеседі. Шалқанда (*Agrimonia eupatoria L.*) флавоноидтар, фенолкарбон және гидроксикорик қышқылдары, кумариндер, сапониндер, органикалық қышқылдар, витаминдер бар. Танин мөлшері 10 % құрайды [17].

Жылқы каштаны (*Aesculus hippocastanum*)

– Sapindaceae тұқымдасына жататын көпжылдық ағаш өсімдігі. ТМД-ның бірқатар елдерінде, соның ішінде Қазақстан Республикасында сәндік ағаш ретінде кеңінен өсіріледі. Жылқы каштаны (*Aesculus hippocastanum*) — флавоноидтардың күшті көзі. Бірақ химиялық құрамы бойынша олар К, С, А дәрумендеріне, микро және макроэлементтерге, таниндерге, флавоноидтарға, көмірсуларға, кумариндерге, ақуыздарға, майларға, органикалық қышқылдарға бай [19].

Акванат хлорофилл- табиғи бояғыштар тобына кіретін, әр түрлі салада қолданылатын бояу түрі. Табиғи тағамдық бояғыш (E140) ретінде қолданылады және оның тұрақты суда еритін жартылай синтетикалық туындысы — мыс хлорофиллин (E141) — медицина саласында антиоксидант ретінде қолданылады. Хлорофиллдің суда еритін формалары мен микроэлементтері бар биологиялық белсенді кешен антисептикалық әсерге ие, бояғыштардың былғары талшықтарға адгезиясын жақсартуға көмектеседі. Сонымен қатар, дайын терінің көрнекі және пайдалану қасиеттерін жақсартатырып, материалға жұмсақтық, икемділік және табиғи жасыл реңк береді.

			
Емен қабығы	Жылқы каштаны (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	Шалқан (<i>Agrimonia eupatoria L.</i>)	Акванат хлорофилл

Сурет 1. Бояу ұнтақтарының үлгілері

Былғары материалдарын әрлеу әдістері

Бояуды жүргізу үшін шалқан (*Agrimonia eupatoria L.*), жылқы каштаны (*Aesculus hippocastanum*), «Акванат хлорофилл» сығындысы мен емен қабығының, сондай-ақ олардың комбинацияларының (шалқан + емен қабығы, жылқы каштаны + емен қабығы, акванат хлорофилл + емен қабығы) өсімдік сығындыларының сулы ерітінділері дайындалды.

Өсімдік шикізаты (шалқан, жылқы каштаны, емен қабығы) 1-3 мм фракцияға дейін алдын ала ұсақталып, 40-45°C температурада 10% - дан аспайтын ылғалдылыққа дейін кептірілді. 5 литр қайнаған суға бояу сығындысын дайындау үшін әр өсімдікке 300 г ұсақталған ұнтақ қосып, 80-90°C температурада 2

сағат қайнады. Акванат хлорофилл сығындысы 50-60°C температурада 1:16 қатынасында тазартылған сумен сұйылтылған сұйық түрінде қолданылды.

Бояу алдында қой терісі жібіту, жүннен арылту жіне күлдеу, пикельдеу және тотығу кезеңдерін қамтитын стандартты технологиялық дайындықтан өтті. Бұл операциялар талшықты құрылымды май мен ақуыздың ластануынан тазартуды, тері тесігін ашуды және оның бояғыштарды біркелкі қабылдау қабілетін арттыруды қамтамасыз етті. Алдын ала өңдеуден кейін үлгілер табиғи түрде кептіріліп, кондиционерленді. Табиғи экстрактілермен өңдеу үшін «Тараз былғары зауыты» былғары өндірісінің Wet-blue былғарысы қолданылды.



Сурет 2. Wet-blue былғары

Былғарыдан жасалған әрлеу процестері Desh GIφ600–1600 gi сериялы барабанда 50°C температурада 100 минут бойы үздіксіз араластырумен жүргізілді. Ванна модулі тері

үлгілері бояғыш сығындыға толығымен батырылып, еркін араласатындай етіп таңдалды, бұл материалдың біркелкі боялуын қамтамасыз етті. Сурет 3.



Сурет 3. GIφ600-1600 GI Desh бояу барабаны

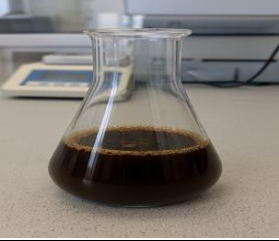






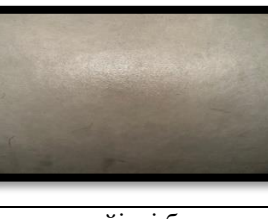






Бояу аяқталғаннан кейін үлгілер суық сумен жуылды, содан кейін бояуды бекіту және биоцидтік қасиеттерін арттыру үшін терінің салмағынан құмырсқа қышқылының 2% ерітіндісінде (PH = 3-4) шайылды.

Әрі қарай, үлгілер тұрақты ылғалдылыққа жеткенше табиғи жағдайда 25-30 °C температурада кептіріліп, кондиционерленді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Боялған үлгілер (*Agrimonia eupatoria L.*), жылқы каштаны (*Aesculus hippocastanum*), «Акванат хлорофилл» сығындысы мен емен қабығының, сондай-ақ олардың комбинацияларының (шалқан + емен қабығы, жылқы каштаны + емен қабығы, акванат хлорофилл + емен қабығы) 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Табиғи экстрактілермен боялған тері үлгілері

	
<p>Емен қабығының экстрактісі</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>
	
<p>Акваната хлорофилл экстрактісі</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>
	
<p>Шалқан экстрактісі</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>
	
<p>Жылқы қаштаны экстрактісі</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>
	
<p>Шалқан + емен қабығы (50/50)</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>
	
<p>Жылқы қаштаны + емен қабығы (50/50)</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>
	
<p>Акванат хлорофилл + емен қабығы (50/50)</p>	<p>Боялғаннан кейінгі былғары үлгісі</p>

Зерттеу нәтижесінде қой терісін шалқан сығындысымен бояу (*Agrimonia eupatoria L.*) жұмсақ жартылай күңгірт жылтырмен біркелкі ашық қоңыр реңк берді. Жұмыс ерітіндісінің рН мәні 5 болды, бұл флавоноидтар мен репешка таниндерінің коллагеннің ақуыз құрылымымен әрекеттесуі үшін оңтайлы аздап қышқыл ортаға сәйкес келеді.

Каштан сығындысы теріге бай, жылы реңк берді. Құмырсқа қышқылымен бекітілгеннен кейін бояудың беріктігі айтарлықтай жақсарды. Материал орташа серпімділікті сақтай отырып, жеңіл жылтыр мен тығыз құрылымға ие болды. Жұмыс ерітіндісінің рН мәні-5, бұл сапониндер мен каштанға тән таниндердің тұрақты таниндік әсерін көрсетеді.

«Акванат хлорофилл» теріге жұмсақ жасыл реңк берді. Материал табиғи серпімділік пен жұмсақтықты сақтады. Жұмыс ерітіндісінің рН мәні 7 болды, бұл коллагеннің табиғи құрылымын сақтауға және экологиялық таза өңдеуге қолайлы бейтарап ортаға сәйкес келеді.

Емен қабығы қосылған шалқан экстрактісімен өңделген тері терең қоңыр реңк пен жұмсақ жылтырға ие болды. Ылғалға төзімділік пен тозуға төзімділік жоғарылайды, құрылымы тығыз және серпімді. рН мәні-4, бұл фенолдар мен эллаготаниндерге бай танин сығындыларына тән, терінің тотығу әсері мен беріктігін арттырады. Емен қабығы – табиғи таниндерге, полифенолдарға бай шикізат ретінде былғарыда бір мезетте дубильдеуші және бояушы функция атқарып, материалдың беріктігін, серпімділігін және түс тұрақтылығын арттырды.

Емен қабығы қосылған жылқы каштаны экстрактісімен өңделген тері жылы және қанық түс болды. Беті тегіс, табиғи жылтырлығы бар. Терінің беріктігі мен тығыздығы артып, түс тұрақтылығы жақсарды. Жұмыс ерітіндісінің рН мәні 4 болды, бұл коллаген талшықтарының белсенді тотығуына және берік құрылымның қалыптасуына ықпал етеді.

Акванат хлорофилл қосылған емен қабығы экстрактісімен өңделген тері реңі біркелкі жасыл-қоңыр түске ие болды, материал серпімді және жұмсақ болды. Жұмыс ерітіндісінің рН мәні-7, бұл жүйенің тұрақтылығын және терінің табиғи қасиеттерін сақтай отырып, материалдың құрылымына жұмсақ әсерін көрсетеді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу жұмыстың нәтижесінде табиғи өсімдік экстрактілерін (шалқан, жылқы каштаны, акванат хлорофилл) емен қабығымен қолдану қой терісін бояуда жақсар-

тылған тиімді қайталануын және бояуын қамтамасыз ететіні анықталды.

Табиғи экстрактілерін қолдану табиғи былғары сапасын жан-жақты жақсартуды қамтамасыз ететін синтетикалық тотықтырғыштарға экологиялық таза, технологиялық негізделген және үнемді балама болып табылады.

Көптеген ғалымдар табиғи бояғыштарды қолдану тоқыма және былғары саласында әрлеу өндірісінің экологиялық мәселелерін шешудің негізгі жолдарының бірі ретінде зерттеулер жүргізді. Осылайша, табиғи экстрактілермен өңделген былғары жетілдірілген өнімділігі мен қауіпсіз технологиялық циклі бар экологиялық таза өнім болып табылады.

Жұмыс нәтижесінде былғары ерекше табиғи түстерге боялды, Мұндай табиғи түстер палитрасы бұрынғы зерттеулерде жиі кездеспейді және жұмысқа қосымша ғылыми құндылық береді.

Осылайша, зерттеудің жаңалығы – табиғи өсімдік экстрактілерін кешендеу, олардың дубильдеу және бояу қабілетін үйлестіре отырып, былғарының сапалық көрсеткіштерін айтарлықтай жақсартуында. Бұл табиғи, экологиялық қауіпсіз өңдеу технологияларын дамытуға бағытталған маңызды қадам болып табылады.

Жүргізілген зерттеулердің негізінде алғаш рет «Тараз былғары зауыты» ЖШС кәсіпорнында өндірістік апробация актісі өткізілді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кудабасева А., Абзалбекұлы Б. Оценка влияния технологии производства перчаточных и галантерейных кож на окружающую среду // Кожа и обувь. – 2021. – № 21. – С. 27–34.
2. Бектаев Қ., Абзалбекұлы Б., Ораз Г.Т. Текстиль материалдарын әрлеуге Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде өсетін жүзгін өсімдігін қолдану // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2025. – № 3. – Б. 223–230.
3. Wild C., Weiderpass E., Stewart B.W. (Eds.). World Cancer Report 2020. – Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2020.
4. Krishnamoorthy G., Sadulla S., Sehgal P.K., Mandal A.B. Greener approach to leather tanning process: d-Lysine aldehyde as novel tanning agent for chrome-free tanning // Journal of Cleaner Production. – 2013. – Vol. 42. – P. 277–286.
5. Sivakumar V., Lakshmi Anna J., Vijayeeswarri J., Swaminathan G. Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather // Ultrasonics Sonochemistry. – 2009. – Vol. 16, № 6. – P. 782–789.

6. Mirzamuratova R., Bayramoğlu E., Abzalbekuly B., Kaldybayev R. Investigation of the Effect of a Natural Extract from Oak Bark on the Properties of the Leather // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2024. – Vol. 32, № 1. – P. 83–89. – DOI: 10.2478/ftce-2024-0010.

7. Sabyrkhanova S.S., Behzat O.B., Yeldiyar G., Bitlisli B.O. Investigation of Dyeing, Antibacterial and Antifungal Properties of Blended Fabrics Treated with Plant-Based Dyestuffs and Mordants as Shoe Materials // *Coloration Technology*. – 2024. – Vol. 140, № 4. – P. 598–611. – DOI: 10.1111/cote.12730.

8. Патент Республики Казахстан № 37288. Былғарыны әрлеу тәсілі / Калдыбаев Р.Т., Мирзамуратова Р.Ш., Байрамоғлу Е.Е., Турганбаева А.А., Абдикеримова Г.И.; патентообладатель: НАО «Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова». – Оpubл. 25.04.2025. – Бюл. № 17.

9. Пайдалы модель № 8461. Түймешетен сығындысын қолдана отырып, аяқ киімге арналған тоқыма материалын микробқа қарсы әрлеу тәсілі / Сабырханова С.Ш., Елдияр Г.К., Bitlisli B.O., Абзалбекұлы Б., Бердіқұл Ұ.С.; патентообладатель: НАО «Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова». – Оpubл. 29.09.2023. – Бюл. № 39.

10. Sabyrkhanova S.S., Behzat O.B., Yeldiyar G.K. Dyeing the Cotton with Extract of Onion Peels, Walnut Shell and (Tanacetum) Tansy // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2022. – № 1. – С. 212–217.

11. Quaratesi I., Ferrara V., Călinescu I., Chipurici P., Popa I., Carșote C., La Manna P., Badea E. Sustainable Vegetable Tanning: Ultrasound-Assisted Tannin Extraction of Oak Bark and Analytical Approaches to Collagen–Tannin Interactions // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2025. – Vol. 330. – Art. 148194. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.148194.

12. Bayramoğlu E.E., Çivi S. Review of Tannins Currently Used in the Leather Industry. Part 2: Condensed Tannins // *Proceedings of the 10th International Conference on Advanced Materials and Systems*. – Bucharest, 2024.

13. Ахмаджанова Х.Н. Растительные экстракты часто содержат флавоноиды // *Central Asian Journal of Education and Innovation*. – 2023.

14. Bayramoğlu E.E., Çivi S. Review of Tannins Currently Used in the Leather Industry. Part 1: Hydrolysable Tannins // *Proceedings of the 10th International Conference on Advanced Materials and Systems*. – Bucharest, 2024.

15. ООО «КоролёвФарм». Метод определения содержания флавоноидов в системе контроля качества.

16. Мирзамуратова Р.Ш., Байрамоғлу Е., Калдыбаев Т. Табиғи бояғыштардың былғарының беріктілік шамасына әсері // *Алматы технологиялық университетінің хабаршысы*. – 2024. – № 4. – Б. 186–192.

17. Маковецкая Е.П., Рашева О.А. Применение таниновых протрав в натуральном крашении. – 2018.

18. Королюк Е.А. Красильные растения Алтая и сопредельных территорий // *Химия растительного сырья*. – 2003. – № 1. – С. 101–135.

19. Куркин В.А., Белов П.В. Флавоноиды почек каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) // *Химия растительного сырья*. – 2020. – № 3. – С. 179–186.

REFERENCES

1. Kudabaeva A., Abzalbekuly B. Otsenka vliyaniya tekhnologii proizvodstva perchatotochnykh i galantereynykh kozh na okruzhayushchuyu sredu [Assessment of the Environmental Impact of Glove and Leather Goods Production Technologies] // *Kozha i obuv'*. – 2021. – Vol. 21. – pp. 27–34. (in Russian).

2. Q. Bektaev, B. Abzalbekuly, G.T. Oraz. Tekstil materialdaryn әrleuge Qazaqstannyñ oñtüstik öñirlerinde ösetin жүзgin ösimdigin qoldanu [Using the Tamyryk Plant Growing in Southern Kazakhstan for Textile Finishing] // *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2025. – №3. – pp. 223–230. (in Kazakh).

3. Wild C., Weiderpass E., Stewart B.W. Mezhdunarodnoe agentstvo po izucheniyu raka (red.) [International Agency for Research on Cancer (Ed.)]. – Lyon: IARC, 2020. (in Russian).

4. Ganesan Krishnamoorthy, Sayeed Sadulla, Praveen Kumar Sehgal, Asit Baran Mandal. Greener approach to leather tanning process: d-Lysine aldehyde as novel tanning agent for chrome-free tanning // *Journal of Cleaner Production*. – 2013.

5. Venkatasubramanian Sivakumar, J. Lakshmi Anna, J. Vijayeeswarri, G. Swaminathan. Ultrasound-assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2009.

6. Mirzamuratova R., Bayramoğlu E., Abzalbekuly B., Kaldybayev R. Investigation of the Effect of a Natural Extract from Oak Bark on the Properties of the Leather// *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2024. – Vol. 32(1). – pp. 83–89.

7. Sabyrkhanova S.S., Behzat O.B., Yeldiyar G.K., Bitlisli B.O. Investigation of dyeing, antibacterial and antifungal properties of blended fabrics treated with plant-based dyestuffs and mordants as shoe materials // *Coloration Technology*. – 2024. – Vol. 140(4). – pp. 598–611.

8. Патент №37288. Былғарыны әрлеу тәсілі [Method for Finishing Leather]. Kaldybaev R.T., Mirzamuratova R.Sh., Bayramoğlu E.E., Turganbaeva A.A., Abdikerimova G.I. Patent holder: M. Auezov atyndaғы Oñtüstik Qazaqstan universiteti. Byul. №17, 25.04.2025. (in Kazakh).

9. Paidaly model' №8461. Tüymeshéten sygyndysyn qoldanu arqyly ayaq kiimge arналған toqyma materialyn mikrobga qarsy әrleу tәsili [Method for Antimicrobial Finishing of Footwear Textile Materials Using Tansy Extract]. Patent holder: M.

Auezov atyndaǵy Oñtústik Qazaqstan universiteti. Byul. №39, 29.09.2023. (in Kazakh).

10. Sabyrkhanova S.S., Behzat O.B., Yeldiyar G.K. Dyeing the cotton with extract of onion peels, walnut shell and tansy // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti.* – 2022. – pp. 212–217.

11. Quaratesi I., Ferrara V., Călinescu I., Chipurici P., Popa I., Carşote C., La Manna P., Badea E. Sustainable vegetable tanning: ultrasound-assisted tannin extraction of oak bark and analytical approaches to collagen–tannin interactions // *International Journal of Biological Macromolecules.* – 2025.

12. Bayramoglu E.E., Çivi S. Review of tannins currently used in the leather industry. Part 2: condensed tannins // *The 10th International Conference on Advanced Materials and Systems.* – 2024.

13. Akhmadzhanova Kh.N. Rastitel'nye ekstrakty chasto sodержat flavonoidy [Plant Extracts Often Contain Flavonoids] // *Central Asian Journal of Education and Innovation.* – 2023. (in Russian).

14. Bayramoglu E.E., Çivi S. Review of tannins currently used in the leather industry. Part 1: hydrolysable tannins.

15. ООО «KorolëvFarm». Metod opredeleniia sodержaniia flavonoidov v sisteme kontroliia kachestva [Method for Determining the Content of Flavonoids in the Quality Control System]. 2020. (in Russian)

16. Mirzhamuratova R.Sh., Bairamoglu E., Kaldybaev T. Tabıǵii boiagysh-tardyñ bylǵarynyñ beriktilik shamasynnda äseri [Effect of Natural Dyes on the Strength of Leather]. *Almaty tekhnologialyq universitetiniñ habarshysy*, 2024, №4, pp. 186–192. (in Kazakh)

17. Makovetskaia E.P., Rasheva O.A. Primenenie taninovykh protrave v natural'nom krashenii [Use of Tannin Mordants in Natural Dyeing]. 2018. (in Russian)

18. Koroliuk E.A. Krasil'nye rastenia Altaia i sopredel'nykh territorii [Dye Plants of Altai and Adjacent Territories]. 2015. (in Russian)

19. Kurkin V.A., Belov P.V. Flavonoidy pochek kashtana konskogo obyknovennogo (Aesculus hippocastanum L.) [Flavonoids of the Buds of Horse Chestnut (Aesculus hippocastanum L.)]. 2020. (in Russian)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИЗАЙНЕ СОВРЕМЕННОЙ СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЫ

И.Ш. ХАКИМЖОНОВ* , С.Ш. СУЛТОНОВА 

(Наманганский государственный технический университет, Республика Узбекистан,
160107, Наманган, ул. Бобуршоҳ 161, кафедра «Дизайн»)
Электронная почта автора-корреспондента: islomsu25@gmail.com*

В данной статье представлен подробный научный анализ интеграции передовых систем автоматизированного трёхмерного проектирования (3D CAD), таких как CLO 3D и Browzwear, в процесс создания высокотехнологичной спортивной экипировки. Исследование фокусируется на сопоставлении инновационного 3D-метода с традиционным двухмерным конструированием, оценивая их фундаментальное влияние на комплекс эргономических показателей (включая биомеханику движения и распределение давления ткани), эстетическое восприятие изделия, а также на всю цепочку производственных процессов — от идеи до прототипа. Результаты эмпирического исследования убедительно доказывают, что использование 3D-моделирования критически повышает анатомическую точность посадки и функциональный комфорт одежды, сокращает цикл проектирования в 3–4 раза, снижает расход материалов в среднем на 15% и практически устраняет необходимость в многочисленных физических образцах. Интерактивная виртуальная визуализация значительно упрощает процедуру быстрого моделирования, сравнительного анализа дизайнерских решений, раннего обнаружения дефектов и стратегического планирования. В итоге, технологии 3D-моделирования являются не просто инструментом, а ключевой трансформационной инновацией, которая переводит индустрию спортивной одежды на качественно новую ступень, синергично объединяя превосходную эргономику, беспрецедентную операционную эффективность и принципы устойчивого развития.

Ключевые слова: спортивная одежда, 3D-моделирование, технологии CAD, эргономика, виртуальное прототипирование, распределение давления, CLO 3D, Browzwear, цифровой дизайн, эффективность производства.

ЗАМАНАУИ СПОРТ КИИМДЕРІН ДИЗАЙНДАУДА 3D-МОДЕЛЬДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ

И.Ш. ХАКИМЖОНОВ*, С.Ш. СУЛТОНОВА

(Наманган мемлекеттік техникалық университеті, Өзбекстан Республикасы,
160107, Наманган к., Бобуршоҳ көшесі, 161, Дизайн бөлімі)
Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: islomsu25@gmail.com*

Бұл мақалада CLO 3D және Browzwear сияқты алдыңғы қатарлы автоматтандырылған үш өлшемді жобалау (3D CAD) жүйелерінің жоғары технологиялы спорттық жабдықтарды жасау процесіне енгізілуіне толық ғылыми талдау ұсынылған. Зерттеу инновациялық 3D әдісін дәстүрлі екі өлшемді жобалаумен салыстыруға баса назар аудара отырып, олардың эргономикалық көрсеткіштер кешеніне (қозғалыс биомеханикасы мен мата қысымының таралуын қоса алғанда), бұйымның эстетикалық қабылдануына, сондай-ақ идеядан тұрпатқа дейінгі өндіріс процестерінің барлық тізбегіне негізгі әсерін бағалайды. Эмпирикалық зерттеу нәтижелері 3D-модельдеуді пайдалану киімнің анатомиялық дәлдігі мен функционалды ыңғайлылығын сыни түрде арттыратынын, жобалау циклін 3-4 есе қысқартатынын, материалдар шығынын орта есеппен 15% төмендететінін және көптеген физикалық үлгілерге қажеттілікті іс жүзінде жоюынын айқын дәлелдейді. Интерактивті виртуалды визуализация жылдам модельдеу, дизайнерлік шешімдерді салыстырмалы талдау, ақауларды ерте анықтау және стратегиялық жоспарлау процедураларын айтарлықтай жеңілдетеді. Нәтижесінде, 3D-модельдеу технологиялары жай ғана құрал емес, спорттық киім индустриясын сапалы жаңа деңгейге көтеріп, үздік эргономиканы, тарихтағы ең жоғары операциялық тиімділік пен тұрақты даму принциптерін синхронды біріктіретін маңызды трансформациялық инновация болып табылады.

Негізгі сөздер: спорт киімдері, 3D-модельдеу, CAD технологиялары, эргономика, виртуалды прототиптеу, қысымды тарату, CLO 3D, Browzwear, сандық дизайн, өндірістік тиімділік.

APPLICATION OF 3D MODELING TECHNOLOGIES IN MODERN SPORTSWEAR DESIGN

I.SH. KHAKIMZHONOV*, S.SH. SULTONOVA

(Namangan State Technical University, Republic of Uzbekistan,
160107, Namangan, Boburshoh St. 161, Design Department)
Corresponding author's e-mail: islomsu25@gmail.com *

This article presents a detailed scientific analysis of the integration of advanced computer-aided three-dimensional design (3D CAD) systems, such as CLO 3D and Browzwear, into the process of creating high-tech sports equipment. The research focuses on comparing the innovative 3D method with traditional two-dimensional design, assessing its fundamental impact on a complex of ergonomic indicators (including movement biomechanics and fabric pressure distribution), the aesthetic perception of the product, as well as the entire chain of production processes—from idea to prototype. The results of empirical research convincingly prove that the use of 3D modeling critically improves the anatomical accuracy of fit and functional comfort of clothing, reduces the design cycle by 3–4 times, lowers material consumption by an average of 15%, and virtually eliminates the need for numerous physical samples. Interactive virtual visualization significantly simplifies the process of rapid modeling, comparative analysis of design solutions, early defect detection, and strategic planning. Ultimately, 3D modeling technologies are not just a tool but a key transformational innovation that elevates the sportswear industry to a qualitatively new level, synergistically combining superior ergonomics, unprecedented operational efficiency, and principles of sustainable development.

Keywords: sportswear, 3D modeling, CAD technologies, ergonomics, virtual prototyping, pressure distribution, CLO 3D, Browzwear, digital design, production efficiency.

Введение

Современная спортивная одежда – это больше, чем просто покрытие для атлетической деятельности. Это высокотехнологичные продукты, требования к которым постоянно растут. Наряду с эстетической привлекательностью они должны обеспечивать максимальную свободу движений тела, поддерживать оптимальный микроклимат (прохождение и испарение пота), а также вызывать у спортсмена чувство психологической уверенности. Спортивная деятельность характеризуется интенсивными движениями, динамическими нагрузками и повторяющимися движениями, поэтому конструктивные решения одежды должны основываться не только на модных тенденциях, но и на точных эргономических расчетах, принципах материаловедения и биомеханики [1-3].

В последние годы в швейную промышленность прорвалась цифровая трансформация. В отличие от традиционных методов 2D-конструирования и дизайна на бумажной основе, технологии 3D-компьютерного проектирования (CAD) коренным образом изменили всю цепочку проектирования [4-6]. Эти технологии позволяют дизайнерам и инженерам создавать виртуальный прототип одежды, рассматривать его с разных сторон, работать с различными материалами и, самое главное, имитировать его поведение во время движения. Применение этих инноваций в

области спортивной одежды позволяет резко повысить качество дизайна, скорость производства и функциональность конечного продукта [7-10].

Цель данной статьи – проанализировать эффективность использования технологий 3D-моделирования в дизайне спортивной одежды, в частности, ее влияние на эргономические показатели и производственный процесс. Задачи исследования включают:

1. Определение основных возможностей 3D-технологий в дизайне спортивной одежды.
2. Рассмотреть методы эргономического анализа (распределение давления, свобода движения) и эстетической оценки на основе 3D-моделирования.
3. Сравнительный анализ основных различий между традиционным 2D-методом и современным 3D-методом.
4. Оценка влияния 3D-технологий на производственный цикл и экономическую эффективность.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на основе теоретических и практических методов. В теоретической части проанализированы современная литература, научные статьи и разработки по 3D-моделированию, цифровому дизайну, эргономике спортивной одежды и цифровизации производства [11-15].

В практической части были использованы следующие материалы и методы:

Программное обеспечение: В качестве основных практических инструментов исследования были выбраны передовые 3D CAD-программы, ставшие отраслевым стандартом, и изучены их возможности:

CLO 3D: широко используемая программа для дизайнера и визуализации одежды. Были изучены ее способности к виртуальному шитью, точному отображению физических свойств материалов и симуляции анимационных движений.

Browzwear V-Stitcher: Профессиональная программа, предназначенная для промышленного производства. Проанализированы возможности создания точных форм резания и технической документации.

Optitex: Программа оценивания возможности анализа деформационных и растягивающих свойств материалов на основе передовых физических моделей.

Объекты виртуального моделирования: В исследовании в виртуальной среде были созданы и проанализированы два типа моделей спортивной одежды – фитнес-набор (рубашка и шорты) и профессиональный беговой костюм.

Методы анализа:

Эргономический анализ. Используя программу "карта давления" (pressure map), определяется, как одежда влияет на различные части тела. Красный и желтый цвета указывают на зону высокого давления, а зеленый - на оптимальное положение. Также, придавая виртуальным манекенам различные степени движения (растяжение, изгиб, вращение), наблюдалась свобода движения и деформация материалов.

Визуально-эстетическая оценка. Для одной и той же модели были созданы различные варианты цвета, принта и материала, проанализировано их визуальное воздействие. Также было изучено влияние света под разными углами.

Сравнительный анализ. Одинаковая модель спортивной одежды была спроектирована как традиционным 2D, так и 3D-способом. Для обоих методов сравнивались время проектирования, расход материала, количество физических прототипов и точность полученных результатов.

Оценка экономической эффективности. В результате внедрения 3D-технологии сокращение производственного цикла, снижение потерь материалов и снижение затрат на переработку оценивались на основе количественных показателей.

Результаты и их обсуждение

Возможности эргономического анализа 3D-моделирования. Результаты исследования показали, что 3D-моделирование позволяет точно предсказать пригодность и комфортность спортивной одежды для тела. Например, зона избыточного давления на поясе беговых шорты, которую невозможно определить на основе традиционного 2D-рисунка, была четко видна с помощью 3D-карты давления (рис. 2). Это позволило внести изменения в дизайн и избежать неудобств для спортсмена. Также при моделировании было выявлено, что в области плеч и подмышек фитнес-рубашки, сшитой из эластичной ткани, при движении с широким поднятием руки возникает чрезмерное напряжение, и было рекомендовано использовать более прочный материал для этой зоны.

Таблица 1. Сравнительные показатели 2D и 3D-методов при проектировании фитнес-футболки.

Показатель	2D метод (традиционный)	3D метод (CLO 3D)
Цикл проектирования и прототипирования	12 дней	4 дня
Количество физических макетов из ткани	3 шт.	1 шт. (для финального утверждения)
Выявление проблем со свободой движения	На 2-м физическом макете	На первоначальной виртуальной модели
Просмотр вариантов цвета / принта	Ограниченный (на чертеже)	Неограниченный, в режиме реального времени

Оптимизация процесса проектирования. В процессе исследования выявлено влияние 3D технологий на этапы производства. Поскольку виртуальный прототип уникален, вся группа дизайнеров (дизайнер, конструктор, технолог, даже заказчик) может работать над одной и той

же моделью в режиме реального времени и делать отзывы. Эти соображения ускорили процесс обмена в несколько раз и уменьшили количество знакомств. В таблице 2 приведены общие показатели подготовки комплекта спортивной одежды к производству.

Таблица 2. Показатели процесса подготовки к производству комплекта спортивной одежды

Этап	Традиционный процесс (на основе 2D)	Цифровой процесс (на основе 3D)	Коэффициент ускорения
Дизайн и конструирование	7 дней	2 дня	3,5 раза
Изготовление и корректировка лекал	10 дней (3 физических образца)	3 дня (1 виртуальный + 1 финальный образец)	3,3 раза
Утверждение цвета и материалов	5 дней	1 день	5 раз
Общее время	22 дня	6 дней	3,7 раза

Снижение расхода материалов и стабильность. В 3D-моделировании формы резки оптимально размещаются на виртуальной ткани, что позволяет максимально использовать материал. Расход материала для анализируемого в рамках исследования фит-

нес-набора в 3D-методе снизился примерно на 15% по сравнению с традиционным методом. Это не только экономическая выгода, но и способствует экологической устойчивости за счет сокращения выбросов.



Рисунок 1. Спортивные костюмы, созданные в 3D.

Заклучение

Результаты проведенного исследования научно обосновали высокий уровень эффективности использования технологий 3D моделирования в процессе проектирования и производства спортивной одежды. Методы 3D-моделирования позволяют значительно повысить эргономические качества и функциональные показатели спортивной одежды, служат для выявления и устранения конструктивных недостатков до изготовления физического прототипа путем анализа в виртуальной среде таких важных параметров, как распределение давления, динамика движений и соответствие телу. Это повышает точность процесса проектирования и уменьшает ошибки, связанные с человеческим фактором.

В ходе исследования было установлено, что использование 3D CAD-программ, таких как CLO 3D, Browzwear, радикально оптимизирует процесс проектирования, сокращает сроки проектирования в среднем в 3-4 раза и значительно снижает затраты материальных и трудовых ресурсов. Возможности виртуальной визуализации позволяют дизайнеру и заказчику оперативно сравнивать различные цвета, материалы и конструктивные решения спортивной одежды, выбирать наиболее эстетически и функционально оптимальный вариант и надежно обосновывать решения.

Также практическое применение технологий 3D-моделирования показало, что это важный инструмент цифровизации производства, повышения экономической эффективности и обеспечения экологической устойчивости для предприятий, производящих спортивную одежду. Поэтому для предприятий, работающих в сфере производства спортивной одежды, целесообразно постепенно переходить на 3D-технологии CAD, переобучать сотрудников навыкам современного цифрового проектирования. Для дизайнеров и конструкторов необходимо постоянно внедрять работу на основе виртуального прототипирования, не ограничиваясь традиционными 2D-чертежами.

Результаты показывают, что широкое внедрение технологий 3D-моделирования в процесс подготовки специалистов в области швейного дела и дизайна в образовательных учреждениях послужит формированию конкурентоспособных кадров в будущем. Будущие научные исследования будут направлены на проектирование спортивной одежды на основе индивидуальных антропометрических параметров (технология Digital Twin), а также

моделирование интеллектуальных и функциональных материалов в 3D-среде и изучение их влияния на спортивные результаты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хакимжонов И. Ш. Использование отходов джинсовой ткани для создания новых швейных изделий, экологический и технологический подход. //Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. 2025. №4. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-4-195-200>
2. Хакимджанов, И. Ш., & Ташпулатов, С. Ш. Структура и функциональные свойства текстильных материалов, используемых в специальной одежде для защиты от высоких температур. *Universum: Технические науки*, 3(120). 2024
3. Хакимджанов, И. Ш. Анализ модельного проекта на основе опроса, проведенного с целью создания рабочей одежды для персонала металлообрабатывающего предприятия. 2023
4. Атаджанов, Р., Ташпулатов, С., Хакимджанов, И., Раджапова, М., Черунова, И., & Корабаев, Ш. (2024). Исследование и разработка специальной одежды для защиты от тепловых воздействий. /Материалы конференции AIP, 3304, 030027. <https://doi.org/10.1063/5.0269163>
5. Риззаметова, М., Ташпулатов, С., Содикова, Ф., & Матчанова, Г. Анализ гигроскопических свойств материалов, используемых при пошиве специальной одежды. /Материалы конференции AIP, 2789, 040039. (Труды Международной конференции «Проблемы текстильной и легкой промышленности в условиях интеграции науки и производства и пути их решения», Ташкент, Узбекистан). 2023
6. Хакимжонов И. Эргономические и дизайнерские подходы к кожевенным и текстильным материалам, используемым в интерьере автомобиля. //Наука и инновации в текстильной и модной промышленности No 4/2025. -С. 24-30. www.namdtu.uz
7. Acar, Eda & Guner, Mucella. (2025). RESEARCH ON PROBLEMS AND CONSUMER EXPECTATIONS IN SPORTSWEAR PRODUCTS. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*. 13. 08-14. 10.29121/granthaalayah.v13.i11. 2025.6426.
8. Kushwah, Namrata & Sharma, Bhawana & Babel, Rupal & Jangir, Aarti. (2026). Advanced Technologies in Sportswear and Performance Textiles: A Comprehensive Review. 9. 468-476. 10.9734/jmsrr/2026/v9i2491.
9. Cheng, Pengpeng & Chen, Daoling. (2025). Investigation of the impact of comfort perception on the overall comfort of tight-fitting sportswear. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 20. 10.1177/15589250251356622.
10. S, Ms & S, Dr & N, Ms & P, Ms & R, Ms & M, Ms & R, Ms. (2026). Smart 3D Virtual Try-On System with Personalized AI Fashion Stylist.

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT. 10. 1-9. 10.55041/IJSREM61114.

11. Lin, Xiaozhu. (2026). Integrating 3D and AI Fashion Technologies: University–Company Synergies in Shaping Future-Ready Professionals. *The International Journal of Design Education*. 10.18848/2325-128X/CGP/A316.

12. Singh, Dr. (2025). Revolutionizing Fashion: The Role of 3D Technology in Sustainable and Customized Apparel Design. *International Scientific Journal of Engineering and Management*. 04. 1-9. 10.55041/ISJEM04954.

13. Yang, Jia & Chan, Chee & Luximon, Ameersing. (2014). A SURVEY ON 3D HUMAN BODY MODELING FOR INTERACTIVE FASHION DESIGN. *International Journal of Image and Graphics*. 13. 10.1142/S0219467813500216.

14. Ходжаева, К & Rasulova, Mastura & Rajapova, M. & Ташпулатов, Салих. (2026). ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ТЕРМОЗАЩИТНЫХ ПАКЕТОВ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ.

15. Tyurin, Igor & Ташпулатов, Салих. (2025). Научные основы цифрового проектирования и изготовления одежды на основе принципов ресурсосбережения.

REFERENCES

1. Khakimzhonov I. Sh. Ispol'zovanie otkhodov dzhinsovoy tkani dlya sozdaniya novykh shveynykh izdeliy, ekologicheskii i tekhnologicheskii podkhod [Use of denim fabric waste for creating new garments: ecological and technological approach] // *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2025. – № 4. DOI: 10.48184/2304-568X-2025-4-195-200. (in Russian)

2. Khakimdzhanov I. Sh., Tashpulatov S. Sh. Struktura i funktsional'nye svoystva tekstil'nykh materialov, ispol'zuemykh v spetsial'noy odezhde dlya zashchity ot vysokikh temperatur [Structure and functional properties of textile materials used in protective clothing against high temperatures] // *Universum: Tekhnicheskie nauki*. – 2024. – № 3(120). (in Russian)

3. Khakimdzhanov I. Sh. Analiz model'nogo proekta na osnove oprosa, provedennogo s tsel'yu sozdaniya rabochey odezhdy dlya personala metalloobrabatyvayushchego predpriyatiya [Analysis of a model project based on a survey conducted for creating workwear for metalworking enterprise personnel]. – 2023. (in Russian)

4. Atadzhanov R., Tashpulatov S., Khakimdzhanov I., Radzhapova M., Cherunova I., Korabaev Sh. Issledovanie i razrabotka spetsial'noy odezhdy dlya zashchity ot teplovykh vozdeystviy [Research and development of special clothing for protection against thermal effects] // *AIP Conference Proceedings*. – 2024. – Vol. 3304. – P. 030027. DOI: 10.1063/5.0269163. (in Russian)

5. Rizzametova M., Tashpulatov S., Sodikova F., Matchanova G. Analiz gigroskopicheskikh svoystv materialov, ispol'zuemykh pri poshivе spetsial'noy odezhdy [Analysis of hygroscopic properties of materials used in manufacturing special clothing] // *AIP Conference Proceedings*. – 2023. – Vol. 2789. – P. 040039. (in Russian)

6. Khakimzhonov I. Ergonomicheskie i dizaynerskie podkhody k kozhevnyim i tekstil'nyim materialam, ispol'zuemym v inter'ere avtomobilya [Ergonomic and design approaches to leather and textile materials used in automobile interiors] // *Nauka i innovatsii v tekstil'noy i modnoy promyshlennosti*. – 2025. – № 4. – S. 24–30. (in Russian)

7. Acar E., Guner M. Research on Problems and Consumer Expectations in Sportswear Products // *International Journal of Research – Granthaalayah*. – 2025. – Vol. 13. – P. 8–14. DOI: 10.29121/granthaalayah.v13.i11.2025.6426.

8. Kushwah N., Sharma B., Babel R., Jangir A. Advanced Technologies in Sportswear and Performance Textiles: A Comprehensive Review // *Journal of Materials Science Research and Reviews*. – 2026. – Vol. 9. – P. 468–476. DOI: 10.9734/jmsrr/2026/v9i2491.

9. Cheng P., Chen D. Investigation of the Impact of Comfort Perception on the Overall Comfort of Tight-Fitting Sportswear // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2025. – Vol. 20. DOI: 10.1177/15589250251356622.

10. S. Ms, S. Dr, N. Ms, P. Ms, R. Ms, M. Ms, R. Ms. Smart 3D Virtual Try-On System with Personalized AI Fashion Stylist // *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. – 2026. – Vol. 10. – P. 1–9. DOI: 10.55041/IJSREM61114.

11. Lin X. Integrating 3D and AI Fashion Technologies: University–Company Synergies in Shaping Future-Ready Professionals // *The International Journal of Design Education*. – 2026. DOI: 10.18848/2325-128X/CGP/A316.

12. Singh Dr. Revolutionizing Fashion: The Role of 3D Technology in Sustainable and Customized Apparel Design // *International Scientific Journal of Engineering and Management*. – 2025. – Vol. 4. – P. 1–9. DOI: 10.55041/ISJEM04954.

13. Yang J., Chan C., Luximon A. A Survey on 3D Human Body Modeling for Interactive Fashion Design // *International Journal of Image and Graphics*. – 2014. – Vol. 13. DOI: 10.1142/S0219467813500216.

14. Khodzhaeva K., Rasulova M., Rajapova M., Tashpulatov S. Innovatsionnye podkhody k formirovaniyu termozashchitnykh paketov odezhdy dlya pozharnykh [Innovative approaches to the formation of thermal protective clothing packages for firefighters]. – 2026. (in Russian)

15. Tyurin I., Tashpulatov S. Nauchnye osnovy tsifrovogo projektirovaniya i izgotovleniya odezhdy na osnove printsipov resursosberezheniya [Scientific foundations of digital design and garment manufacturing based on resource-saving principles]. – 2025. (in Russian)

ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ГИДРОФОБТЫ ЖӘНЕ ОЛЕОФИЛЬДІ ҚАСИЕТТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

А.Б. ДАУКЕНОВА* , И.М. ДЖУРИНСКАЯ 

(Алматы Технологиялық Университеті, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би к-сі, 100)

Автор – корреспонденттің электрондық поштасы: aidana_-2000@mail.ru*

Зерттеу тақырыбы мақта және аралас маталар негізінде гидрофобты және олеофильді текстиль материалдарын жасауға бағытталған. Жұмыстың негізгі мақсаты – текстиль талшықтарын гидрофобтылығы мен олеофильділігін арттыру үшін химиялық модификациялаудың тиімді әдісін әзірлеу, бұл суды мұнай ластануынан тазарту кезінде қолданыстағы текстиль материалдарының жеткіліксіз сорбциялық қабілеті мен шектеулі функционалдығы мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Зерттеу барысында материалдардың гидрофобтылығы мен олеофильділігін басқаруға мүмкіндік беретін натрий силикаты және калий метилсиликонатпен маталарды өңдеу әдістері зерттелді. Жұмыстың ғылыми маңыздылығы текстиль талшықтарының беткі қасиеттерін мақсатты түрде өзгерту мүмкіндігі және химиялық модификацияның сорбциялық сипаттамаларға әсері туралы білімді кеңейту болып табылады. Практикалық маңыздылығы суды мұнай ластануынан тазартуға және экологиялық таза сорбенттер жасауға жарамды функционалды текстиль материалдарын жасауда көрінеді. Зерттеу әдістемесінде маталарды химиялық өңдеуді, су мен майды итеру қабілеті, олардың ылғалға сіңуі және беттік сулануға төзімділік қасиеттері және мұнай өнімдерін сіңіру қабілеті бағаланды. Негізгі нәтижелер текстиль бұйымдарын өңдеу оның гидрофобтылығы мен олеофильділігін айтарлықтай арттыратынын көрсетті, ал мақта маталары ең жоғары тиімділікті көрсетеді. Модификатордың концентрациясы мен материалдың сорбциялық қасиеттері арасында байланыс орнатылған. Алынған нәтижелер модификация процесінің басқарылуын растайды және әзірленген материалдарды өнеркәсіпте қолдануға мүмкіндік береді. Жұмыстың қосқан үлесі экология мен өнеркәсіп үшін маңызы бар реттелетін қасиеттері бар функционалды текстиль сорбенттерін алудың жаңа әдісін жасау болып табылады.

Негізгі сөздер: текстиль материалы, калий метилсиликонаты, лимон қышқылы, натрий силикаты, гидрофобтылық, олеофильділік, пенетрометр.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОФОБНЫХ И ОЛЕОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.Б. ДАУКЕНОВА*, И.М. ДЖУРИНСКАЯ

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Төле би 100)

Электронная почта автора - корреспондента: aidana_-2000@mail.ru*

Тема исследования направлена на создание гидрофобных и олеофильных текстильных материалов на основе хлопчатобумажных и смешанных тканей. Основная цель работы - разработка эффективного метода химической модификации текстильных волокон для повышения их гидрофобности и олеофильности, что позволит решить проблему недостаточной сорбционной способности и ограниченной функциональности существующих текстильных материалов при очистке воды от нефтяного загрязнения. В ходе исследования были изучены методы обработки тканей силикатом натрия и метилсиликонатом калия, которые позволяют контролировать гидрофобность и олеофильность материалов. Научная значимость работы заключается в расширении знаний о возможности целенаправленного изменения поверхностных свойств текстильных волокон и влиянии химических модификаций на сорбционные характеристики. Практическая значимость выражается в создании функциональных текстильных материалов, пригодных для очистки воды от нефтяного загрязнения и создания экологически чистых сорбентов. Методология исследования оценивала химическую обработку тканей, способность отталкивать воду и масло, их влагопоглощающие и поверхностно-влагостойкие свойства, а также

способность поглощать нефтепродукты. Основные результаты показали, что обработка текстильных изделий значительно повышает ее гидрофобность и олеофильность, тогда как хлопчатобумажные ткани демонстрируют наибольшую эффективность. Установлена связь между концентрацией модификатора и сорбционными свойствами материала. Полученные результаты подтверждают управляемость процесса модификации и позволяют применять разработанные материалы в промышленности. Вклад работы заключается в разработке нового метода получения функциональных текстильных сорбентов с регулируемыми свойствами, имеющих значение для экологии и промышленности.

Ключевые слова: текстильный материал, метилсиликонат калия, лимонная кислота, силикат натрия, гидрофобность, олеофильность, пенетрометр.

INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGY FOR FORMING HYDROPHOBIC AND OLEOPHILIC PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS

A.B. DAUKENOVA*, I.M. JURINSKAYA

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi st., 100)

Corresponding author's e-mail: aidana_-_2000@mail.ru*

The research topic is aimed at creating hydrophobic and oleophilic textile materials based on cotton and mixed fabrics. The main goal of the work is to develop an effective method of chemical modification of textile fibers to increase their hydrophobicity and oleophilicity, which will solve the problem of insufficient sorption capacity and limited functionality of existing textile materials when treating water from oil pollution. In the course of the study, methods for processing fabrics with sodium silicate and potassium methylsiliconate were studied, which made it possible to control the hydrophobicity and oleophilicity of materials. The scientific significance of the work is to expand knowledge about the possibility of purposefully changing the surface properties of textile fibers and the effect of chemical modification on sorption characteristics. Practical importance is manifested in the creation of functional textile materials suitable for water purification from oil pollution and the creation of environmentally friendly sorbents. The research methodology evaluated the chemical treatment of fabrics, the ability to push water and oil, their moisture absorption and surface wetting resistance properties and the ability to absorb petroleum products. The main results showed that the processing of textile products significantly increases its hydrophobicity and oleophilicity, and cotton fabrics show the highest efficiency. A relationship is established between the concentration of the modifier and the sorption properties of the material. The results obtained confirm the controllability of the modification process and allow the developed materials to be used in industry. The contribution of the work is the development of a new method for obtaining functional textile sorbents with regulated properties that are important for ecology and industry.

Keywords: textile material, potassium methyl silicate, citric acid, sodium silicate, hydrophobicity, oleophilicity, penetrometer.

Kіpіcne

XXI ғасырда өнеркәсіптің қарқынды дамуы, урбанизацияның күшеюі және табиғи ресурстарды белсенді пайдалану қоршаған ортаға түсетін антропогендік жүктеменің артуына алып келді. Әсіресе мұнай-газ саласының кеңеюі нәтижесінде мұнай және мұнай өнімдерімен байланысты экологиялық тәуекелдер айтарлықтай өсті. Мұнайдың өндірілуі, тасымалдануы, сақталуы және қайта өңделуі барысында орын алатын апаттар мен технологиялық ақаулар су объектілерінің ластануына себеп болып, су экожүйелерінің табиғи қалпын бұзады. Мұндай ластану ұзақ уақыт бойы сақталып, гидробионттардың

тіршілігіне, су сапасына және адам денсаулығына теріс әсер етеді.

Осыған байланысты соңғы жылдары мұнай өнімдерін судан тазарту үшін сорбциялық әдістерге ерекше назар аударылуда. Сорбциялық материалдар қарапайым қолданылуымен, жоғары тиімділігімен және локальды тазалау мүмкіндігімен ерекшеленеді. Дегенмен қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын синтетикалық сорбенттер (полипропилен, полиуретан, полистирол негізіндегі материалдар) экологиялық тұрғыдан қауіпсіз емес, биологиялық ыдырауға бейім емес және оларды утилизациялау қосымша экологиялық мәселе туындатады. Бұл жағдай табиғи, жаңартылатын және экологиялық таза шикізатқа негізделген

баламалы сорбенттерді әзірлеудің маңыздылығын арттырады.

Осыған байланысты ғылыми қауымдас-тық алдында гидрофобты және олеофильді текстиль материалдарын алу үшін қарапайым, энергия үнемдейтін, қауіпсіз және экологиялық талаптарға сай технологияларды әзірлеу мәселесі туындап отыр. Әсіресе алынған материалдардың эксплуатациялық қасиеттерін, көп рет қолдану мүмкіндігін, жууға төзімділігін және қоршаған орта мен адам денсаулығы үшін қауіпсіздігін кешенді түрде бағалау қажеттілігі айқындалуда. Бұл аспектілерді ескермей жасалған материалдар практикалық қолдану тұрғысынан шектеулі болады.

Осылайша, мұнай өнімдерімен ластанған суды тазарту саласында экологиялық таза, тиімді және қауіпсіз сорбциялық материалдарға деген сұраныс, сондай-ақ целлюлозалық текстиль материалдарының табиғи кемшіліктерін жою қажеттілігі зерттеу проблемасының қалыптасуына негіз болды. Аталған проблеманы шешу гидрофобты және олеофильді қасиеттері бар жаңа буын текстиль материалдарын әзірлеуді, олардың құрылымдық, функционалдық және қауіпсіздік сипаттамаларын жан-жақты зерттеуді талап етеді. Бұл өз кезегінде экологиялық қауіпсіз технологияларды дамытуға және су ресурстарын қорғау мәселелерін шешуге маңызды үлес қоса алады [1].

Зерттеу жұмысының мақсаты - мұнай және мұнай өнімдерімен ластанған ортаны тазартуға арналған, жоғары тиімді арнайы қасиеттері бар текстиль материалдарын әзірлеу, оларды алу технологиясын ғылыми негіздеу және алынған материалдардың физика-механикалық, сорбциялық қасиеттерін, пайдалану тиімділігі мен қауіпсіздігін кешенді түрде бағалау.

Зерттеу нысаны - целлюлоза талшықтарына негізделген текстиль материалдары (мақта және аралас маталар).

Зерттеу жұмысының мақсатына жету барысында қойылған міндеттері:

- текстиль материалдарының функционалды модификациясы бойынша зерттеулердің қазіргі жағдайын талдау;

- химиялық реагенттерді және маталарды өңдеу режимдерін таңдаудың негіздемесі;

- өңдеу жағдайларының текстиль материалдарының физика-химиялық және сорбциялық қасиеттеріне әсерін зерттеу;

- мұнай өнімдерін сорбциялаудағы модификацияланған материалдардың тиімділігін бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу материалдары ретінде 1030 мақта матасы және 81421 premier standard 250 аралас мата (65% полиэстер, 35% мақта) таңдалды. Химиялық модификация үшін талшықтардың бетінде гидрофобты және олеофильді қабаттың пайда болуын қамтамасыз ететін натрий силикаты (Na_2SiO_3), лимон қышқылы ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) және калий метилсиликонаты (CH_3KOSi) пайдаланылды.

Натрий силикаты - сұйық шыны деп те аталатын бейорганикалық натрий тұзы. Компонент жоғары тұтқыр, гидроокшаулағыш, антисептикалық, отқа төзімді және қорғаныс қасиеттеріне ие. Ол химия өнеркәсібінде, құрылыста және беріктігін, отқа төзімділігі мен суға төзімділігін арттыру үшін материалдарды өңдеуде кеңінен қолданылады.

Лимон қышқылы - оксикарбон қышқылдары класындағы органикалық химиялық қосылыс. Бұл суда және спирттерде жақсы еритін түссіз немесе ақ кристалдар, әлсіз үш негізді қышқылдарға жатады. Химиялық процестерде лимон қышқылы қышқылдық және комплексті қасиеттерді көрсетеді, металл иондарын байланыстыра алады. Бұл оның рН-ны реттеуге, ерітінділерді тұрақтандыруға және әртүрлі материалдарды өзгерту реакцияларында қолданылуына әкеледі.

Калий метилсиликонаты - метилсиликон қышқылының калий тұзы болып табылатын органосиликон қосылысы. Зат суда жақсы ериді және сілтілі ерітінділер түзеді. Калий метилсиликонаты айқын гидрофобты қасиеттерге ие және материалдардың бетімен әрекеттескенде ылғалдану мен суды сіңіруді төмендететін жұқа силикон пленкасын түзе алады. Целлюлоза мен минералды беттердің гидроксил топтарымен химиялық байланысу қабілетінің арқасында ол тоқыма материалдарына су мен майға қарсы қасиеттер беру үшін кеңінен қолданылады.

Зерттеу процесі келесі қадамдарды қамтыды: үлгілерді дайындау, оларды химиялық реагенттермен өңдеу, содан кейін жоғары температурада кептіру және бекіту. Содан кейін маталардың су мен майды итеру қабілеті, олардың ылғалға сіңуі және беттік сулануға төзімділік қасиеттері және мұнай өнімдерін сіңіру қабілеті бағаланды.

Суға төзімділікті анықтау үшін судың қысымын өлшейтін МТ-158 пенетрометрі қолданылды. Гигроскопиялық МЕМСТ 3816-81 сәйкес бағаланды, беттік сулануға төзімділік МЕМСТ 30292-96 бойынша МТ – 032

құрылғысына шашырау әдісімен, ал адсорбциялық белсенділік МЕМСТ 33627-2015 бойынша бағаланды.

Алынған нәтижелерді талдау реагенттердің құрамы мен өңдеу жағдайлары маталардың қасиеттеріне қалай әсер ететінін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл бастапқы гипотезаны растады және мұнай өнімдерін судан шығару үшін ең қолайлы материалдарды анықтауға көмектесті.

Әдебиеттерге шолу

Бірқатар зерттеулер текстиль бетін нанобөлшектер мен силан қосылыстарымен наномодификациялаудың тиімді әдістерінің бірі екенін көрсетті. Zhang L., Zhong Y., Wang P. ғалымдары мұнай мен суды бөлудің жоғары тиімділігін қамтамасыз ететін мақта маталарына супергидрофобты жабын жағу үшін золь-гель әдісін қолданды [2]. Дегенмен, органикалық еріткіштерді пайдалану және көп сатылы өңдеу технологияның экологиялық қауіпсіздігі мен өнеркәсіптік ауқымын шектейді. Сол сияқты, Mohamed & Abd-El-Nabeu жууға және механикалық жүктемелерге төзімділікті арттыратын күміс нанобөлшектері бар тұрақты гидрофобты тіндерді жасау мүмкіндігін көрсетті, бірақ әдіс сонымен қатар улы реагенттерді және күрделі химиялық өңдеуді қажет етеді [3].

Бұл зерттеуде экологиялық жоғары басымдыққа ие болды, мұнда су дисперсиясына негізделген өзін-өзі ұйымдастыратын супергидрофобты жабындар қолданылды. Бұл тәсіл органикалық еріткіштерді пайдалануды азайтады және өндіріс құнын төмендетеді, дегенмен материалдар механикалық зақымға жоғары сезімталдықты көрсетеді [4]. Қытай ғалымдары мақтаны модификациялау әдістеріне шолу жасай отырып, қазіргі заманғы тәсілдердің көпшілігі мұнайды судан тиімді бөлуге мүмкіндік беретінін, бірақ беріктігі мен тұрақтылығы шектеулі болып қалатынын атап өтті [5].

Сонымен қатар, бірқатар жұмыстар өзін-өзі тазартатын жабындарға және ұзақ уақыт жұмыс істеген кезде гидрофобты қасиеттерді сақтауға қабілетті функционалды текстиль материалдарына назар аударады. Тиімділігіне қарамастан, бұл материалдардың көпшілігі механикалық зақымға сезімтал, сонымен қатар қолданылатын химиялық қосылыстардың экологиялық аспектісін толық ескермейді [6].

Coatings журналындағы мақалада полиуретанды губканы редуцирленген графен оксидімен, $MgFe_2O_4$ магниттік нанобөлшек-

терімен және силикон майымен модификациялау арқылы супергидрофобты және магнитпен басқарылатын сорбент алу әдісі ұсынылған. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, модификацияланған губка 16–45 г/г аралығында май және органикалық сұйықтықтарды сіңіреді, жанасу бұрышы 150° -тан жоғары, яғни айқын супергидрофобтық көрсетеді. Материалдың суперолеофильдік қасиеті мұнай өнімдерін толық және тез сіңіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар губка 20 циклдан астам қайта қолданылғанда да тиімділігін жоғалтпайды және магниттік қасиеттердің арқасында су бетіне төгілген ластануды оңай жинауға болады. Бұл қасиеттер материалды практикалық қолдануға өте қолайлы етеді [7].

Бұл жұмыста ғалымдар $Vtmeos@fabric$ гидрофобты матаны қалыпты температура мен қысымға батырудың қарапайым әдісімен жасады. VTMEOS-ты (винилтрис (2-метоксиэтокси) силан) мақта матасының бетіне тікелей жағу үшін алдымен золь-гель реакциясын қолдана отырып, teos көмегімен кремний диоксиді гидрозолын синтездеді. Модификация матаның беткі энергиясын төмендетіп, микро-нано құрылымды қалыптастырды [8].

Зерттеуде фитин қышқылы мен металл иондарының кешендері негізінде құрылым қалыптастырып, кейін полидиметилсилоксанмен модификациялау арқылы супергидрофобты беттер алудың қарапайым стратегиясы ұсынылған. Әдіс әмбебап болып табылады және тек мақта матасына ғана емес, сонымен қатар сүзгі қағазына, полиэтилентерефталат (ПЭТ) матасына және губкаға қолдануға болады. Ag^+ , Fe^{3+} , Ce^{3+} , Zr^{4+} және Sn^{4+} иондары супергидрофобты жабындарды қалыптастыруда жоғары тиімділік көрсеткен. Фитин қышқылы ультракүлгін сәулеге, жоғары температураға, органикалық еріткіштерге және механикалық тозуға төзімділігімен ерекшеленеді. Алынған супергидрофобты/ суперолеофильді мата май мен суды бөлу кезінде 99,5 %-ға дейін жоғары тиімділік көрсетті. Жалпы алғанда, ұсынылған тәсіл экологиялық қауіпсіз, экономикалық тиімді және масштабтауға оңай болғандықтан, су ортасын тазарту саласында практикалық қолдануға үлкен әлеуетке ие [9].

Осы зерттеуде супергидрофобтық және суперолеофильді меламиналық губкаларды сумұнай қоспаларын бөлу үшін қарапайым және практикалық әдіс көрсетілді. Ол үшін алдымен гидрофильді SiO_2 нанобөлшектерін гексаметилдисилазан (HMDS) силандық қосылысы арқылы модификациялау арқылы гидрофобтық

нанобөлшектер алынды. SiO₂ нанобөлшектерін модификациялауға эксперименттік айнымалылардың әсерін оңтайландыру үшін Бокс-Бенкин жоспарына (BBD) негізделген әдіс (RSM) қолданылды. Содан кейін су негізіндегі акрилді шайырды байланыстырғыш ретінде пайдаланып, оны меламинадік губканың барлық бетіне жағып, акрилді шайырға SiO₂ нанобөлшектерін шашу арқылы гидрофобтық қабат жасалды [10].

Sankaranarayanan және бірлескен авторлар (2021) Sustainable Materials and Technologies журналында жарияланған шолуда биокөміртектерді мұнай мен суды бөлуге арналған перспективалы және төзімді сорбенттер ретінде қарастырды. Олар өсімдік биомассасынан және агроөнеркәсіптік қалдықтардан алынған биокөміртектердің кеуектілігі жоғары және мұнай ластаушы заттардың тиімді адсорбциясын қамтамасыз ететін үлкен меншікті беті бар екенін атап өтті. Сонымен қатар, олар биокөміртектердің әртүрлі формаларын — биокөмірді, белсендірілген көміртекті, талшықтарды және аэрогельдерді қарастырды және олардың қайта пайдалану, төмен құны және экологиялық қауіпсіздік әлеуетін көрсетті. Осылайша, жұмыс биокөміртектердің су объектілерін мұнай ластануынан тазартуда практикалық қолдану үшін тұрақты және қол жетімді сорбенттердің перспективалы класы екенін растайды [11].

Бұл зерттеу мақта матасында гидрофобты жабынды жасау үшін күміс нанобөлшектерді (AgNPs) және мономерасканирлеуші электронды микроскоптың, 3-(триметоксисил)пропил метакрилатты (TMSPM) фторсыз силанды пайдалана отырып, батыру әдісімен жабудың қарапайым және ыңғайлы екі сатылы әдісін әзірлеуге арналған. Ылғалға қарсы қасиеттері, бетінің морфологиясы, химиялық құрамы және мақта матасының модификацияға дейінгі және кейінгі функционалдығы сәйкесінше ылғалдандырудың шеткі бұрышын өлшеу, (сканерлейтін электронды микроскопия), энергетикалық дисперсиялық рентгендік талдау (EDX) және ИҚ-Фурье спектроскопиясы арқылы жақсы зерттелген. Алынған мақта мата рН деңгейі әртүрлі ерітінділерге төзімді. Ылғалданудың шеткі бұрышының мәндері (сумен суланудың шеткі бұрышы 148,3 ± 2° және маймен суланудың шеткі бұрышы 0°) өзгертілген мақтаның маңызды гидрофобты/олеофильді қасиеттерге ие екендігін көрсетеді [12].

Бұл жұмыста тұрақты гидрофобты және олеофильді макрокеуекті Fe–Cu пленкалары электро тұндыруды коллоидты литография әдісімен біріктіретін қарапайым, арзан және экологиялық таза екі сатылы процедура арқылы жасалған. Алынған жалған реттелген торларға элементтік, морфологиялық және құрылымдық сипаттама, сондай-ақ пленканың екі түрлі құрамы үшін ылғалдандырудың шеткі бұрышын өлшеу арқылы сулануды бағалау жүргізілді. Ылғалдандырудың шеткі бұрышының өлшенген мәндері шамамен 109,0-ден 155,1° - қа дейін (беттің кез-келген функционалдығы жоқ), ал супергидрофобты үлгілерде ылғалдандырудың шеткі бұрышының гистерезисі төмен. Пленкалардың гидрофобты қасиеттерінің жоғарылауы беттің кедір-бұдырының жоғарылауымен жақсы байланысты, ал құрамдағы айырмашылықтар екінші роль атқарады [13].

Тиімді мақсатта әртүрлі майларды бөлу және өңдеу мәселелерін шешу үшін биомиметикалық супергидрофобты маталарды алу үшін бір сатылы батыру жабыны әдісі қолданылды. Көміртекті микросфералар (CMS) және кеңейтілетін графит (EG) мақта маталарының бетіне полидиметилсилоксан (PDMS) көмегімен жағылды. Мұндай маталарда статикалық сумен жанасу бұрышы (WCA) сәйкесінше 153,5° және судың сырғанау бұрышы (WSA) 8° болды. Мұндай өзгертілген маталар өзін-өзі тазартудың керемет қабілетіне ие болды. Мұнай мен суды бөлудің бірнеше циклынан кейін де C-EG-P@Cotton бөлінудің жоғары жылдамдығы мен тиімділігін сақтап қалды. Сонымен қатар, модификацияланған мақта маталарының температурасы 1000 Вт/м² Жарық қарқындылығында 70 °C-қа дейін тез көтеріліп, тұтқырлығы жоғары шикі мұнайды тез сіңіруге мүмкіндік берді. Сонымен қатар, C-EG-P@Cotton тамаша отқа төзімділікке, механикалық тұрақтылыққа, химиялық төзімділікке және ауа райына төзімділікке ие болды [14].

Зерттеуде судың липидтермен және бояғыш заттармен ластану мәселесін қарастырады және май сіңіргіштігі жоғары гидрофобты және олеофильді аэрогельдерді (CNF-Xs) алу үшін целлюлоза нанофибрине (CNV) негізделген тәсілді ұсынады. Модификатор ретінде метилтриметоксисилан (MTMS) төмен дозада қолданылады, ал аэрогельдер экологиялық таза, үнемді және технологияның қарапайымдылығын қамтамасыз ететін мұздату, кептіру әдісімен алынады.

CNF-XS аэрогелі кеуекті торлы архитектурасы бар үш өлшемді торлы құрылымға ие, тығыздығы өте төмен (0,08 г / см³) және икемділігі жоғары, деформация кезінде тұрақтылықты 80% дейін сақтайды. Сумен сулану бұрышы 133°-қа жетеді, бұл тиімді гидрофобтылықты растайды, ал әр түрлі майлар мен тағамдық майларға адсорбция қабілеті 17,82-39,41 г/г құрайды. май мен суды бөлу тиімділігі 10 циклден кейін де 98% - дан асады.

Жұмыстың жаңалығы гидрофобты аэрогельдерді алудың неғұрлым күрделі және қымбат әдістерінен ерекшеленетін модификатор мен шикізаттың төмен шығындарымен жоғары май сіңіру қабілеті мен механикалық беріктіктің үйлесімінде жатыр [15].

Қытай ғалымдары кез-келген ауа-райына төзімді өзін-өзі емдейтін супергидрофобты қабаты бар және өзін-өзі тазартудың фотокалитикалық қасиеттері бар көп функциялы маталарды құрды, олар Tiп және TiO₂-ді микроеріген полипирролды/мақта маталарына қолданды. Нәтижелер көрсеткендей, өзгертілген маталар тіпті қатал жағдайларда да супергидрофобты қасиетті сақтайды (сумен сулану бұрышы (WCA) 160,0° дейін, судың сырғанау бұрышы (WSA) 3,9° дейін), сонымен қатар абразияға төзімділік пен тұрақтылыққа ие. Маталарды иондық маринадтау арқылы супергидрофобтылығын жоғалтқаннан кейін де, супергидрофобтылықты фототермиялық немесе электротермиялық өңдеу арқылы 13 минут ішінде тез қалпына келтіруге болады.

Сонымен қатар, алынған көпфункционалды маталардың гидрофобты және олеофильді қасиеттері, сондай-ақ май мен суды бөлудің жоғары тиімділігі бар (98,8 %). Маймен ластанғаннан кейін тамшы температурасы матаның фотокалитикалық қасиеттеріне байланысты 135,0° - тан 160,0° - қа дейін төмендейді. Сонымен қатар, маталар керемет мұздан қорғайтын қасиеттерге ие. Бұл зерттеу барлық маусымдық өзін-өзі емдейтін қасиеттері бар супергидрофобты маталардың қызмет ету мерзімін ұзартудың жаңа мүмкіндіктерін ашады [16].

Нәтижелер және оларды талқылау

200 × 200 мм өлшемді маталардың үлгілері аналитикалық таразылардағы нақты массаны анықтағаннан кейін химиялық заттардың ерітіндісімен сіңдірілді, содан кейін зертханалық екі білікті плюсовкада 90% сығу процесі болды, ал кептіру ине жақтауларында жылу реттегішпен термошкафта жүргізілді. Содан кейін 150°C температурада 1 минут термоөңдеу процесі іске асты. Кептіруден және термоөңдеуден кейін үлгілер тазартылған суда жуылды, содан кейін бөлме температурасында кептірілді.

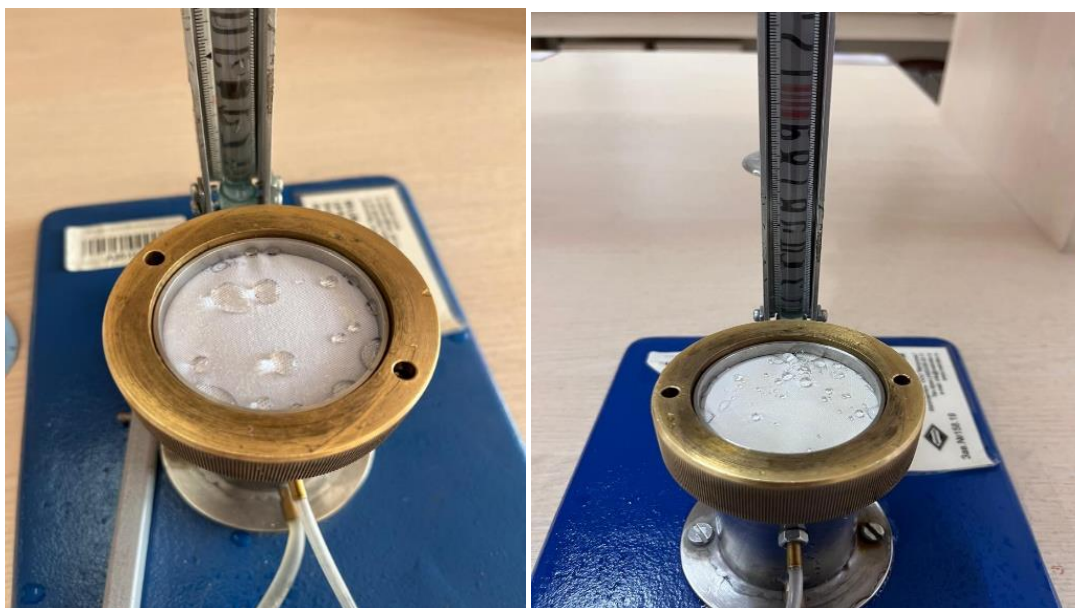
Үлгілерді сынау сынақ үлгісі үшін қажетті су қысымын қамтамасыз ететін МТ-158 пенетрометрі құрылғысында жүргізілді. Текстиль материалдарының суға төзімділігін анықтау әдісі МЕМСТ 3816-81 сәйкес, беттік сулауға тұрақтылығын анықтау әдісі МЕМСТ 30292 – 96 сәйкес жүргізілді (кесте 1).

Кесте 1. Мақта матасы мен аралас матаның гидрофобты (су өткізбейтін) қасиеттерін анықтау

Көрсеткіштің атауы	Мағынасы							
	өңделмеген мақта матасы	өңделген мақта матасы			өңделмеген premier standard 250 аралас матасы	өңделген premier standard 250 аралас матасы		
		30 мл	40 мл	50 мл		30 мл	40 мл	50 мл
Маталардың беттік сулануға төзімділік қасиеттерін анықтау, %	0 %	60 %	70 %	90 %	50 %	100 %	100 %	100 %
Пенетрометр құрылғысымен суға төзімділікті анықтау	0 мм су бағанасы	90 мм су бағ.	100 мм су бағ.	110 мм су бағ.	20 мм су бағ.	230 мм су бағ.	240 мм су бағ.	260 мм су бағ.

Мақта мен аралас маталардың гидрофобты қасиеттерін зерттеу нәтижелері өңделмеген мақта матаның су өткізбейтін қасиеттерін көрсетпейтінін көрсетеді, ал химиялық өндеуден кейін беттік сулануға төзімділік 60-90%-ға дейін артады және суға төзімділік 90-110 мм су бағанына жетеді. Бастапқы күйіндегі аралас мата полиэфир талшықтарының болуына байланысты суға

төзімділіктің жоғары көрсеткіштерімен сипатталады. Модификациядан кейін бұл материал гидрофобтылықтың максималды мәндерін (100%) және су бағанының 230-260 мм дейінгі су қысымына төзімділігін көрсетеді. Нәтижелер тандалған өндеу әдісінің тиімділігін көрсетеді және текстиль материалдарының гидрофобты қасиеттерін мақсатты түрде қалыптастыру мүмкіндігін растайды (сурет 1, 2).



а

б

а – өңделген мақта матасы, б – өңделген аралас мата

Сурет 1. Пенетрометрде өңделген материалдардың гидрофобтылығының көрсеткіштері



а

б

а – өңделген мақта матасы, б – өңделген аралас мата

Сурет 2. Өңделген маталардың беттік сулануға төзімділік қасиеттерінің көрсеткіштері

Өңделген үлгілерде су бетіне жайылмай тұрақты тамшылар түзеді, бұл айқын гидрофобты қасиеттерді көрсетеді. Сонымен қатар, өңделмеген маталарда су материалға тез сіңіп, олардың жоғары гидрофильділігін көрсетеді. Бұл айырмашылықтар модификацияланған текстиль материалдарының бетінде

біркелкі гидрофобты қабаттың пайда болуын растайды.

Маталардың олеофильді қасиеттері МЕМСТ 33627 - 2015 сәйкес адсорбцияланатын зат ретінде мұнай өнімін қолдану арқылы анықталды (сурет 3).



а

б

а, б – өңделген мақта матасы

Сурет 3. Өңделген текстиль материалдарының мұнай өнімін сіңіріп, суды итеруі

Қажетті өңделген материалдарды және оларға қажетті қасиеттерді (гидрофобты және олеофильді) алғаннан кейін, әзірленген материалдардың қаншалықты мұнай өнімін сіңіретінін

тексеру ғана қалады. Ол үшін МЕМСТ 33627 - 2015 бойынша сынақ өткізілді. Нәтижелері кесте 2,3-те көрсетілген.

Кесте 2. Мақта матасының мұнай өнімін сіңіру бойынша сараптама

№	Концентрация			Мұнай өнімін сіңіру бойынша сараптама, гр		
	Калий метилсили конаты, мл	Натрий силикаты, мл	Лимон қышқыл ы, г	Сіңіру уақыты - 15 мин		
				Мұнаймен өңделмеген мақта матасы	Мұнаймен өңделген мақта матасы	Мұнай өнімінің адсорбциялану ы
1	30	20	10	1,5689	4,8892	2,12
2	40			1,75	4,85	1,77
3	50			1,6879	4,4121	1,61

Бірінші концентрация бойынша мұнаймен өңделмеген мақта матасының бастапқы салмағы = 1,6972 г.

Бірінші концентрация бойынша мұнаймен өңделген мақта матасының салмағы = 4,6168 г.

Мұнда:

$S_s = (S_{ST} - S_0) = 4,8892 - 1,5689 = 3,3203$ г - адсорбцияланған мұнай өнімінің массасы.

Мұнай өнімінің адсорбциялануы $m = \frac{S_s}{S_0}$,

демек

$m = 3,3203/1,5689 = 2,12$

Кесте 3. Аралас матаның мұнай өнімін сіңіру бойынша сараптама

№	Концентрация			Мұнай өнімін сіңіру бойынша сараптама, гр		
	Калий метилсили конаты, мл	Натрий силикаты, мл	Лимон қышқылы, г	Сіңіру уақыты - 15 мин		
				Мұнаймен өңделмеген аралас матасы	Мұнаймен өңделген аралас матасы	Мұнай өнімінің адсорбциялануы
1	30	20	10	3,2304	4,7292	0,46
2	40			3,3356	4,8504	0,45
3	50			3,9234	5,7802	0,47

Бірінші концентрация бойынша мұнаймен өңделмеген аралас матасының бастапқы салмағы = 3,2304 г;

Бірінші концентрация бойынша мұнаймен өңделген аралас матасының салмағы = 4,7292 г;

Мұнай өнімінің адсорбциялануы $m=0,46$

Текстиль материалдарын химиялық өңдеу олардың мұнай өнімдерін сорбциялау қабілетінің айтарлықтай артуына әкеледі. Өңделген мақта матасы целлюлоза талшықтарының белсенді функционалды топтарының көптігіне байланысты аралас матамен салыстырғанда жоғары адсорбциялық қабілетімен сипатталатыны анықталды. Модификациялаушы компоненттердің концентрациясының жоғарылауы материалдарды мұнай сіңірудің өсуіне ықпал етеді. Нәтижелер олеофильді текстиль сорбенттерін алудың әзірленген әдісінің тиімділігін растайды.

Қорытынды

Бұл жұмыста гидрофобты және олеофильді қасиеттерді беру мақсатында текстиль материалдарын өзгерту үшін натрий силикаты, лимон қышқылы, калий метил-силиконаты негізіндегі золь-гель технологиясын қолдану зерттелді.

Суға төзімділікті анықтау үшін судың қысымын өлшейтін МТ-158 пенетрометрі қолданылды. Гигроскопиялық МЕМСТ 3816-81 сәйкес бағаланды, беттік сулануға төзімділік МЕМСТ 30292-96 бойынша МТ – 032 құрылғысына шашырау әдісімен, ал адсорбциялық белсенділік МЕМСТ 33627-2015 бойынша бағаланды.

Нәтижелер текстиль материалдарын өңдеу олардың беткі қасиеттерін айтарлықтай өзгертуге, гидрофобтылық пен олеофильділікті арттыруға, сондай-ақ мұнай өнімдеріне қатысты сорбциялық қабілетін арттыруға мүмкіндік беретінін көрсетті. Талшықтардағы белсенді функционалды топтардың жоғары концентрациясына байланысты мақта маталары ең

жоғары тиімділікті көрсетті. Сонымен қатар, модификациялық компоненттердің концентрациясы мен материалдың қасиеттерінің өзгеру деңгейі арасында байланыс орнатылды, бұл модификация процесінің басқарылуын растайды.

Жұмыстың әрі қарай дамыту болашағы өзгертетін ерітінділердің құрамын оңтайландыруды, өңделген материалдардың беріктігін зерттеуді және өндірістік және экологиялық міндеттер үшін функционалды маталардың жаңа түрлерін әзірлеуді қамтиды. Алынған нәтижелер текстиль сорбенттерін және қоршаған ортаны тазарту және қорғау мәселелерін тиімді шешуге қабілетті басқа да функционалды материалдарды өндіруге енгізілуі мүмкін.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырған (Грант № AP26195961 «Арнайы қасиеттері бар жаңа текстиль материалдарын алу технологиясын жасау»).

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Gupta R. K. Dunderdale G. J. England M. W. Hozumi A. Oil/water separation techniques: a review of recent progresses and future directions. Journal of Materials Chemistry. 2017. - A 5 (31), 16025–16058. <https://doi.org/10.1039/C7TA02070H>
- Zhang L., Zhong Y., Wang P. Fabrication of superhydrophobic and superoleophilic textiles for oil-water separation // Applied Surface Science. – 2013. – Vol. 284. – P. 464–471. – <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.07.120>
- Mohamed M.E., Abd-El-Nabey B.A. Fabrication of durable superhydrophobic/ oleophilic cotton fabric for highly efficient oil/water separation // Water Science & Technology. – 2021. – DOI: 10.2166/wst.2020.562
- Yang K., Wu Y., Gong X. Ecofriendly superhydrophobic fabrics for ultra-fast oil/water separation by self-assembly // Surface and Coatings Technology. –

2023. – Vol. 474. – Article 130124. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2023.130124>

5. Lin T.-C., Lee D.-J., Du J. Cotton fabrics modified for use in oil/water separation: a perspective review // *Cellulose*. – 2021. – Vol. 28. – P. 4575–4594. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03850-6>

6. Liu Y., Ma J., Wu T. Recent advances in functionalized textiles for oil/water separation // *Journal of Materials Chemistry A*. – 2019. – Vol. 7. – P. 6416–6432. <https://doi.org/10.1039/C9TA00992J>

7. Rabiga Kudaibergenova, Yerzhigit Sugurbekov, Gulzat Demeuova, Gulnar Sugurbekova. Facile Fabrication of High-Performance Super-hydrophobic Reusable Oil-Absorbing Sponges // *Journal Coatings*. – 2023. - 13(10). – P.1777. <https://doi.org/10.3390/coatings13101777>

8. Abdul Saeed, Z. A Rehan, Deyi Zhan, Muhammad Zahid, Qi Hu, Asif Ali Haider, Suman Tahir, Weihong Xu, Jinhuai Liu. A facile approach for making superhydrophobic cotton fabric membrane for oil water separation // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2023. - Volume 678. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.132478>

9. Cailong Zhou, Zhaodan Chen, Hao Yang, Kun Hou, Xinjuan Zeng, Yanfen Zheng, Jiang Cheng. Nature-Inspired Strategy toward Superhydrophobic Fabrics for Versatile Oil/Water Separation // *ACS Applied Materials & Interfaces*. – 2017. – P. 9184–9194. <https://doi.org/10.1021/acsami.7b00412>

10. Hossein Kazemi Meresht, S.Siamak Ashraf Talesh, Reza Mahdavi. Fabrication of superhydrophobic and super-oleophilic melamine sponge functionalized by acrylic resin/silica nanoparticles for oil/water selective separation: A RSM@BBD optimization approach // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2025. -Volume 13, Issue 3. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.117027>

11. Sivashunmugam Sankaranarayanan, Duraikkannu Shanthana Lakshmi, Singaravelu Vivekanandhan, Chawalit Ngamcharussrivichai. Biocarbons as emerging and sustainable hydrophobic/

oleophilic sorbent materials for oil/water separation // *Sustainable Materials and Technologies*. – 2021. - Volume 28. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00268>

12. Sukanta Pal, Sourav Mondal, Prasanta Pal, Ajit Das, Jayanta Maity. Fabrication of AgNPs/Silane coated mechanical and washing durable hydrophobic cotton textile for self-cleaning and oil-water separation application // *Journal of the Indian Chemical Society*. – 2022. - Volume 99, Issue 1. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100283>





13. Evangelia Dislaki, Juho Pokki, Salvador Pané, Jordi Sort, Eva Pellicer. Fabrication of sustainable hydrophobic and oleophilic pseudo-ordered macroporous Fe–Cu films with tunable composition and pore size via electrodeposition through colloidal templates // *Applied Materials Today*. – 2018. - Volume 12. – P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2018.03.007>

14. Ximeng Lv, Ying Song, Zhishuang Han, Zhenlin Tang, Haidi Li, Mengru Zhang, Xinqiang Wu, Zaihang Zheng, Yan Liu, Wenjing Tang. Bio-inspired, recycled and durable construction of superhydrophobic /oleophilic cotton fabrics with excellent oil/water separation ability based on dual carbon materials // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2025. - Volume 201, Part A. – 107504. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.107504>

15. Wang, Wei, Gao, Jiannan, Pei, Xiaohan, Lu, Xin, Sun, Yinyin, Wu, Jianbing. Fabrication and oil-water separation efficiency of cellulose/ methyltrimethoxysilane aerogel // *Fangzhi Xuebao/Journal of Textile Research*. – 2025. – P. 135 – 142. DOI: 10.13475/j.fzxb.2024040440

16. He, Hong-Bei, Cai, Chao-Chen, Zhu, Qing-Kai, Li, Ting-Ting, Lou, Ching-Wen, Lin, Jia-Horng, Ren, Hai-Tao. Robust multifunctional superhydrophobic and photocatalytic composites with all-weather self-healing ability // *Materials Today Communications*. – 2024. – Volume 41. - Article number 110581. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.110581>

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УМНОЙ ОДЕЖДЫ: БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ E-TEXTILE ТЕХНОЛОГИЙ

^{1,2}Ш.Р. БОБОЖОНОВА , ³И.В. ЧЕРУНОВА ,
^{1,4}З.У. ЗУФАРОВА , ^{2,4}С.Ш. ТАШПУЛАТОВ  *

¹ Наманганский государственный технический университет, Республика Узбекистан, 160605, г. Наманган, Южная кольцевая, дом 17

² Джизакский политехнический университет, Республика Узбекистан, 130100, г. Джизак, ул. Ислон Каримов, д. 4

³ Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета, Российская Федерация, 346500, г. Шахты, Ростовская обл., ул. Шевченко, 147

⁴ Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан, 100100, г. Ташкент, ул. Шохжапон, 5)
Электронная почта автора-корреспондента: ssht61@mail.ru*

Традиционные подходы к проектированию e-textile рассматривают электронные компоненты как дополнение к готовому изделию, не учитывая биомеханических нагрузок на текстильную матрицу при профессиональных движениях. Следствием этого являются: преждевременный отказ проводящих дорожек, артефакты сигнала при смене позы и потеря точности измерений именно в критических фазах рабочего цикла. Данная статья посвящена разработке и верификации пошагового алгоритма совместного биомеханического и электрического проектирования умной рабочей одежды, в котором топологическая карта зон деформации непосредственно определяет архитектуру размещения сенсорных узлов. В статье представлен восьмиэтапный цифровой алгоритм проектирования умной рабочей одежды с интегрированными электронными элементами (e-textile), объединяющий профессиональную биомеханику, топологическое картирование деформации ткани и оптимальное размещение сенсоров. Расширена кластерная модель НСЕ за счёт электрических параметров тканей. Введена шестая категория зон деформации - стабильная зона ($St, \varepsilon < 5\%$) - как целевая область для сенсорных узлов. Предложен индекс стабильности сенсора (SSI) в качестве новой метрики оценки конструкции. Практическое применение алгоритма позволило повысить SSI с 0,72 до 0,93 и сократить число итераций прототипирования с 5 до 1.

Ключевые слова: умная одежда, e-textile, биомеханика, зоны деформации, размещение сенсоров, CLO 3D, индекс SSI, модель НСЕ, цифровое проектирование.

АҚЫЛДЫ КИИМНІҢ 3D ДИЗАЙНЫ: ЭЛЕКТРОНДЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ИНТЕГРАЦИЯЛАУҒА БИОМЕХАНИКАЛЫҚ ТӘСІЛ

^{1,2}Ш.Р. БОБОЖОНОВА, ³И.В. ЧЕРУНОВА,
^{1,4}З.У. ЗУФАРОВА, ^{2,4}С.Ш. ТАШПУЛАТОВ*

¹ Наманган мемлекеттік техникалық университеті, Өзбекстан Республикасы, 160605, Наманган қ., Оңтүстік айналма жол, 17 ғимарат

² Джиззах политехникалық университеті, Өзбекстан Республикасы, 130100, Джиззах қ., Ислам Каримов, 4

³ Дон мемлекеттік техникалық университетінің қызмет көрсету және кәсіпкерлік институты (филиалы), Ресей Федерациясы, 346500, Шахты қ., Ростов облысы, Шевченко көшесі, 147

⁴ Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Өзбекстан Республикасы, 100100, Ташкент қ., Шохжапон көшесі, 5)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: ssht61@mail.ru*

Электронды тоқыма бұйымдарын жобалауға дәстүрлі тәсілдер биомеханикалық қоспағанда, электронды компоненттерді дайын өнімге қосымша ретінде қарастырады. Кәсіби қозғалыстар кезінде матрицадағы компоненттер. Мұның салдарына сым жолдарының мерзімінен бұрын істен шығуы, қалып

өзгерістері кезінде сигналдың бұрмалануы және жұмыс циклінің соңғы кезеңдерінде өлшеу дәлдігінің жоғалуы жатады. Бұл мақала деформация аймағының топологиялық картасы сенсорлық түйіндердің орналасу архитектурасын тікелей анықтайтын ақылды жұмыс киімдерін біріктірілген биомеханика мен жобалау үшін қадамдық алгоритмді әзірлеуге және тексеруге арналған. Мақалада кәсіби биомеханиканы, мата деформациясының топологиялық картасын және сенсордың тәуелсіз орналасуын біріктіретін ендірілген электрондық элементтері (электронды тоқыма) бар ақылды жұмыс киімдерін жобалаудың сегіз сатылы сандық алгоритмі ұсынылған. Маталардың электрлік параметрлерін есепке алу үшін кеңейтілген HCE кластерлік моделі қолданылады. Сенсорлық түйіндер үшін мақсатты аймақ ретінде алтыншы деформация аймағы санаты - тұрақты аймақ ($St, \varepsilon < 5\%$) - енгізілген. Сенсорлық тұрақтылық индексі (SSI) жаңа дизайнды бағалау метрикасы ретінде енгізілген. Алгоритмді практикалық қолдану SSI-ді 0,72-ден 0,93-ке дейін арттырады және прототиптеу итерацияларының санын 5-тен 1-ге дейін азайтады.

Негізгі сөздер: ақылды киім, Электрондық тоқыма бұйымдары, биомеханика, мыжылу аймағы, сенсорды орналастыру, 3D CLO, SSI индексі, HCE моделі, сандық дизайн.

3D DESIGN OF SMART CLOTHING: A BIOMECHANICAL APPROACH TO INTEGRATION OF ELECTRONIC TECHNOLOGIES

^{1,2}SH.R. BOBOJONOVA, ³I.V. CHERUNOVA,
^{1,4}Z.U. ZUFAROVA, ^{2,4}S.SH. TASHPULATOV *

¹ Namangan State Technical University, Uzbekistan, 160605, Almaty, Namangan, South Ring Road, Building 17

² Jizzakh Polytechnic University, Uzbekistan, 130100, Jizzakh, Islom Karimov, 4

³ Institute of Services and Entrepreneurship (branch) of the Don State Technical University, Russia, 346500, Shakhty, Rostov Region, Shevchenko Street, 147

⁴ Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan, 100100, Tashkent, Shokhjakhon Street, 5)

Corresponding author's e-mail: ssht61@mail.ru*

Traditional approaches to the design of electronic textiles consider electronic components as an addition to the finished product, excluding biomechanical components on the matrix during professional movements. The consequences of this include premature failure of wire paths, signal distortion during posture changes, and loss of measurement accuracy in the final phases of the work cycle. This article is devoted to the development and verification of a step-by-step algorithm for the combined biomechanics and design of smart workwear, in which a topological map of the deformation zone directly determines the architecture of sensor node placement. The article presents an eight-step digital algorithm for designing smart workwear with embedded electronic elements (e-textiles), combining professional biomechanics, topological mapping of fabric deformation, and independent sensor placement. An extended HCE cluster model is used to account for the electrical parameters of fabrics. A sixth deformation zone category—the stable zone ($St, \varepsilon < 5\%$)—is introduced as a target area for sensor nodes. The sensor stability index (SSI) is incorporated as a new design evaluation metric. Practical application of the algorithm increases the SSI from 0.72 to 0.93 and reduces the number of prototyping iterations from 5 to 1.

Keywords: smart clothing; Electronic textiles; biomechanics; crumple zone; sensor placement; 3D CLO; SSI index; HCE model; digital design.

Введение

Глобальный рынок умного текстиля (e-textile) и носимой электроники переживает взрывной рост: по данным Grand View Research, его объём превысил 4,8 млрд долларов США в 2023 году и, по прогнозам, будет расти со среднегодовым темпом 26,3% вплоть до 2030 года [1]. Промышленная и медицинская сегменты формируют наиболее технически сложный класс изделий, где требования к функциональности электроники

неотделимы от требований к эргономике и биомеханическому соответствию одежды.

Традиционные подходы к проектированию e-textile рассматривают электронные компоненты как дополнение к готовому изделию, не учитывая биомеханических нагрузок на текстильную матрицу при профессиональных движениях. Следствием этого являются: преждевременный отказ проводящих дорожек, артефакты сигнала при смене позы и потеря точности измерений именно в критических фазах рабочего цикла. Технологии трёхмерного проектирования одежды

предоставляют принципиально новый инструмент - карту деформации ткани, которая может стать первичным проектным документом для архитектуры e-textile [2-4].

Цель данной работы - разработка и верификация пошагового алгоритма совместного биомеханического и электрического проектирования умной рабочей одежды, в котором топологическая карта зон деформации непосредственно определяет архитектуру размещения сенсорных узлов.

Материалы и методы исследования

Специфика индустрии моды требует от производителя моментального отклика на запрос рынка. Цифровые технологии трёхмерного проектирования – один из ключевых инструментов, позволяющих экономить время и материалы при разработке новых изделий [5-8]. В зависимости от характера использования изображений можно выделить два принципиально разных типа 3D-технологий проектирования (рис. 1).

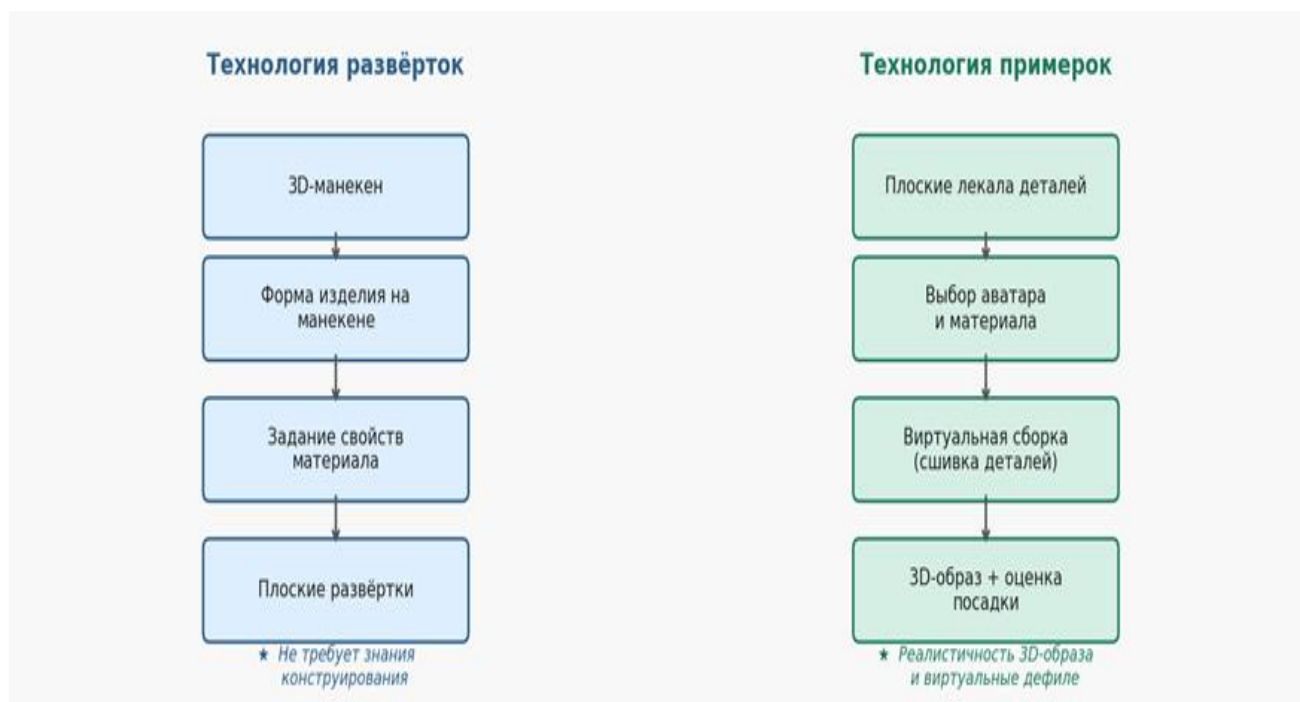


Рисунок 1. Сравнение двух типов технологий трёхмерного проектирования одежды

По технологии развёрток (реализована в СТАПРИМ, АССОЛЬ, BustCAD) объёмная форма изделия является первичным продуктом, а плоские детали – производным [9-14]. Технология идеальна для плотно облегающих изделий: бельё, спортивная одежда, корсеты. Она не требует от проектировщика знания традиционного конструирования, даёт быстрый результат и позволяет накладывать принты непосредственно на 3D-форму [15].

По технологии виртуальных примерок (CLO 3D, Lectra, Gerber, Optitex, Browzwear VStitcher) объёмная форма является производным продуктом. Сначала создаются плоские лекала, затем программа выполняет виртуальную сборку деталей на аватаре. Технология

обеспечивает реалистичность 3D-образа, совместимость с другими программами анимации и возможность виртуального дефиле.

Несмотря на мощный функционал, ни одна из существующих САПР не решает ключевой задачи умной одежды: биомеханически обоснованного выбора позиций сенсорных узлов. Карта деформации, которую CLO 3D способна вычислить методом конечных элементов (FEA), в стандартном рабочем процессе используется лишь для оценки качества посадки - но не для принятия решений о размещении электронных компонентов. Это и есть тот пробел, который заполняет предлагаемый алгоритм.

Таблица 1. Сравнение 3D-технологий проектирования для задач e-textile

Критерий	Технология развёрток	Технология примерок	Предлагаемый подход
Требует знания конструирования	Нет	Да	Да (CLO 3D)
Реалистичность 3D-образа	Средняя	Высокая	Высокая
FEA-анализ деформации	Нет	Частично	✓ Полный
Выделение St-зон для сенсоров	Нет	Нет	✓ Оригинально
Маршрутизация дорожек e-textile	Нет	Нет	✓ Алгоритм 5
Метрика SSI	Нет	Нет	✓ Введена
Применимость для умной одежды	Ограничена	Частично	✓ Полная

Предлагаемая система проектирования построена на триадной кластерной модели НСЕ (Человек–Одежда–Окружающая среда), расширенной по сравнению со стандартной моделью за счёт включения электрических параметров текстильной матрицы в кластер С (рис. 2). Умная одежда требует одновременной оптимизации механических и электрических характеристик ткани, что порождает систему взаимоисключающих ограничений, не охватываемых бинарной моделью «тело–одежда».

Ключевое расширение касается кластера С (Одежда): помимо механических свойств ткани (KES-FB: изгиб, сдвиг, растяжение), в него включены проводимость нитей (Ом/м), стабильность сопротивления при $\epsilon > 5\%$, параметры ЭМС-экранирования и плотность покрытий. Кластер Е (Окружающая среда) дополнен ЭМ-помехами от промышленного оборудования и требованиями к классу защиты IP управляющего блока (IEC 60601, ISO 80601).

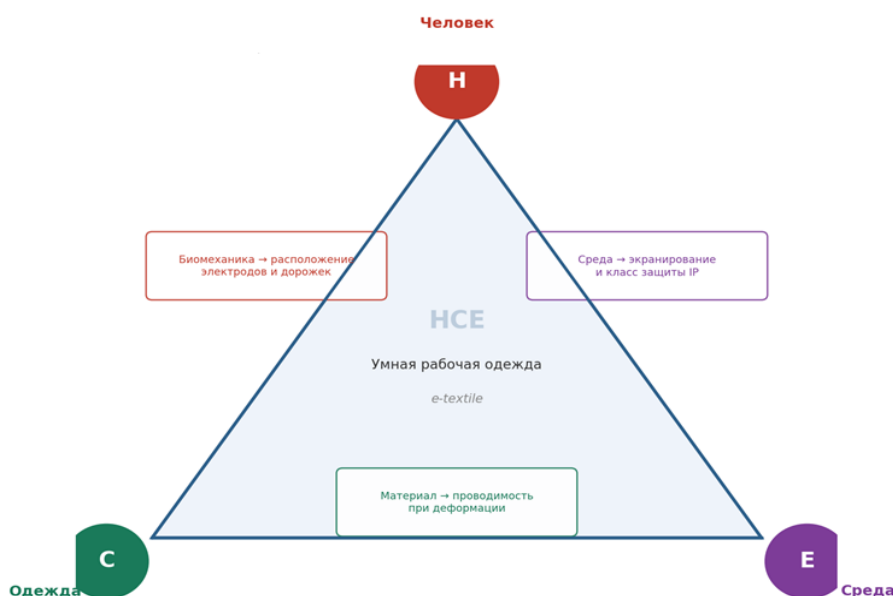


Рисунок 2. Расширенная кластерная модель НСЕ для умной рабочей одежды класса e-textile

Данная структура формализует компромисс, с которым неизбежно сталкивается проектировщик: ткани с высокими деформационными характеристиками (необходимыми для динамической посадки) обычно демонстрируют низкую стабильность проводимости при растяжении, тогда как жёсткие проводящие материалы - наоборот.

Результаты их обсуждения

Топологическая карта зон деформации и St-зоны.

В основе алгоритма лежит расширенная шестикатегорийная классификация зон деформации ткани, дополняющая пятикатегорийную систему для защитной рабочей одежды. Ключевым вкладом является введение шестой категории - стабильной зоны (St) - как области, в которой суммарная деформация ткани не превышает $\epsilon < 5\%$ во всём диапазоне профессиональных движений. Именно эти зоны являются приоритетными для размещения сенсоров, проводящих дорожек и управляющей электроники (рис. 3).

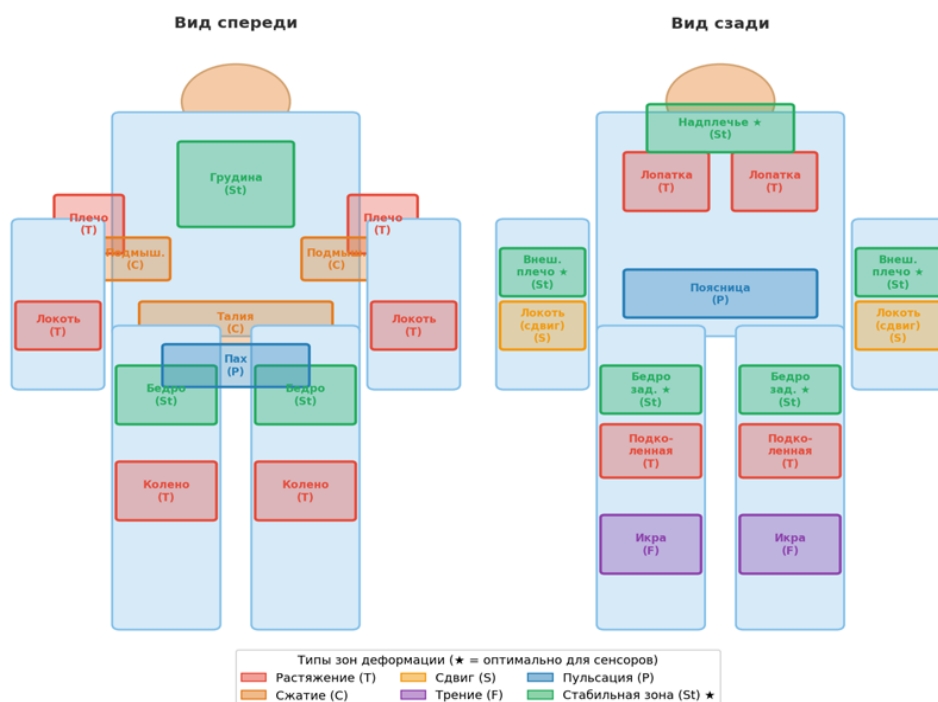


Рисунок 3. Топологическая карта зон деформации умной рабочей одежды (★ - оптимальные позиции для сенсоров)

Таблица 2. Шестикатегорийная классификация зон деформации

Тип	Порог	Анатомия	Решение для e-textile
Растяжение (Т)	$\epsilon > 15\%$	Локоть, колено, лопатка	Serpentine-дорожки, растяжимые нити
Сжатие (С)	$\sigma > 5 \text{ Н/см}$	Талия, подмышечная впадина	Гибкие соединения, резервные петли
Сдвиг (S)	$\gamma > 25^\circ$	Локтевой шов, поясница	Крест-накрест дорожки, армирование
Трение (F)	>5000 циклов/смена	Бедро, колено, плечо	Износостойкое покрытие, оптика
Пульсация (P)	$f > 1 \text{ Гц}$, $A > 8 \text{ мм}$	Поясничный, паховый	Демпфирование, виброизоляция
Стабильная (St) ★	$\epsilon < 5\%$ везде	Надплечье, грудина, бедро	Твёрдые компоненты, МСU, батарея

Предложенный алгоритм состоит из восьми последовательных этапов, образующих замкнутый итеративный цикл (рис. 4). Биомеханически обоснованное размещение

сенсоров интегрировано в этапы 4 и 5 — это принципиальное расширение по сравнению с существующими подходами.

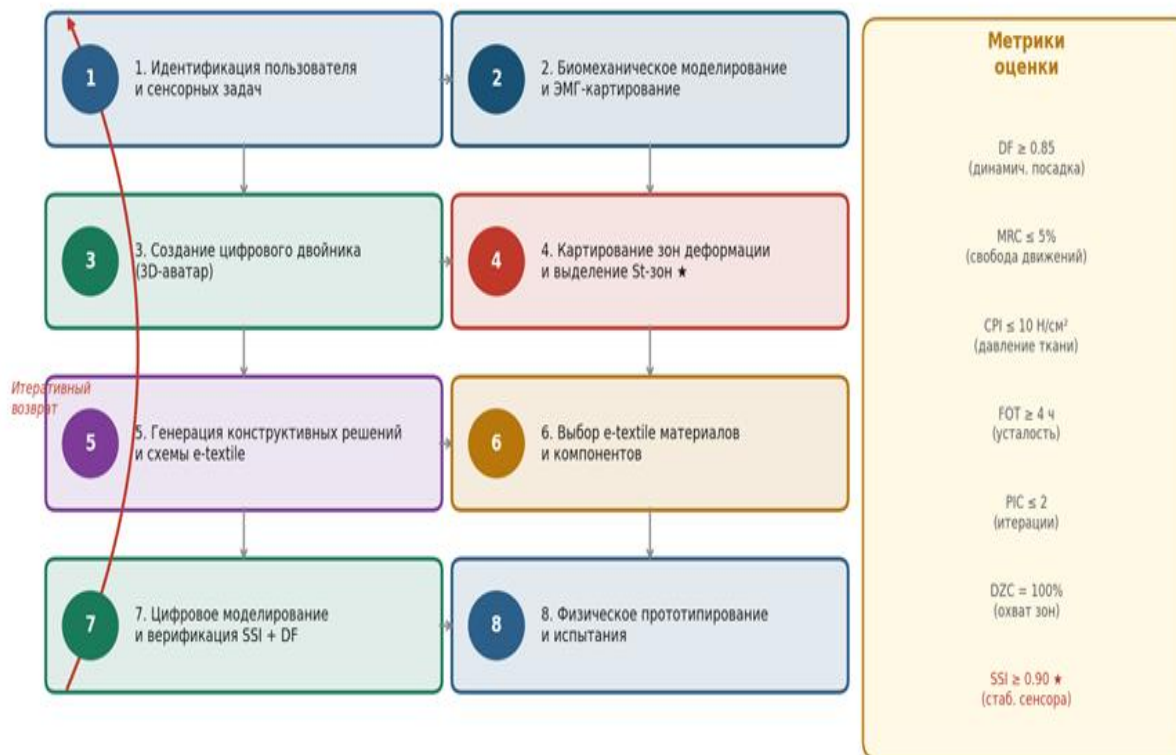


Рисунок 4. Восьмизапаный цифровой алгоритм проектирования умной рабочей одежды класса e-textile

Краткое описание этапов:

1. Идентификация пользователя и сенсорных задач — профессиональная карта, матрица сценариев движения, перечень измеряемых параметров, нормативные ограничения (IEC, ISO).

2. Биомеханическое моделирование и ЭМГ-картирование — захват движений (Vicon/Polhemus), регистрация углов суставов, выявление критических поз, карта активности мышц.

3. Создание цифрового двойника — 3D-сканирование (Artec Leo / Shapify), параметрическая генерация аватара в CLO 3D, градация размера ($\pm 2\sigma$).

4. Картирование зон деформации и выделение St-зон ★ — FEA-модуль CLO 3D вычисляет тензорное поле деформаций, классифицирует зоны по таблице 2, выделяет St-зоны как целевые области сенсоров.

5. Генерация конструктивных решений и схемы e-textile — алгоритм маршрутизации дорожек через St-зоны, минимизация длины соединений, размещение управляющего блока.

6. Выбор e-textile материалов и компонентов — многокритериальный анализ (меха-

ника × электрика × биосовместимость), предварительный расчёт SSI.

7. Цифровое моделирование и верификация SSI + DF — виртуальное драпирование на протяжении полного цикла движения, расчёт DF (формула 1) и SSI (формула 2), анализ тепловыделения.

8. Физическое прототипирование и испытания — раскрой–пошив–монтаж электроники–испытание на людях, 5000-цикловый усталостный тест дорожек, система ARAMIS.

Отличительной особенностью подхода является набор из семи количественных метрик, позволяющих объективно сравнивать варианты конструкции. Первые шесть соответствуют метрикам для защитной одежды; седьмая — индекс стабильности сенсора (SSI) — является оригинальным вкладом данной работы:

$$DF = 1 - [\sum_i w_i \cdot |\Delta g_i(t)| / g_{i0}] / T \quad (1)$$

$$SSI = 1 - [\sum_j \alpha_j \cdot |\Delta R_j(t)| / R_{j0}] / T \quad (2)$$

Таблица 3. Семь метрик оценки умной рабочей одежды

№	Метрика	Целевой порог	Инструмент
1	Индекс динамической посадки (DF)	$DF \geq 0,85$	CLO 3D FEA + ARAMIS
2	Коэффициент ограничения движения (MRC)	$MRC \leq 5\%$	Гониометрия на людях
3	Индекс контактного давления (CPI)	$CPI \leq 10 \text{ Н/см}^2$	Novel Pliance
4	Время наступления усталости (FOT)	$FOT \geq 4 \text{ ч}$	Борг RPE + ЭМГ
5	Итерации прототипирования (PIC)	$PIC \leq 2$	Мониторинг процесса
6	Охват зон деформации (DZC)	$DZC = 100\%$	Контрольный список
7 ★	Индекс стабильности сенсора (SSI) ★	$SSI \geq 0,90$	Мультиметр + анализ сигнала

Практические результаты. Алгоритм применён к проектированию рабочей куртки с восьмиканальной ЭМГ-системой мониторинга для персонала, занятого ручной сборкой

электрооборудования. Применение этапа 4 (картирование St-зон) позволило переместить управляющий блок:

Таблица 4.

Параметр	До оптимизации	После оптимизации
Позиция MCU	Поясница	Грудина
Деформация ϵ в зоне MCU	14,3% (при max. наклоне)	2,1% (весь диапазон)
Индекс SSI	0,72	0,93 ★
Индекс DF	0,69	0,88
Число итераций прототипа (PIC)	5	1
Снижение стоимости прототипирования	-	-45%
Сокращение времени до производства	-	-38%

Перемещение блока управления из зоны с высокой деформацией (поясница, тип P+S) в St-зону (грудина, $\epsilon = 2,1\%$) стало возможным именно благодаря FEA-карте деформации, полученной на этапе 4. Без количественного критерия St-зоны данное решение было бы основано на анатомических предположениях, которые, как показывает карта (рис. 3), не всегда совпадают с биомеханической реальностью.

Заключение

В данной статье представлен научно обоснованный подход к проектированию умной рабочей одежды класса e-textile, опирающийся на карту деформации ткани как первичный проектный документ. Основные вклады:

- расширенная кластерная модель HSE с электрическими параметрами кластера С обеспечивает структурированную основу для разрешения противоречий «механика vs. электрика»;
- категория St-зон ($\epsilon < 5\%$) формализует выбор позиций сенсоров с количественным обоснованием — в отличие от анатомических ориентиров, применяемых в существующих руководствах;
- индекс SSI впервые вводит интегральную метрику стабильности сенсоров за полный рабочий цикл в реальных условиях.
- алгоритм верифицирован на промышленном кейсе: SSI вырос с 0,72 до 0,93, DF — с 0,69 до 0,88, число прототипов сократилось с 5 до 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grand View Research. Smart Textiles Market Size & Trends, 2024–2030. San Francisco: GVR, 2024.
2. Сурикова О. Трёхмерное проектирование одежды: новые возможности для индустрии моды // Легпром ревью. — 2022. — №1(3). — С. 56–59.
3. CLO Virtual Fashion Inc. CLO 3D User Manual. Version 7.2. Seoul, 2024.
4. Tyurin I.N., Tashpulatov S.S., Akhmedova Z.M. Biomechanics of the Human Upper Limb for Smart Clothing Design // E3S Web of Conferences. — 2023. — Vol. 460. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346010050>
5. Castano L.M., Flatau A.B. Smart fabric sensors and e-textile technologies: a review // Smart Materials and Structures. - 2014. - Vol. 23(5). - 053001.
6. Akhmedova Z.M., Shin I.G., Tyurin I.N., Tashpulatov S.S. Design of Functional Clothing for Patients through Modeling the Joints Biomechanics // BIO Web Conf. — 2024. — Vol. 130. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413004011>
7. Cherunova I., Kuleshova A., Tashpulatov S. et al. The environment and ergonomics of clothing in the design of a human comfort system // E3S Web of Conferences. — 2024. — Vol. 531. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453101035>
8. Ashimova E., Tyurin I. et al. Anthropodynamic Optimization and Virtual Fitting of Workwear // Textiles. — 2026. — Vol. 6. — P. 33. <https://doi.org/10.3390/textiles6010033>
9. Stoppa M., Chiolerio A. Wearable electronics and smart textiles: a critical review // Sensors. — 2014. — Vol. 14(7). — P. 11957–11992.
10. Dunne L.E. et al. Garment-integrated wearable sensing for knee rehabilitation // Proc. ISWC. — 2014.
11. Tyurin I., Tashpulatov S. et al. Digital Design of Clothing Made from Reflective Textile Materials // AIP Conf. Proc. 3304. — 2024. — 030011. <https://doi.org/10.1063/5.0269030>
12. Cherunov P., Cherunova I., Tashpulatov S. et al. Investigation of electrical properties of textile clothing materials // BIO Web of Conferences. — 2024. — Vol. 116. — 04013.
13. Tyurin I.N., Kuzmin A.G., Komisaruk L.V., Tashpulatov S.S. E-Textile Touch Button Placement for Smart Sportswear // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 431.
14. Wang C. et al. Development of Made-to-Measure Clothing Using 3D Digital Modeling and ML // Int. J. Computational Intelligent Systems. — 2023. — Vol. 16.
15. Zheng, Fang & Lu, Yanping & Lee, Junghee & Liu, Hongyan & Wang, Dandan & Kim, Myun. (2026). An AI-Driven Decision Support System for Sustainable Smart Clothing Design Based on Flexible Material Properties and Environmental Metrics. Applied System Innovation. 9. 104. [10.3390/asi9050104](https://doi.org/10.3390/asi9050104).

REFERENCES

1. Grand View Research. Smart Textiles Market Size & Trends, 2024–2030. San Francisco: GVR, 2024.
2. Surikova O. Trekhmernoe proektirovanie odezhdy: novye vozmozhnosti dlya industrii mody [Three-Dimensional Clothing Design: New Opportunities for the Fashion Industry] // Legprom Revyu. – 2022. – No. 1(3). – P. 56–59. (In Russian).
3. CLO Virtual Fashion Inc. CLO 3D User Manual. Version 7.2. Seoul, 2024.
4. Tyurin I.N., Tashpulatov S.S., Akhmedova Z.M. Biomechanics of the Human Upper Limb for Smart Clothing Design // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 460. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346010050>
5. Castano L.M., Flatau A.B. Smart Fabric Sensors and E-Textile Technologies: A Review // Smart Materials and Structures. – 2014. – Vol. 23(5). – 053001.
6. Akhmedova Z.M., Shin I.G., Tyurin I.N., Tashpulatov S.S. Design of Functional Clothing for Patients through Modeling the Joints Biomechanics // BIO Web Conf. – 2024. – Vol. 130. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413004011>
7. Cherunova I., Kuleshova A., Tashpulatov S. et al. The Environment and Ergonomics of Clothing in the Design of a Human Comfort System // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 531. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453101035>
8. Ashimova E., Tyurin I. et al. Anthropodynamic Optimization and Virtual Fitting of Workwear // Textiles. – 2026. – Vol. 6. – P. 33. <https://doi.org/10.3390/textiles6010033>
9. Stoppa M., Chiolerio A. Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review // Sensors. – 2014. – Vol. 14(7). – P. 11957–11992.
10. Dunne L.E. et al. Garment-Integrated Wearable Sensing for Knee Rehabilitation // Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers (ISWC). – 2014.
11. Tyurin I., Tashpulatov S. et al. Digital Design of Clothing Made from Reflective Textile Materials // AIP Conference Proceedings. – 2024. – Vol. 3304. – 030011. <https://doi.org/10.1063/5.0269030>
12. Cherunov P., Cherunova I., Tashpulatov S. et al. Investigation of Electrical Properties of Textile Clothing Materials // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 116. – 04013.
13. Tyurin I.N., Kuzmin A.G., Komisaruk L.V., Tashpulatov S.S. E-Textile Touch Button Placement for Smart Sportswear // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 431.
14. Wang C. et al. Development of Made-to-Measure Clothing Using 3D Digital Modeling and Machine Learning // International Journal of Computational Intelligent Systems. – 2023. – Vol. 16.
15. Zheng F., Lu Y., Lee J., Liu H., Wang D., Kim M. An AI-Driven Decision Support System for Sustainable Smart Clothing Design Based on Flexible Material Properties and Environmental Metrics // Applied System Innovation. – 2026. – Vol. 9. – Article 104. <https://doi.org/10.3390/asi9050104>

АНАЛИЗ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧНОСТИ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Н.А. АСАНОВА 

(Алматинский технологический университет 050012, Республика Казахстан,
г. Алматы, ул. Төле би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: asanovanailam@gmail.com

Военная форма - это не просто комплект одежды «по уставу». От того, как она сидит, пропускает воздух и выдерживает нагрузку, напрямую зависит состояние военнослужащего во время службы. На полигонах и марш-бросках проблемы проявляются быстро: ткань плохо отводит влагу, швы начинают натирать, в области коленей и плеч одежда стесняет движение. Формально форма соответствует стандартам, но в реальной эксплуатации этого часто недостаточно. В работе сравнивались ткани из натуральных, синтетических и смесовых волокон. Проверяли не только прочность материала, как это обычно делают на производстве, но и вещи, которые военнослужащие замечают уже в первые часы носки: насколько ткань «дышит», удерживает ли тепло, быстро ли накапливает влагу и как ведёт себя после длительной нагрузки. Отдельно рассматривали расположение швов, глубину складок и анатомическую форму изделия. На практике именно эти мелочи часто определяют, насколько свободно человек может двигаться в экипировке. Отдельно изучалась работа формы в разное время года. Летом главной проблемой становился перегрев и накопление влаги под одеждой, зимой - потеря тепла и снижение подвижности из-за многослойности. Интересные результаты дали наблюдения за динамикой движений в тактических условиях. Даже прочная ткань теряет смысл, если конструкция формы ограничивает шаг, приседание или работу рук. Наиболее проблемными зонами оказались плечевой пояс, колени и область поясицы. Материал, конструкция и эргономика должны работать вместе. Иначе форма остаётся «правильной» на бумаге, но неудобной в реальной службе.

Ключевые слова: военная форма, эргономика, свобода движений, функциональный комфорт, свойства материала, крой, микроклимат одежды.

ӘСКЕРІ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРГЕ АРНАЛҒАН КИІМНІҢ ЭРГОНОМИКАСЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МАҚСАТЫНДА МАТЕРИАЛДАР МЕН КОНСТРУКТИВТІ ШЕШІМДЕРІН ТАЛДАУ

Н.А. АСАНОВА

(Алматы технологиялық университеті 050012, Қазақстан Республикасы,
Алматы қ., Төле би 100)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: asanovanailam@gmail.com

Мақала сарбаздарға арналған форманың эргономикалық тиімділігі мен пайдалану ерекшеліктеріне арналған. Синтетикалық, табиғи және аралас талшықтар негізіндегі маталардың физика-механикалық қасиеттері - ауа өткізгіштік, гигроскопиялық, пайдалану кезіндегі ыңғайлық - зерттелді. Киімнің анатомиялық пішімі, бүкпелер мен тігіс бағыттарының қозғалыс еркіндігіне тигізетін әсері, сондай-ақ киімішілік микроклиматтың қалыптасуы да талдауға алынды. Зерттеу нәтижелері мақта мен полиэфир талшықтарынан дайындалған аралас маталар ең жоғары эргономикалық көрсеткіштерге ие екенін көрсетті. Аралас маталардың беріктік сипаттамалары мен күтімнің қарапайымдылығы да қазіргі заман талаптарынан кем түспейді. Бірақ мұның бәрі зертханалық жағдайда дәлелденген - нақты өрт жағдайындағы немесе экстремалды ауа-райындағы деректер мақалада жеткілікті деңгейде талданбаған. Киімнің ауа-райы жағдайларына бейімделу мәселесі де бағаланды. Маусымдық өзгерістер кезінде - жазғы ыстықта, қысқы суықта, жасау кезінде - терморегуляциялық, су сіңіргіш және жел өткізбейтін қасиеттер өлшенді. Атап айтқанда, жаяу жорықта орташа 15–20 шақырымдық жол жүргенде, аралас матадан тігілген форма кигендер дене шаршаушылығын біршама аз сезінген.

Нәтижесінде матаны дұрыс таңдаумен қатар конструкцияның өзі де -тігіс орны, пішім, бүктемелер - эргономикаға тікелей ықпал ететіні анықталды. Бір гана мата таңдауымен шектелу жеткіліксіз: киімді жобалаушы алдымен сарбаздың нақты не істейтінін -қалай жүретінін, қандай позицияда ұстайтынын -нақты зерттеуі тиіс.

Негізгі сөздер: әскери форма, эргономика, қозғалыс еркіндігі, функционалдық жайлылық, материал қасиеттері, анатомиялық пішім, киім микроклиматы.

ANALYSIS OF MATERIALS PROPERTIES AND DESIGN SOLUTIONS TO ENSURE THE ERGONOMICS OF MILITARY CLOTHING

N.A. ASANOVA

(Almaty Technological University 050012, Kazakhstan, Almaty, Tole bi 100)

Corresponding author's e-mail: asanovanailam@gmail.com

The article provides a comprehensive analysis of the ergonomic efficiency of military uniforms. The study examined the physical-mechanical and air permeability properties of fabrics made from natural, synthetic, and blended fibers. Particular attention was paid to the influence of anatomical design elements, folds, and seam orientations on freedom of movement, functional comfort, and the microclimate inside the garment. The findings revealed that fabrics woven from polyester-cotton blends demonstrated the research contributes to the improvement of military uniform design and the development of specialized clothing that ensures both functionality and comfort. The practical significance lies in enhancing the efficiency and well-being of military personnel. In addition, the study evaluated the uniform's adaptability to different climatic zones, its thermal regulation capacity during seasonal changes, and its resistance to wear. Special attention was given to the fabric's water absorption level, wind protection properties, and movement dynamics in tactical conditions. It was found that the weight and elasticity of the materials help reduce fatigue during prolonged physical loads. This comprehensive analysis enables the improvement of military uniforms in accordance with modern standards.

Keywords: military uniform, ergonomics, freedom of movement, functional comfort, material properties, anatomical design, clothing microclimate.

Введение

К военной форме давно перестали относиться как просто к «служебной одежде». На практике от неё зависит гораздо больше, чем аккуратный внешний вид. Если ткань плохо отводит влагу, уже через пару часов активного движения появляется перегрев. Если крой ограничивает движение – нагрузка на мышцы растёт быстрее, особенно при переноске экипировки весом 15-20 кг. В таких условиях даже качественный материал не спасает. Проблема в том, что часть форменной одежды до сих пор проектируется по принципу прочности и соответствия нормативам, а не по реальным условиям эксплуатации. Формально ткань может проходить испытания по ГОСТ, но при длительном ношении возникают вполне бытовые проблемы: ткань «не дышит», швы давят в области плеч, после стирки появляются перекосы, а в местах постоянного сгиба материал быстро теряет форму. Особенно это заметно в регионах с резкими перепадами температуры, например, в условиях контин-

ентального климата Казахстана. Эргономика военной формы складывается из мелочей, которые редко видны в готовом изделии. Направление швов, глубина складок, плотность ткани в области коленей и локтей, расположение вентиляционных вставок всё это влияет на то, насколько свободно человек двигается и как долго сохраняет работоспособность. На практике неудобная форма начинает утомлять быстрее, чем физическая нагрузка сама по себе.

Сейчас производители всё чаще переходят на смесовые ткани и многослойные конструкции. Чистый хлопок остаётся комфортным для кожи, но быстро мнётся, долго сохнет и теряет форму после частых стирок. Полностью синтетические материалы прочнее, однако при длительном использовании создают эффект «закрытого» микроклимата внутри одежды. Поэтому всё больше используют ткани с комбинированным составом, например, полиэстер с хлопком или эластаном. Они лучше держат форму и при этом сохраняют нормаль-

ный воздухообмен. Отдельный вопрос – внедрение САПР и 3D-моделирования. Формально технологии уже используются на многих предприятиях, но результат пока нестабильный. Точная цифровая конструкция действительно уменьшает количество лишних складок и ошибок посадки, однако многое всё ещё зависит от качества исходных лекал и реального опыта конструктора, а не только от программы.

Военная форма должна работать в разных климатических условиях – от жары до низких температур. Здесь универсальных решений нет. Материал, который хорошо показывает себя летом, зимой может быстро терять теплоизоляционные свойства. Поэтому конструкция одежды и подбор ткани должны рассматриваться вместе, а не отдельно друг от друга.

Методы исследования и материалы

Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института при Алматинском технологическом университете. Проверялись ткани, которые чаще всего используются при производстве военной формы: Грета, Мультикам (50% хлопок / 50% полиэстер), Мультикам (65% хлопок / 35% полиэстер), Кордура и Оксфорд. Сначала оценивали базовые характеристики материалов: воздухопроницаемость, поверхностную плотность, усадку после стирки, устойчивость к сминанию и способность ткани впитывать влагу. На первый взгляд показатели стандартные, но именно они чаще всего определяют, насколько комфортной форма окажется в реальной эксплуатации.

Воздухопроницаемость измеряли на приборе МТ-160 по ГОСТ 12088-77 «Текстильные материалы и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости». Во время испытаний через образец ткани площадью 0,001 м² пропускали поток воздуха при перепаде давления 49 Па. Фиксировался объём воздуха, проходящий через материал за определённое время. Для расчётов использовалась формула определения коэффициента воздухопроницаемости.

Массу и поверхностную плотность тканей определяли на лабораторных весах ТХВ-422Л по ГОСТ 3811-72 «Текстильные материалы. Методы определения линейных размеров, поверхностной плотности и массы тканей» [2]. Разница между образцами оказалась заметной уже на этом этапе: более плотные ткани показывали высокую прочность, но хуже пропускали воздух. Свойства влагопоглощения

проверяли с помощью прибора МТ-032 по ГОСТ 3816-81. На поверхность ткани наносили воду и фиксировали скорость впитывания, распределение влаги и степень увлажнения материала. Некоторые синтетические ткани почти не впитывали влагу, но из-за этого вода дольше оставалась на поверхности, создавая дискомфорт при носке. Часть испытаний проводилась в условиях, максимально приближённых к обычному использованию. Образцы многократно стирали при разных температурах, после чего измеряли усадку по ГОСТ 30157.0-95. Устойчивость к деформации оценивали по ГОСТ 7773-85. Дополнительно проверяли реакцию тканей на бытовые загрязнения использовали чай и растительное масло. После стирки сравнивали изменение цвета, структуру поверхности и степень остаточных пятен. Некоторые результаты оказались спорными. Например, ткани с высокой синтетической составляющей действительно лучше сохраняли форму, но в условиях длительной носки быстрее вызывали перегрев. А материалы с большим содержанием хлопка были комфортнее, хотя заметно уступали по износостойкости.

Результаты исследования и их обсуждение

Разница между материалами проявилась практически сразу. Ткани на основе натуральных волокон показали хорошую воздухопроницаемость и комфорт при носке, но после серии стирок быстрее теряли форму. На участках постоянной нагрузки (колени, локти, область пояса) появлялись деформации и заметное смятие ткани. Синтетические материалы вели себя иначе. Кордура и Оксфорд продемонстрировали высокую прочность и устойчивость к истиранию, однако уровень воздухообмена оказался ниже ожидаемого. При длительном использовании внутри одежды быстрее накапливались тепло и влага. В лабораторных условиях это выглядело допустимо, но при активном движении проблема ощущалась сильнее. Наиболее стабильные результаты показали смесовые ткани. Особенно хорошо проявили себя материалы с сочетанием полиэстера и хлопка. Они сохраняли достаточную воздухопроницаемость, меньше деформировались после стирки и не так быстро теряли внешний вид. Кроме того, такие ткани обеспечивали более свободное движение за счёт умеренной эластичности материала [3].

Во время испытаний на воздухопроницаемость ткани Мультикам с составом

50% хлопка и 50% полиэстера показали более сбалансированные результаты по сравнению с полностью синтетическими образцами. Воздухообмен сохранялся на приемлемом уровне даже при высокой плотности материала. У ткани Грета показатели оказались близкими, однако после нескольких циклов стирки наблюдалось небольшое снижение стабильности формы. Интересно, что высокая прочность ткани не всегда означала высокий уровень комфорта. Некоторые плотные материалы выдерживали серьёзную механическую нагрузку, но ограничивали подвижность и создавали ощущение жёсткости при длительном ношении. Этот момент часто недооценивается при выборе ткани для военной формы, особенно когда основной упор делается только на срок службы изделия. Испытания показали

ещё одну проблему: универсального материала для всех условий пока нет. Ткань, которая хорошо работает зимой, летом может вызывать перегрев. А лёгкие материалы с высокой воздухопроницаемостью быстрее изнашиваются при интенсивной эксплуатации. Поэтому при разработке современной военной формы важен не только выбор ткани, но и грамотное сочетание материалов, конструкции и условий использования.

$$P = \frac{V}{S}$$

где,
 P - воздухопроницаемость ткани;
 V - объём воздуха, проходящего через образец;
 S - площадь исследуемого образца.

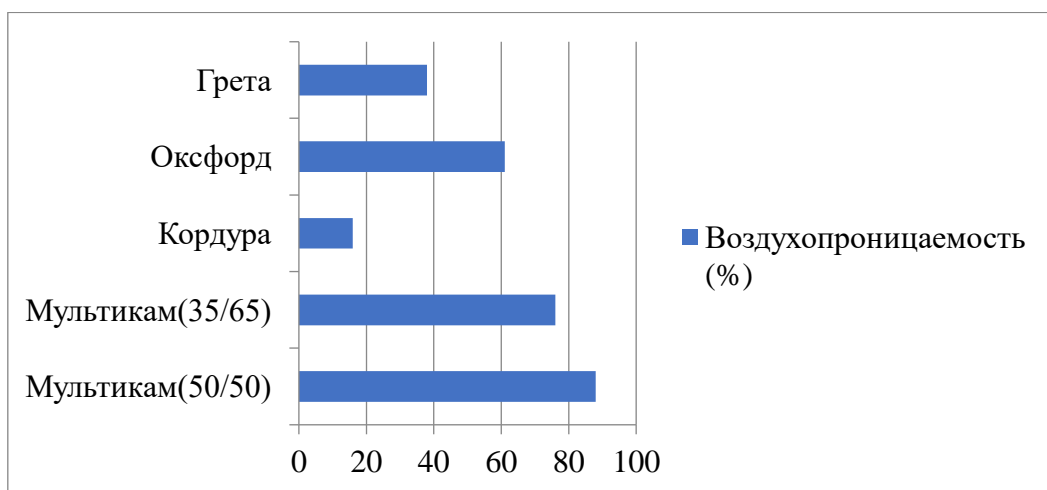


Рисунок 1. Диаграмма 1. Оценка воздухопроницаемости тканей

Разница между тканями стала заметна уже на первых испытаниях. Некоторые материалы хорошо выдерживали нагрузку, но буквально «запирали» воздух внутри одежды. Для военной формы это серьёзная проблема: при длительном движении или высокой температуре тело быстро перегревается, а влага начинает накапливаться под одеждой. Лучший результат показала ткань Мультикам 50/50. Показатель воздухопроницаемости составил 44,275 дм³/(м²·с). Материал оказался достаточно рыхлым по структуре: волокна расположены не слишком плотно, поэтому воздух свободнее проходит через ткань. В реальной эксплуатации это ощущается сразу: форма меньше «парит» и дольше сохраняет комфорт при активном движении. Мультикам 65/35 показал более умеренный результат -34,425 дм³/(м²·с). Воздухообмен здесь уже ниже, зато

ткань лучше держит форму и меньше деформируется после стирок. Такой компромисс между прочностью и комфортом часто встречается в смесовых материалах. А вот Оксфорд, Грета и Кордура продемонстрировали низкую воздухопроницаемость. Причина оказалась предсказуемой: плотное переплетение нитей и высокая поверхностная плотность материала. Эти ткани рассчитаны прежде всего на прочность и устойчивость к износу, поэтому воздухообмен у них заметно хуже [4].

Интересно, что высокая прочность ткани не всегда означает удобство при носке. На практике плотные материалы хорошо защищают от механических повреждений, но при длительной нагрузке быстрее создают эффект «закрытого» микроклимата внутри одежды. Особенно это ощущается летом или при интенсивной физической активности.

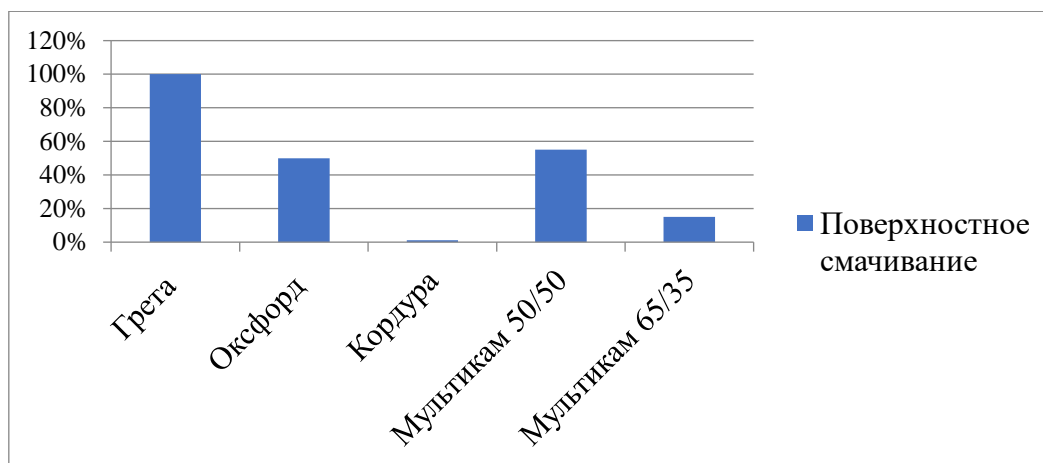


Рисунок 2. Диаграмма 2. Оценка поверхностного смачивания тканей

Испытание на поверхностное смачивание проводили на приборе МТ-032. Образцы ткани фиксировали в кольцевом зажиме диаметром 100 мм под углом 45°. Затем через воронку на поверхность ткани в течение 15–20 секунд подавали 250 мл воды согласно ГОСТ 3816-81. После испытания оценивали, насколько сильно намокала поверхность материала и как быстро вода впитывалась или скатывалась. Разница между тканями оказалась очень заметной. Ткань Грета впитала воду практически полностью. Поверхность намокла сразу, а уровень водопроницаемости достиг почти 100%. Гидрофобных свойств у материала почти не обнаружилось. Для жаркой погоды это может быть плюсом – ткань лучше впитывает влагу, но в условиях дождя или сырости такой материал быстро становится тяжёлым и долго сохнет. Оксфорд повёл себя иначе. Во время испытания ткань впитала примерно половину объёма воды. Часть влаги задерживалась на поверхности, часть постепенно проникала внутрь материала. Поведение ткани оказалось более сбалансированным, хотя полной влагозащиты она не обеспечила. Саржа 50/50 показала похожий результат: поверхность намокала частично, а общий уровень смачивания составил около 55%. Материал не

отталкивал воду полностью, но и не впитывал её так быстро, как Грета. В реальных условиях такая ткань обычно комфортнее при переменной погоде. Самый высокий результат по влагозащите показала Кордура. Поверхность ткани практически не намокала – капли воды оставались сверху и просто скатывались вниз. Это объясняется плотной структурой материала и выраженными гидрофобными свойствами. Но здесь снова появляется спорный момент: хорошая защита от влаги часто сопровождается слабой воздухопроницаемостью. Саржа 65/35 намокала незначительно. Степень поверхностного смачивания составила около 15%. Материал показал более устойчивое поведение к влаге, чем ткани с большим содержанием хлопка, при этом сохранил относительно нормальный воздухообмен [5].

Испытания ещё раз подтвердили простую вещь: универсальной ткани для военной формы пока нет. Материалы, которые хорошо защищают от влаги, часто хуже пропускают воздух. А ткани с высокой воздухопроницаемостью быстрее намокают и теряют форму при постоянной эксплуатации. Поэтому выбор ткани всегда остаётся поиском баланса между комфортом, защитой и долговечностью.

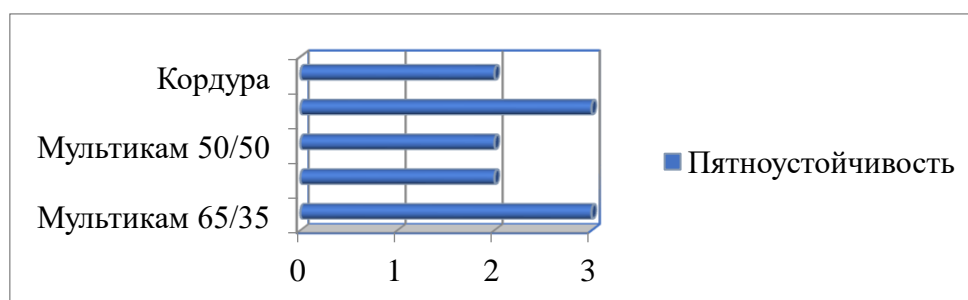


Рисунок 3. Диаграмма 3. Оценка стойкости тканей к пятнам

Испытание на стойкость к загрязнениям проводили в условиях, максимально приближённых к обычной эксплуатации. Для военной формы это не мелочь: ткань постоянно контактирует с пылью, маслом, напитками, техническими жидкостями. При этом материал должен не только выдерживать нагрузку, но и нормально очищаться после стирки. На практике с этим справляются далеко не все ткани. Во время испытания на поверхность каждого образца наносили два типа загрязнений: 2 мл растительного масла; 2 мл чёрного чая. Капли оставляли на ткани на 10 минут при комнатной температуре. После этого образцы вручную промывали в мыльной воде при температуре 40 °С в течение 30 секунд. Затем ткани высушивали и визуально оценивали: исчезло пятно полностью или остались следы загрязнения [6].

Результаты оценивали по трёхбалльной шкале. Разница между материалами оказалась заметной уже после первой промывки. На ткани Мультикам 50/50 остались слабые следы масла и чая. Загрязнение удалилось не полностью, хотя поверхность сохранила относительно ровный внешний вид. Для смесовой ткани результат оказался средним: материал не впитывал загрязнение слишком глубоко, но и полностью очиститься не смог. Грета повела себя неоднозначно. Следы чая практически исчезли после промывки, а вот масло оставило небольшое заметное пятно. Это ещё раз показало, что ткань хорошо впитывает влагу, но вместе с этим быстрее удерживает жирные загрязнения. Кордура после испытания сохранила лёгкие следы красителя от чая и

масла. При этом сама структура ткани практически не изменилась. Плотное плетение помогло избежать глубокого проникновения жидкости, однако полностью удалить загрязнение оказалось сложнее, чем ожидалось. Лучший результат показал Оксфорд. После промывки оба загрязнителя полностью удалились, поверхность осталась чистой, без заметных следов и разводов. Материал продемонстрировал высокую устойчивость к бытовым загрязнениям и хорошую способность к очистке даже без интенсивной стирки. Похожий результат получила ткань Мультикам 35/65. Масло и чай полностью смылись, а поверхность практически не изменилась после обработки. Вероятно, более высокое содержание полиэстера уменьшило впитывание загрязнений внутрь волокон [7; 8].

Интересно, что ткани с высокой влажостойкостью не всегда показывали одинаково хороший результат при очистке. Некоторые материалы почти не впитывали воду, но на поверхности всё равно оставались следы красителя. На практике это означает, что визуально форма может выглядеть загрязнённой даже после стирки. В целом большинство исследованных тканей показали нормальную устойчивость к кратковременному воздействию загрязнителей. Самые стабильные результаты получили Оксфорд и Мультикам 35/65. Эти материалы лучше сохраняли внешний вид после очистки и требовали меньше усилий при удалении пятен. Для исследования линейной усадки использовали образцы тканей размером 10×10 см.

Таблица 1. Оборудование и условия, использованные при исследовании тканей

№	Используемое оборудование	Характеристика / условия испытания
1	Ёмкость с холодной водой	Температура воды — 20 °С, продолжительность испытания — 30 минут
2	Ёмкость с тёплой водой	Температура воды — 40 °С, продолжительность испытания — 30 минут
3	Ёмкость с мыльным раствором	Температура раствора — 40 °С, время воздействия — 30 минут
4	Стиральная машина	Режим стирки — деликатный
5	Линейка	Точность измерения — 0,5 мм
6	Маркер	Использовался для разметки контрольных линий на образцах
7	Образцы тканей	Размер образцов — 10×10 см, с нанесёнными контрольными метками

После испытаний на влажостойкость и загрязнение ткани дополнительно проверяли на усадку. Это один из самых проблемных моментов для форменной одежды. Пока

изделие новое, посадка выглядит нормально, но после нескольких стирок ткань может «сесть», перекосяться или начать стягивать отдельные участки формы. Особенно часто это прои-

сходит с материалами, где высокое содержание натуральных волокон.

Для испытания использовали образцы размером 10×10 см. Ткани стирали в стиральной машине в деликатном режиме по 30 минут при температурах 30 °С, 40 °С и 60 °С. После каждой стирки образцы сушили при комнатной температуре и повторно измеряли.

Линейную усадку рассчитывали по формуле:

$$x_0 = \frac{L_2 * 100\%}{L_1}$$

где,

L_1 – первоначальная длина образца, см;

L_2 – длина образца после стирки, см.

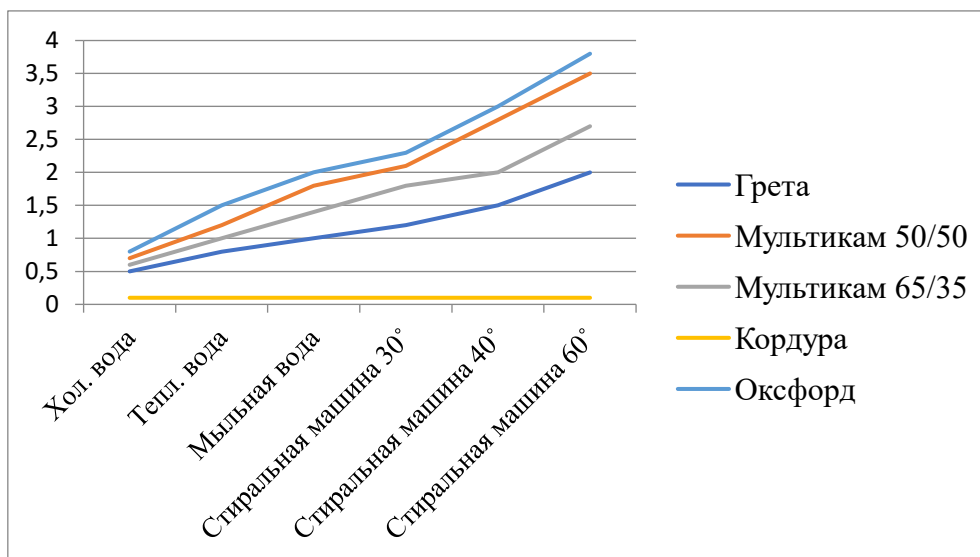


Рисунок 4. Диаграмма 4 – Оценка линейной усадки тканей

Разница между тканями стала особенно заметной после стирки при 60 °С. Материалы с высоким содержанием хлопка начали уменьшаться в размерах уже после первых циклов обработки. Наибольшую усадку показали саржа и Оксфорд. После высыхания ткань становилась плотнее, а структура более жёсткой. Для форменной одежды это серьёзный недостаток: форма начинает хуже сидеть, появляются натяжения в области швов и ограничение движений. С повышением температуры проблема усиливалась. При 30 °С изменения были минимальными, но уже при 40 °С ткани с натуральными волокнами начали заметно сокращаться по длине. При 60 °С линейная усадка стала выраженной почти у всех хлопкосодержащих образцов. Синтетические материалы (Грета и Кордура) показали совершенно другое поведение. Даже после стирки при 60 °С размеры ткани практически не

изменились. Материалы сохранили форму, плотность и структуру переплетения. С точки зрения стабильности размеров это один из самых надёжных вариантов. Но здесь снова возникает спорный момент. Ткани с высокой синтетической составляющей действительно меньше деформируются, однако при длительном ношении они уступают хлопковым материалам по комфорту и воздухообмену. На практике приходится искать компромисс между стабильностью размеров и удобством эксплуатации.

Самым сбалансированным вариантом оказалась саржа 65/35. Несмотря на наличие натуральных волокон, ткань показала относительно небольшую усадку и при этом сохранила нормальные гигиенические свойства. Материал не давал сильной деформации после стирки и оставался достаточно комфортным при носке.

Таблица 2. Результаты сравнительного исследования физико-механических и санитарно-гигиенических свойств тканей

№	Название ткани	Состав	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Поверхностное смачивание	Стойкость к пятнам	Уровень усадки
1	Грета	45% полиэстер, 55% хлопок	18 525	100% -ткань полностью намокает	2	Низкий
2	Мультикам 50/50	50% полиэстер, 50% хлопок	44 275	55% -средний уровень смачивания	2	Средний
3	Мультикам 65/35	65% полиэстер, 35% хлопок	34 425	15% -высокая влагостойкость	3	Минимальный
4	Оксфорд	70% полиэстер, 30% хлопок	23 000	50% -средний уровень смачивания	3	Средний
5	Кордура	100% полиэстер	7 700	0% -вода не проникает в ткань	2	Низкий

На бумаге современная военная форма выглядит вполне функционально: прочная ткань, стандартный крой, соответствие нормативам. Но в движении многие проблемы становятся заметны сразу. Во время приседания натягивается спина, при поднятии рук тянет плечевой пояс, а в положении сидя ткань собирается жёсткими складками в области талии и коленей. Формально форма подходит по размеру, но ощущение свободы движения при этом остаётся ограниченным. Особенно это проявляется при длительной нагрузке. Военнослужащие часами находятся в экипировке, двигаются, бегут, работают с оружием, меняют положение тела. В таких условиях неудобная форма начинает утомлять не меньше самой физической нагрузки. Поэтому оценка эргономики одежды давно перестала быть второстепенной задачей [10].

Для исследования использовали действующую форму Национальной гвардии из ткани с составом 50% хлопка и 50% полиэстера. Такой материал достаточно прочный, устойчив к износу и относительно прост в уходе. Но в

эксплуатации обнаружили типичные проблемы смесовых тканей средней плотности: ограниченная воздухопроницаемость и слабая вентиляция в местах плотного прилегания к телу. Во время активного движения ткань местами прилипла к спине и плечам, а циркуляция воздуха внутри одежды ухудшалась. Испытания проводились на военнослужащем ростом 175 см и весом 75 кг. Во время эксперимента он выполнял пять основных движений: приседания; поднятие рук; повороты корпуса; бег; переход в положение сидя. Во время движения фиксировали изменение посадки одежды в области плеч, спины, талии, шеи и коленей. Для измерений использовали сантиметровую ленту и видеонаблюдение [11; 12].

$$RI = \frac{L_m - L_r}{L_r} * 100\%$$

где,

L_r - размер участка одежды в состоянии покоя;

L_m - размер участка при движении.



Рисунок 1. Выполнение двигательных упражнений во время испытаний

Результаты оказались ниже ожидаемых. Средний индекс движения составил около 3–4%, тогда как эргономические требования рекомендуют уровень 6–8%. На практике это означает, что форма недостаточно компенсирует движения тела и частично ограничивает подвижность [13]. Проблемные зоны проявились довольно быстро. В области спины и плеч образовывались глубокие складки, а ткань растягивалась неравномерно. При поднятии рук куртка заметно натягивалась вверх, а при приседании появлялось избыточное напряжение в коленной зоне. Особенно жёстко ткань вела себя после длительного движения, когда материал нагревался и хуже пропускал воздух.

Интересно, что сама ткань не выглядела слишком жёсткой в статичном положении. Ограничения становились заметны именно в динамике -при резких движениях и смене положения тела. Это ещё раз показывает, что лабораторная оценка материала без проверки в реальных условиях даёт неполную картину.

После анализа результатов были предложены несколько изменений конструкции формы. Наиболее эффективным решением оказалось добавление скрытых складок в боковой части спины. Такая деталь позволила увеличить свободу движений без заметного изменения внешнего вида формы. Отдельно рассматривалась возможность анатомической регулировки в области талии и коленей. Простое изменение формы этих участков снизило натяжение ткани при приседании и поворотах корпуса. Подобные решения часто используются в современной тактической одежде, но в серийной военной форме внедряются пока не всегда стабильно [14; 15].

Дополнительно предложили регулируемые элементы на талии, манжетах и в области горловины. Такие детали позволяют адаптировать форму под особенности телосложения, а не под усреднённые размеры. На практике даже небольшая регулировка заметно влияет на комфорт при длительном ношении. Исследование показало довольно очевидную, но часто игнорируемую вещь: эргономика формы зависит не только от ткани. Даже качественный материал не решает проблему, если конструкция одежды ограничивает движение. Волокнистый состав, плотность ткани, расположение швов и особенности кроя должны работать вместе. Иначе форма остаётся прочной и «правильной» по стандартам, но неудобной в реальной службе [16].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости. – М.: Издательство стандартов.
2. ГОСТ ISO 9237. Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости. – М.: Стандартинформ.
3. ГОСТ 3816-81. Материалы текстильные. Метод определения водопроницаемости при воздействии воды под напором. – М.: Издательство стандартов.
4. ГОСТ 938.31-78. Материалы текстильные. Метод определения устойчивости к загрязнению. – М.: Издательство стандартов.
5. ГОСТ 30157.0-95. Материалы текстильные. Метод определения изменения размеров после влажно-тепловых воздействий. – М.: Стандартинформ.
6. Кузнецова Н.В. Текстильные материалы: свойства, испытания, применение. – М.: Академия, 2019.
7. Бейсенова Г.З., Әлімқұлова Ж.Т. Тоқыма материалдарының қасиеттері мен оларды сынау әдістері. – М.: Алматы:Эверо, 2020.
8. Иванова Л.А. Основы материаловедения текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 2018.
9. Абдукаримова А.К. Киім конструкциясы мен материалтану негіздері. – М.: Алматы: АТУпресс, 2021
10. ГОСТ 9897-88. Материалы текстильные. Методы определения гигроскопичности. – М.: Стандартинформ.
11. Ережепова Л.С. Тоқыма өндірісіндегі талшықтар мен жіптердің қасиеттері. – Шымкент: ОҚМУ, 2021.
12. Military Textiles. – М.: Woodhead Publishing, 2020. (Әскери тоқыма материалдары)
13. Comfort Testing and Analysis of Military Textiles. – М.: Elsevier, 2019. (Әскери тоқыма материалдарының жайлылықты сынау және сәйкестік талдауы)
14. Ефименко А.А. Конструирование и эргономика специальной одежды. – М.: Москва: Легкая промышленность, 2019.
15. Кадилова А.А., Жұмабаева Л.Ж. Арнайы киімнің конструкциялық-эргономиалық көрсеткіштерін бағалау. //Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2021.
16. Козлова Е.И. Эргономические основы проектирования спецодежды для силовых структур. – М.: Дизайн и технология. – 2019.

REFERENCES

1. OST 12088-77. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya vozduhopronitsaemosti [Textile materials. Method for determining air permeability]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (In Russian)
2. OST ISO 9237. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya vozduhopronitsaemosti [Textile materials.

Method for determining air permeability]. Moscow: Standartinform. (In Russian)

3.OST 3816-81. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya vodopronitsaemosti pri vozdejstvii vody pod naporom [Textile materials. Method for determining water permeability under pressure]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (In Russian)

4.OST 938.31-78. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya ustojchivosti k zagryazneniyu [Textile materials. Method for determining resistance to contamination]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (In Russian)

5.OST 30157.0-95. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya izmeneniya razmerov posle vlazhnoplovyh vozdeystvij [Textile materials. Method for determining dimensional changes after wet-heat treatment]. Moscow: Standartinform. (In Russian)

6.Kuznetsova N.V. Tekstil'nye materialy: svoystva, ispytaniya, primeneniye [Textile materials: properties, testing, application]. Moscow: Akademiya, 2019. (In Russian)

7.Bejsenova G.Z., Álimqulova Zh.T. Toqyma materialdarynyn qasietteri men olardy synau ádisteri [Properties of textile materials and methods of their testing]. Almaty: Evero, 2020. (In Kazakh)

8.Ivanova L.A. Osnovy materialovedeniya tekstil'noj promyshlennosti [Fundamentals of materials science in the textile industry]. Moscow: Legprombytizdat, 2018. (In Russian)

9.Abdukarimova A.K. Kiim konstruksiyasy men materialtanu negizderi [Fundamentals of clothing

construction and materials science]. Almaty: ATU press, 2021. (In Kazakh)

10. OST 9897-88. Materialy tekstil'nye. Metody opredeleniya gigroskopichnosti [Textile materials. Methods for determining hygroscopicity]. Moscow: Standartinform. (In Russian)

11. Erezhepova L.S. Toqyma óndirisindegi talshyqtar men zhipterdin qasietteri [Properties of fibers and threads in textile production]. Shymkent: OQMu, 2021. (In Kazakh)

12. Military Textiles. Woodhead Publishing, 2020.

13. Comfort Testing and Analysis of Military Textiles. Elsevier, 2019.

14. Efimenko A.A. Konstruirovaniye i ergonomika special'noj odezhdy [Design and ergonomics of special clothing]. Moscow: Legkaya promyshlennost', 2019. (In Russian)

15. Kadirova A.A., Zhumabaeva L.Zh. Arnajy kiimnin konstruksiyalyq-ergonomialyq kórsetkishterin bagalau [Evaluation of structural and ergonomic indicators of special clothing]. Almaty: Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2021. (In Kazakh)

16. Kozlova E.I. Ergonomicheskie osnovy proektirovaniya specodezhdy dlya silovyh struktur [Ergonomic foundations of designing special clothing for law enforcement structures]. Dizajn i tekhnologiya, 2019. (In Russian)

СУПЕРГИДРОФОБТЫ ЦЕЛЛЮЛОЗАЛЫҚ ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРЫ

А. БУРКИТБАЙ* , Б.А. АБУСЕЙТОВА , А.Б. ДОШИБЕКОВА ,
М.А. ОРМАНОВА , Б.Р. РАШИДОВА 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)

Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: asemka76@mail.ru*

Зерттеу нысаны ретінде мақта, зығыр және вискоза талшықтарының маталары алынды. Әр мата үлгісі 20×20 см өлшемінде кесіліп дайындалды. Маталарға золь-гель технология негізінде гидрофобтық қасиет беру мақсатында натрий силикаты ерітіндісі (натрий силикаты:су/1:2 қатынасында) әзірленді. Қышқыл орта түзу үшін ерітіндіге 5 мл сірке қышқылы қосылды. Өңделген үлгілер термошкафта 80°С-де, 15 мин кептірілді. Одан кейін мата үлгілері полиметилсилоксан ерітіндісінде (20 - 40 мл/л) өңделді, сығу және кептіруден кейін 120°С температурада 1 минут термоөңдеуден өтті. Натрий силикаты және полиметилсилоксан негізінде өңделген үлгілердің ылғалды өңдеуден кейінгі гидрофобтық қасиеті жақсы сақталған. Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтылығы ISO 811 - 2021 бойынша пенетрометрде анықталды. Өңделген маталардың әртүрлі жағдайлардағы бұл көрсеткіші 100 мм су бағанасынан асады. Матаның беттік сулануға төзімділігін шашырату әдісімен (ISO 4920) тексеру кезінде өңделген үлгілердің гидрофобтық қасиеттері 4 - 5 баллға бағаланды, себебі үлгінің беткі жағында аздаған тамшылар қалды. Өңделмеген маталар үшін бұл көрсеткіш 0 баллға тең, яғни үлгінің екі жағы да толығымен суланды. Ұсынылған композициямен өңделген целлюлозалық текстиль материалдарының ауа өткізгіштік көрсеткіштері нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

Негізгі сөздер: супергидрофобтық, золь-гель технология, натрий силикаты, полиметил-силоксан, сірке қышқылы

ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С СУПЕРГИДРОФОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ

А. БУРКИТБАЙ*, Б.А. АБУСЕЙТОВА, А.Б. ДОШИБЕКОВА,
М.А. ОРМАНОВА, Б.Р. РАШИДОВА

(Алматинский технологический университет, Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Төле би 100)

Электронная почта автора-корреспондента: asemka76@mail.ru*

В качестве объектов исследования были выбраны ткани из хлопка, льна и вискозного волокна. Подготовлены образцы ткани размером 20×20 см. С целью придания гидрофобных свойств тканям на основе золь-гель технологии была приготовлена композиция из раствора силиката натрия (в соотношении силикат натрия:вода / 1:2). Для создания кислой среды в раствор добавили 5 мл уксусной кислоты. Обработанные образцы сушили в термошкафу при температуре 80 °С в течение 15 минут. Затем образцы обрабатывали в растворе полиметилсилоксана (в концентрации 20 – 40 мл/л), после чего подвергали отжиму и сушке, а затем термообработке при температуре 120 °С в течение 1 минуты. Образцы, обработанные силикатом натрия и полиметилсилоксаном, сохраняли хорошие гидрофобные свойства даже после влажной обработки. Гидрофобность целлюлозных текстильных материалов определяли с помощью пенетрометра в соответствии с стандартом ISO 811-2021. В различных условиях этот показатель для обработанных тканей превышал 100 мм водяного столба. При проверке устойчивости поверхности ткани к смачиванию методом распыления (по стандарту ISO 4920) обработанные образцы оценивались на 4 – 5 баллов, что объясняется присутствием небольших капель на поверхности образца. Для необработанных тканей этот показатель составил 0 баллов, то есть обе стороны образца полностью намокли. Показатели воздухопроницаемости целлюлозных текстильных материалов, обработанных предложенной композицией, соответствуют нормативным требованиям.

Ключевые слова: супергидрофобность, золь-гель технология, силикат натрия, полиметилсилоксан, уксусная кислота.

CELLULOSE TEXTILE MATERIALS WITH SUPERHYDROPHILIC PROPERTIES

A. BURKITBAY*, B.A. ABUSEITOVA, A.B. DOSHIBEKOVA,
M.A. ORMANOVA, B.R. RASHIDOVA

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi st., 100)

Corresponding author's e-mail: asemka76@mail.ru*

Fabrics made of cotton, flax and viscose fiber were chosen as objects of research. Samples of 20×20 cm were prepared. In order to give hydrophobic properties to fabrics based on sol-gel technology, a composition was prepared from a solution of sodium silicate (in the ratio of sodium silicate:water / 1:2). To create an acidic environment, 5 ml of acetic acid was added to the solution. The treated samples were dried in a thermal oven at 80 °C for 15 minutes. The samples were then treated with a solution of polymethylsiloxane (at a concentration of 20-40 ml/L), followed by pressing and drying, and then heat treatment at 120 °C for 1 minute. Samples treated with sodium silicate and polymethylsiloxane retained good hydrophobic properties even after wet processing. The hydrophobicity of cellulose textile materials was determined using a penetrometer in accordance with the ISO 811-2021 standard. Under various conditions, this value exceeded 100 mm of water pressure for the treated fabrics. When testing the resistance of the fabric surface to wetting by spraying (according to the ISO 4920 standard), the treated samples were rated at 4 to 5 points, which is due to the presence of small droplets on the surface of the sample. For untreated fabrics, this value was 0 points, indicating that both sides of the sample were completely wet. The air permeability of the cellulose textile materials treated with the proposed composition meets the regulatory requirements.

Keywords: superhydrophobicity, sol-gel technology, sodium silicate, polymethylsiloxane, acetic acid.

Kipicne

Текстиль бұйымдарының сапасы, эксплуатациялық қасиеттері, сыртқы көрінісі соңғы өңдеу технологиясына тікелей байланысты.

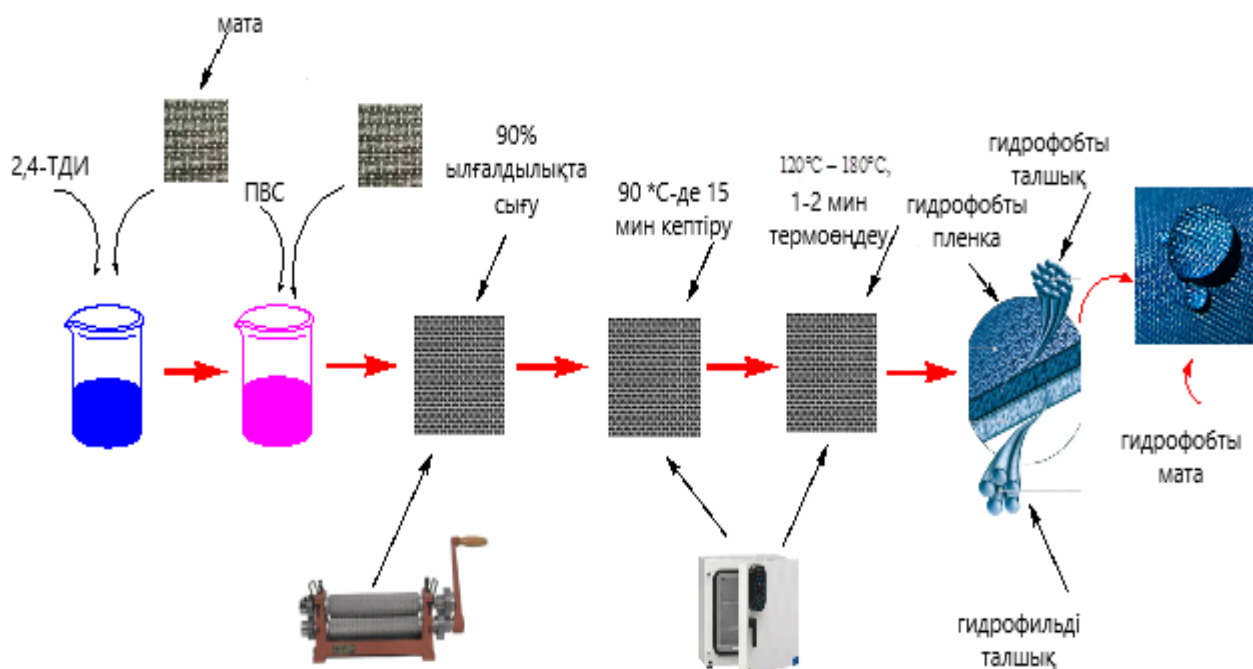
Қоршаған ортаның қазіргі дамуы, технологиялық жағдайлардың, экологиялық және биологиялық апаттардың артуы, аллергиялық ауырулардың көбеюі комплексті қорғаушы қасиеті бар жаңа буын текстиль материалдарының қажеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, көптеген адамдар үшін уақыт тапшылығын тудыратын заманауи өмір салты текстиль бұйымдарына жаңа талап қоюда, мысалы, киімдер көп күтім қажет етпеу керек, жуғанда тез тазаруы тиіс және т.б. Сондықтан текстиль материалдары биотұрақтылық, пішінтұрақтылық, кір итергіштік және жеңіл жуылатын қасиеттерге ие болуы тиіс.

Кейде целлюлозалық талшықтардың маталарына гидрофобтық, яғни су итергіштік қасиет беру қажет болады. Мұндай талаптар шатырға, қаптауға және орауға арналған техникалық маталарға қойылады. Бірқатар арнайы киімдер гидрофобтық талаптарды қанағаттандыру қажет. Тұрмыстық қолданыстағы маталардан қардың және жаңбырдың әсеріне

түсіп тұратын сыртқы киімдерге арналған костюмдік, пальтолық материалдар су итергіш болуы тиіс. Гидрофобтық материалдарға салыстырғанда гидрофильдік талшықтардың бұйымдары тез кірлейді, өйткені сумен бірге шаң, түтін матаға жеңіл сіңеді [1 - 4].

Бұл өңдеуді шайырлардың ғана емес, қарапайым химиялық қосылыстардың көмегімен жүргізуге болады. Целлюлозаның су сіңіргіштігін төмендету үшін әртүрлі тәсілмен гидроксильді топтарды бұғаттап, олардың су молекуласымен әрекеттесуінің алдын алу керек.

Мысалы, [5] жұмыста поливинил спирті және толуилен-2,4-диизоцианаты негізінде целлюлозалық талшықтардың материалдарына су итергіштік қасиет берілген (1-сурет). Мұнда матаның гидрофобтық қасиетін ылғал сіңіру көрсеткіші арқылы зерттеген. Ылғалды жоғары мөлшерде сіңірген өңделмеген мата, өңделген үлгілерге салыстырғанда әлдеқайда жай кебеді. Мәселен, 15 минут кептіргеннен кейін ұсынылған тәсілде өңделген үлгілердегі ылғал мөлшері 47 – 65 %, ал өңделмеген үлгіде 145 % құраған.



Сурет 1. Мақта матасына жоғары гидрофобтық қасиет беру процесінің схемасы

Қазіргі таңда ғалымдар текстиль материалдарын гидрофобтық өндеудің жетілдірілген тәсілін үздіксіз іздестіру үстінде [6-10]. Өйткені қазіргі қолданыстағы гидрофобтық препараттарының қымбаттығына, зияндылығына және технологиясының күрделі болуына байланысты бірқатар кемшіліктері бар. Сонымен қатар, көптеген препараттар бірнеше ылғалды өндеуден кейін су итергіштік қасиетін күрт төмендетеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Бұл жұмыста зерттеу нысаны ретінде мақта (артикул МКТ-101), зығыр (артикул ЗҮР-204) және вискоза (артикул ARL-309) талшықтарының маталары алынды. Әр мата үлгісі 20×20 см өлшемде дайындалды.

Келесі химиялық материалдар қолданылды: натрий силикаты, полиметилсилоксан, сірке қышқылы.

Полиметилсилоксан (*ПМС*) - силикан майлары - минералды майлардан айтарлықтай ерекшеленеді. Олар -40°C-ден +200°C-ге дейін температураға төзімді. ПМС әртүрлі беттерде жұқа қабықша түзуге қабілетті. Силикон майының гидрофобтық қасиеті өте жоғары.

Натрий силикаты - бұл натрий (Na), кремний (Si) және оттегінен (O) тұратын

бейорганикалық қосылыс. Жалпы формуласы: $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Қышқылдармен реакцияға түсіп, кремний қышқылын немесе гель түзетін қабілеті бар.

Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтық қасиеті ISO 811-2021 бойынша пенетрометрде, шашырату әдісімен ISO 4920 бойынша анықталды.

Нәтижелер және оларды талқылау

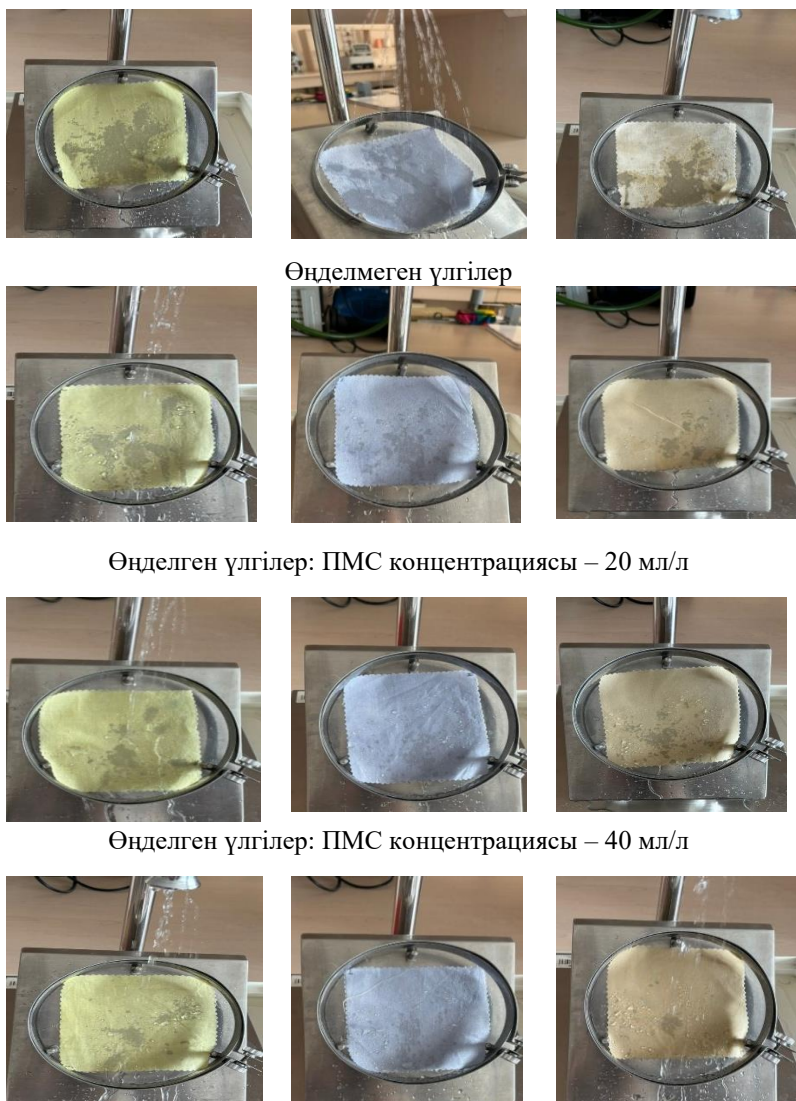
Целлюлозалық текстиль материалдарына жоғары гидрофобтық қасиет беру мақсатында ПМС 20 – 40 мл/л концентрациясында өндеуден өткіздік. ПМС 20 мл/л концентрацияда өңделген маталардың суитергіштігі біршама артқаны байқалады, алайда, белгілі уақыттан кейін су тамшылары үлгі бетіне сіңе бастағаны байқалды (2-сурет).

ПМС концентрациясын 40 мл/л дейін көтерген кезде маталар жоғары гидрофобтық қасиетке ие болды. Бірақ осы үлгілердің ылғалды өндеуден кейін (жуудан кейін) суитергіштік қасиеті төмендегені байқалады. Сол себепті гидрофобтық препараттың матаға бекітілуін қамтамасыз ету мақсатында золь-гель технология пайдаланылды (3-сурет).

Натрий силикаты және ПМС негізінде золь-гель технологияда өңделген үлгілердің ылғалды өңдеуден кейінгі гидрофобтық қасиеті жақсы сақталған (4-сурет).

Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтылығы ISO 811 - 2021 бойынша пенетрометрде анықталды. Өңделген маталардың әртүрлі жағдайлардағы бұл көрсеткіші 100 мм су бағанасынан асады.

Зерттеу нәтижесінде матаның беттік сулануға төзімділігін шашырату әдісімен (ISO 4920) тексеру кезінде өңделген матаның гидрофобтық қасиеттері 4 - 5 баллға бағаланды, себебі үлгі бетінде тамшылар қалмайды (5-сурет). Өңделмеген маталар үшін бұл көрсеткіш 0 баллға тең, яғни үлгінің екі жағы да толығымен суланады.



Өңделмеген үлгілер

Өңделген үлгілер: ПМС концентрациясы – 20 мл/л

Өңделген үлгілер: ПМС концентрациясы – 40 мл/л

Өңделген үлгілер: натрий силикаты және ПМС концентрациясы – 40 мл/л

Сурет 5. Целлюлозалық текстиль материалдарының суитергіштігі

Талшық бетінде қабыршақ түзілу матаның өткізгіштік қасиеттерінің өзгеруіне әкелуі мүмкін. Осыған байланысты зерттелетін мата үлгілерінің ауа өткізгіштік көрсеткіштері МТ-160 (ISO 9237-2013) құрылғысында анықталды. Ұсынылған құраммен өңделген мақта матасының ауа өткізгіштік коэффициенттері 189 –

196 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$, ал бастапқы матада – 225 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$; өңделген зығыр матасының ауа өткізгіштік коэффициенттері 166 – 173 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$, ал бастапқы матада – 186 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$; өңделген вискоза матасының ауа өткізгіштік коэффициенттері 199 – 205 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$, ал бастапқы матада – 243 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$ құрайды. Ұсынылған

композициямен өңделген материалдардың ауа өткізгіштік көрсеткіштері маталардың осы топтары үшін нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

Қорытынды

Маталарға золь-гель технология негізінде гидрофобтық қасиет берілді. Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтылығы ISO 811 - 2021 бойынша пенетрометрде анықталды. Өңделген маталардың әртүрлі жағдайлардағы бұл көрсеткіші 100 мм су бағанасынан асады.

Зерттеу нәтижесінде матаның беттік сулануға төзімділігін шашырату әдісімен (ISO 4920) тексеру кезінде өңделген матаның гидрофобтық қасиеттері 4 - 5 баллға бағаланды, себебі үлгі бетінде тамшылар қалмайды. Өңделмеген маталар үшін бұл көрсеткіш 0 баллға тең, яғни үлгінің екі жағы да толығымен суланады. Аталған композициямен өңделген материалдардың ауа өткізгіштік көрсеткіштері маталардың осы топтары үшін нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Asim F., Naeem F. Investigation of self-cleaning attributes of denim fabric modified with naturally synthesized ZnO nanoparticles // *Pigment & Resin Technology*. – 2023. – Vol. 52, № 6. – P. 738–746. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-04-2022-0042>.
2. Shi F., Xu J., Zhang Z. Study on UV-protection and hydrophobic properties of cotton fabric functionalized by graphene oxide and silane coupling agent // *Pigment & Resin Technology*. – 2019. – Vol. 48, № 3. – P. 237–242. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-09-2018-0098>.
3. Zhang W., Liu C., Yao J., Li S. TiO₂/PDMS hybrid system for constructing superhydrophobic surfaces of cotton fabrics with resistance to droplet adhesion // *Pigment & Resin Technology*. – 2023. – Vol. ahead-of-print. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-11-2022-0138>.
4. Kumar A., Manshahia M. The rise of sustainable approaches in development of waterproof breathable fabrics for garment: a systematic literature review // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 2024. – Vol. ahead-of-print. – DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-01-2024-0015>.
5. Burkitbay A., Dyussenbiyeva K.Z., Sarttarova L.T., Kalmakhanova M.S. Development of cellulose textile materials with high water-repellent properties // *Materials and Manufacturing Processes*. – 2025. – Vol. 40, № 11. – P. 1417–1426. – URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105009497279>.
6. Zhang J., Jiang X. Synthesis and characterization of alicyclic two-component waterborne polyurethane // *Pigment & Resin Technology*. – 2018. – Vol. 47, № 4. – P. 315–322. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-07-2017-0064>.
7. Teli M., Annaldewar B.N. Towards superhydrophobic and ultraviolet protective nylon fabrics // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 2017. – Vol. 29, № 5. – P. 696–705. – DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-02-2017-0013>.
8. Zhang W., Yao J., Wang S. Multifunctional outdoor fabrics with ATO and TiO₂ embedded PU coatings // *Pigment & Resin Technology*. – 2019. – Vol. 48, № 4. – P. 348–356. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-08-2018-0087>.
9. Gayathri A., Varalakshmi P., Sethuraman M.G. Development of trilayered multifunctional superhydrophobic cotton fabric using biogenic materials // *Research Journal of Textile and Apparel*. – 2024. – Vol. 28, № 3. – P. 396–412. – DOI: <https://doi.org/10.1108/RJTA-05-2022-0055>.
10. Syafiq A., Pandey A.K., Balakrishnan V., Shahabuddin S., Rahim N.A. Organic-inorganic composite nanocoatings with superhydrophobicity and thermal stability // *Pigment & Resin Technology*. – 2024. – Vol. 53, № 1. – P. 10–16. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-04-2018-0038>.
11. Boukhriss A., Gmouh S., Hannach H., Roblin J.P., Cherkaoui O., Boyer D. Treatment of cotton fabrics by ionic liquid with PF₆⁻ anion for enhancing their flame retardancy and water repellency // *Cellulose*. – 2016. – Vol. 23, № 5. – P. 3355–3364. – DOI: [10.1007/s10570-016-1016-9](https://doi.org/10.1007/s10570-016-1016-9).
12. Liu H., Gao S.W., Cai J.S., He C.L., Mao J.J., Zhu T.X., Chen Z., Huang J.Y., Meng K., Zhang K.Q., Al-Deyab S.S., Lai Y.K. Recent progress in fabrication and applications of superhydrophobic coating on cellulose-based substrates // *Materials*. – 2016. – Vol. 9, № 3. – Article No. 124. – DOI: [10.3390/ma9030124](https://doi.org/10.3390/ma9030124).
13. Zhao Q., Wu L.Y.L., Huang H., Liu Y. Ambient-curable superhydrophobic fabric coating prepared by water-based non-fluorinated formulation // *Materials & Design*. – 2016. – Vol. 92. – P. 541–545. – DOI: [10.1016/j.matdes.2015.12.054](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.12.054).
14. Xue C.H., Li M., Guo X.J., Li X., An Q.F., Jia S.T. Fabrication of superhydrophobic textiles with high water pressure resistance // *Surface and Coatings Technology*. – 2017. – Vol. 310. – P. 134–142. – DOI: [10.1016/j.surfcoat.2016.12.049](https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.12.049).
15. Hao L., Gao T., Xu W., Wang X., Yang S., Liu X. Preparation of crosslinked polysiloxane/SiO₂ nanocomposite via in-situ condensation and its surface modification on cotton fabrics // *Applied Surface Science*. – 2016. – Vol. 371. – P. 281–288. – DOI: [10.1016/j.apsusc.2016.02.204](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.02.204).
16. Vasiljević J., Gorjanc M., Jerman I., Tomšič B., Modic M., Mozetič M., Orel B., Simončič B. Influence of oxygen plasma pre-treatment on the water repellency of cotton fibers coated with perfluoroalkyl-functionalized polysilsesquioxane // *Fibers and Polymers*. – 2016. – Vol. 17, № 5. – P. 695–704. – DOI: [10.1007/s12221-016-5652-3](https://doi.org/10.1007/s12221-016-5652-3)

МАЗМҰНЫ

Тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібінің технологиясы

Г. Мәжит, Н.С. Машанова, Б. Калемшиарив, Л.Г. Кудренова, Б.Қ. Оспанова
Тағам өнімдерінің құндылығын арттыруға бағытталған итмұрын түрлерінен алынған экстрактілердің құрамын салыстырмалы бағалау..... 5

А.Т. Қойшыбаева, Я.М. Узаков, Л.А. Каймбаева, А.К. Құрманбекова
Алма сығындысы ұнтақтарының пісірілген шұжықтардың физика- химиялық қасиеттері мен аминқышқылдық құрамына әсері..... 13

Ш.Ы. Кененбай, Б.А. Рскелдиев, А.С. Красников, Ж.Н. Ниязбекова
Өсімдік компоненттерін қолдана отырып жылқы етінен функционалды ет рулетін әзірлеу..... 22

А.Д. Нұрманова, М.Ж. Кизатова, Д.А. Шаймерденова, А.Б. Абуова
Функционалдық нан рецептураларын модельдеу және оңтайландыру: кешенді шолу..... 31

Р.У. Уажанова, У.О. Тұнғышбаева, И.В. Данько, С. Нұрдаулет, А.А. Сарсенова
Ет қауіпсіздігін тұрақты қамтамасыз ету: құс етінің сапасы мен қауіпсіздігі көрсеткіштеріне электрондық сәулелермен өңдеу..... 42

Т.К. Құлажанов, Л.С. Сыздыкова, Қ.М. Абдиева, Г.Д. Шамбулова, Г.Н. Жаксылыкова, А.М. Таева, Л.К. Сенгирбекова
Пектин экстрактысы қосылған көкөніс түстік тағам консервілерінің технологиясын әзірлеу және сапасын бағалау..... 50

С.Т. Жиенбаева, А. Изтаев, К.А. ЕлеуKENOVA, М.А. Якияева, А.Н. Серикбаева, М.Н. Мамыраев, М.Н. Рахымбаева, М.Б. Султанкул
Бұршақ тұқымдас дақылдардың сапасын кешенді бағалау..... 60

Ш.Т. Кырыкбаева, Ж. Қалибекқызы, К.С. Бекбаев, А.А. Мелісова, А.Д. Дайырбекова, А.Р. Оқасов
Жұмсақ тұздық ірімшіктің сапасы мен сақтау мерзіміне молекулалық сутегінің әсері..... 68

А.Ю. Мироненко, Ж.Н. Уванисканова, Ю.А. Синяевский, А.Ш. Шарипбаева, Д. Ынтымаққызы
Қазақстан нарығында ұсынылған еттің май қышқылдық құрамы мен нутрициялық индекстерін (ai, ti, hh, ω-6/ω-3) салыстырмалы бағалау..... 77

С.У. Еркебаева, А.Т. Өтеши
Геропротекторлық мақсаттағы сүзбе массасына төмен- және жоғары метоксилденген пектиндерін қосудың параметрлерін оңтайландыру..... 85

М.К. Алимарданова, Р.Б. Мұхтарханова, А.И. Матибаева, Д. Тапалов
«Сары ірімшік» өндірісіндегі микробиологиялық процестерді зерттеу..... 95

Д.А. Шаншарова, Д.Б. Абдраимова, А.Н. Нурланова, Л. Гривна, Ж.С. Набиева
Просо ұнының жартылай пісірілген дайын өнімдер сапасына әсері..... 102

З.Н. Молдақұлова, Т.Б. Ахлан, А.С. Абдреева, А.Қ. Құрметхан, А.К. Изембаева
Өсімдік тектес көпкомпонентті қоспаларды қолдана отырып, граноланың сапасын зерттеу..... 110

Г.Н. Жақупова, Т.Ч. Тултабаева, А.Е. Шоман, Г.М. Токышева, А.Х. Мулдашева, А.Т. Сагандық, А.Т. Ахметжанова
Өсімдік шикізатынан биологиялық белсенді заттарды алу әдістері мен режимдерін оңтайландыру..... 118

А.А. Усупкожоева, Р.Ш. Элеманова, А. Сабырбекова, А.А. Эмильева
Құрғақ мұздату әдісімен өндірілген функционалды төмен майлы өрік йогуртының сапа параметрлерін зерттеу..... 127

М.Е. Бекболатова, Н.С. Машанова, М.Е. Смагулова, А.Н. Шупанова, К.Е. Сайлауханова
Сыра қалдығының функционалдық қасиеттерін және Астана қаласындағы функционалдық нанның тұтынушылық қабылдануын бағалау..... 136

А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Э.К. Окусханова, К.Ю. Дербышев, Г.Е. Жүзжасарова, Е.А. Жасасынов
Өсімдік қоспалары бар тартылған етке гистологиялық зерттеу..... 145

Дж.А. Рахмонова, Н.Дж. Рашидов, Н.А. Тошходжаев, О.Ш. Исмоилова
Солтүстік Тәжікстанның кептірілген өріктерінің тұтынушылық қасиеттерін бағалау..... 153

<i>Г.К. Исакова, М.П. Байысбаева, Н.Б. Батырбаева, М. Байгайыпқызы, Ж. Жарылқасынова</i> Функционалдық мультиденді кондитерлік өнімдер технологиясында қолданылатын шикізаттың тағамдық құндылығы.....	159
<i>И.В. Филатова, А.А. Кутапбаева, С.Ф. Колосова</i> Нан-тоқаш өнімдерінің тағамдық құндылығын арттыру үшін композициялық қоспалар құрамында пектинді қолдану.....	169

МАЗМҰНЫ

Тоқыма және киім технологиясы, дизайн

<i>Р.М. Егемберди, Р.Ш. Мирзамуратова</i> Өрлеудің былғары құрылымына әсерін ИҚ-спектроскопиялық әдісі арқылы анықтау.....	180
<i>Қ.Д. Қожабергенова, Р.О. Жилисбаева, Б.Т. Нурмухамбетова, О.Ю. Кадникова, Г.А. Наетова, Б.Ж. Баимбетовна</i> Металлургтерге арналған арнайы киімдерді жобалауға қойылатын талаптар.....	190
<i>М.Д. Мэлс, Л.Т. Сарттарова, В.О. Bitlisli, Б. Абзалбекұлы</i> Табиғи былғарыны әрлеуге өсімдік экстрактілерін қолдану.....	199
<i>И.Ш. Хакимжонов, С.Ш. Султонова</i> Заманауи спорт киімдерін дизайндауда 3D-модельдеу технологияларын қолдану.....	208
<i>А.Б. Даукенова, И.М. Джуринская</i> Текстиль материалдарының гидрофобты және олеофильді қасиеттерін қалыптастыру технологиясын зерттеу.....	214
<i>Ш.Р. Бобожонова, И.В. Черунова, З.У. Зуфарова, С.Ш. Таипулатов</i> Ақылды киімнің 3D дизайны: электрондық технологияларды интеграциялауға биомеханикалық тәсіл.....	224
<i>Н.А. Асанова</i> Әскери қызметкерлерге арналған киімнің эргономикасын қамтамасыз ету мақсатында материалдар мен конструктивті шешімдерін талдау.....	232
<i>А. Буркитбай, Б.А. Абусейтова, А.Б. Дошибекова, М.А. Орманова, Б.Р. Рашидова</i> Супергидрофобты целлюлозалық текстиль материалдары.....	242

СОДЕРЖАНИЕ

Технология пищевой перерабатывающей промышленности

<i>Г. Мәжит, Н.С. Машанова, Б. Калемшиарив, Л.Г. Кудренова, Б.К. Оспанова</i> Сравнительная оценка состава экстрактов, полученных из различных видов шиповника, направленных на повышение пищевой ценности продуктов.....	5
<i>А.Т. Койшыбаева, Я.М. Узиков, Л.А. Каймбаева, А.К. Курманбекова</i> Влияние порошков из яблочных выжимок на физико-химические характеристики и аминокислотный профиль варёных колбас.....	13
<i>Ш.Ы. Кененбай, Б.А. Рскелдиев, А.С. Красников, Ж.Н. Ниязбекова</i> Разработка функционального мясного рулета из конины с использованием растительных компонентов.....	22
<i>А.Д. Нурманова, Д.А. Шаймерденова, М.Ж. Кизатова, А.Б. Абуова</i> Моделирование и оптимизация рецептур функционального хлеба: комплексный обзор.....	31
<i>Р.У. Уажанова, У.О. Тунғышбаева, И.В. Данько, С. Нурдаулет, А.А. Сарсенова</i> Устойчивое обеспечение безопасности мяса: влияние обработки электронными пучками на показатели качества и безопасности мяса птицы.....	42
<i>Т.К. Құлажанов, Л.С. Сыздыкова, К.М. Абдиева, Г.Д. Шамбулова, Г.Н. Жаксылыкова, А.М. Таева, Л.К. Сенгирбекова</i> Разработка технологии и оценка качества овощных обеденных консервов с экстрактом пектина.....	50
<i>С.Т. Жиенбаева, А.Н. Серикбаева, А. Изтаев, К.А. Елеукенова, М.А. Якияева, М.Н. Мамыраев, М.Н. Рахымбаева, М.Б. Султанкул</i> Комплексная оценка качества бобовых культур.....	60
<i>Ш.Т. Кырыкбаева, Ж. Калибекқызы, К.С. Бекбаева, А.А. Мелисова, А.Д. Дайырбекова, А.Р. Окасов</i> Влияние молекулярного водорода на качество и срок хранения мягкого рассольного сыра.....	68
<i>А.Ю. Мироненко, Ж.Н. Уванисканова, Ю.А. Синявский, А.Ш. Шарипбаева, Д. Ынтымакқызы</i> Сравнительная оценка жирнокислотного состава и нутриционных индексов (ai, ti, hh, ω-6/ω-3) мяса, присутствующего на рынке Казахстана.....	77
<i>С.У. Еркебаева, А.Т. Отеи</i> Оптимизация параметров добавления низко- и высокометоксилированных пектинов в творожную массу в геропротекторных целях.....	85
<i>М.К. Алимарданова, Р.Б. Мухтарханова, А.И. Матибаева, Д. Тапалов</i> Исследование микробиологических процессов при производстве «сары иримшик».....	95
<i>Д.А. Шанишарова, Д.Б. Абдраимова, А.Н. Нурланова, Л. Гривна, Ж.С. Набиева</i> Влияние муки из проса на качество заварных полуфабрикатов.....	102
<i>З.Н. Молдақұлова, Т.Б. Ахлан, А.С. Абдреева, А.К. Құрметхан, А.К. Изембаева</i> Исследование качества батончиков гранола с применением растительных многокомпонентных смесей.....	110
<i>Г.Н. Жақұпова, Т.Ч. Тултабаева, А.Е. Шоман, Г.М. Токышева, А.Х. Мулдашева, А.Т. Сағандық, А.Т. Ахметжанова</i> Оптимизация методов и режимов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья.....	118
<i>А.А. Усупқожоева, Р.Ш. Элеманова, А. Сабырбекова, А.А. Эмильева</i> Исследование показателей качества обезжиренного персикового йогурта функционального назначения, полученного сублимацией.....	127
<i>М.Е. Бекболатова, Н.С. Машанова, М.Е. Смагулова, А.Н. Шупанова, К.Е. Сайлауханова</i> Оценка технологических свойств пивной дробины и потребительского восприятия функционального хлеба в городе Астана.....	136
<i>А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Э.К. Оқусханова, К.Ю. Дербышев, Г.Е. Жүзжасарова, Е.А. Жасасынов</i> Гистологическое исследование фарша с растительными добавками.....	145
<i>Дж.А. Рахмонова, Дж.Н. Рашидов, Н.А. Тошходжаев, О.Ш. Исмоилова</i> Оценка потребительских свойств сушеных абрикосов Северного Таджикистана.....	153

<i>Г.К. Искакова, М.П. Байысбаева, Н.Б. Батырбаева, М. Байгайыпқызы, Ж. Жарылкасынова</i> Пищевая ценность сырья, используемого в технологии мультизлаковых функциональных кондитерских изделий.....	159
<i>И.В. Филатова, А.А. Кутанбаева, С.Ф. Колосова</i> Использование пектина в составе композиционных смесей для повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий.....	169

СОДЕРЖАНИЕ

Технология текстиля и одежды, дизайн

<i>Р.М. Егемберди, Р.Ш. Мирзамуратова</i> Определение влияния отделки на строение кожи с помощью ИК-спектроскопии.....	180
<i>К.Д. Кожабергена, О.Ю. Кадникова, Р.О. Жилисбаева, Б.Т. Нурмухамбетова, Г.А. Наева, Б.Ж. Бекмаганбетова</i> Требования к проектированию спецодежды для металлургов.....	190
<i>М.Д. Мэлс, Л.Т. Сарттарова, В.О. Bitlisli, Б. Абзалбекулы</i> Применение растительных экстрактов для отделки натуральной кожи.....	199
<i>И.Ш. Хакимжонов, С.Ш. Султонова</i> Применение технологий 3D-моделирования в дизайне современной спортивной одежды.....	208
<i>А.Б. Даукенова, И.М. Джуринская</i> Исследование технологии формирования гидрофобных и олеофильных свойств текстильных материалов.....	214
<i>Ш.Р. Бобожонова, И.В. Черунова, З.У. Зуфарова, С.Ш. Таипулатов</i> Трёхмерное проектирование умной одежды: биомеханический подход к интеграции e-textile технологий.....	224
<i>Н.А. Асанова</i> Анализ свойств материалов и конструктивных решений с целью обеспечения эргономичности одежды для военнослужащих.....	232
<i>А. Буркитбай, Б.А. Абусейтова, А.Б. Дошибекова, М.А. Орманова, Б.Р. Рашидова</i> Целлюлозные текстильные материалы с супергидрофобными свойствами.....	242

CONTENTS

Food and processing industry technology

<i>G. Mazhit, N.S. Mashanova, B. Kalemshariv, L.G. Kudrenova, B.K. Ospanova</i> Comparative evaluation of the composition of rosehip extracts aimed at enhancing the nutritional value of food products.....	5
<i>A.T. Koishybayeva, Y.M. Uzakov, L.A. Kaimbayeva, A.K. Kurmanbekova</i> Effect of apple pomace powders on the physicochemical characteristics and amino acid profile of cooked sausages.....	13
<i>Sh.Y. Kenenbay, A.S. Krasnikov, B.A. Rskeldiyev, Z.N. Niyazbekova</i> Development of a functional horse-meat roulade using plant-derived components.....	22
<i>A.D. Nurmanova, M.Zh. Kizatova, D.A. Shaimerdenova, A.B. Abuova</i> Modeling and optimization of functional bread formulations: a comprehensive review.....	31
<i>R.U. Uazhanova, U.O. Tungyshbayeva, I.V. Danko, S. Nurdaulet, A.A. Sarsenova</i> Sustainable meat safety: electron beam treatment on the quality and safety indicators of poultry meat	42
<i>T.K. Kulazhanov, L.S. Syzdykova, K.M. Abdiyeva, G.D. Shambulova, G.N. Zhaksylykova, A.M. Tayeva, L.K. Sengirbekova</i> Development of technology and quality assessment of vegetable preserves with pectin extract.....	50
<i>S.T. Zhiyenbayeva, A. Iztayev, K.A. Eleukenova, M.A. Yakiyayeva, A.N. Serikbayeva, M.N. Mamyrayev, M.N. Rakhymbayeva, M.B. Sultankul</i> Comprehensive assessment of the quality of legume crops.....	60
<i>Sh.T. Kyrykbaeva, Zh. Kalibekkyzy, K.S. Bekbayev, A.A. Melissova, A.D. Daiyrbekova, A.R. Okasov</i> The effect of molecular hydrogen on the quality and shelf life of soft brined cheese.....	68
<i>A.Yu. Mironenko, Z.N. Uvaniskanova, Yu.A. Sinyavskiy, A.Sh. Sharipbayeva, D. Yntymakkyzy</i> Comparative assessment of fatty acid composition and nutritional indices (ai, ti, hh, ω -6/ ω -3) of meat available on the Kazakhstani market.....	77
<i>S.U. Yerkebayeva, A.T. Otesh</i> Optimization of parameters for adding low- and high-methoxylated pectins to curd mass for geroprotective purposes.....	85
<i>M.K. Alimardanova, R.B. Mukharkhanova, A.I. Matibayeva, D.T. Tapalov</i> Study of microbiological processes in the production of traditional Kazakh dairy product “sary irimshik”.....	95
<i>D.A. Shansharova, D.B. Abdraitova, A.N. Nurlanova, L. Hryvna, Zh.S. Nabyeva</i> Effect of millet flour on the quality of choux pastry semi-finished products.....	102
<i>Z.N. Moldakulova, T.B. Akhlan, A.S. Abdreeva, A.K. Kurmetkhan, A.K. Izembayeva</i> Quality assessment of granola using plant-based multicomponent blends.....	110
<i>G.N. Zhakupova, T.Ch. Tultabayeva, A.E. Shoman, G.M. Tokysheva, A.H. Muldashev, A.T. Sagandyk, A.T. Akhmetzhanova</i> Optimization of methods and modes of extraction of biologically active substances from plant raw materials.....	118
<i>A.A. Usupkozhoeva, R.Sh. Elemanova, A. Sabyrbekova, A.A. Emileva</i> Research on the quality parameters of a functional low-fat peach yogurt produced by freeze-drying	127
<i>M.E. Bekbolatova, N.S. Mashanova, M.E. Smagulova, A.N. Shupanova, K.E. Sailaukhanova</i> Assessment of the functional properties of brewer’s spent grain and consumer perception of functional bread in the city of Astana.....	136
<i>A.K. Suychinov, Zh.S. Yessimbekov, E.K. Okuskhanova, K.Y. Derbyshev, G.E. Zhuzzhasarova, E.A. Zhasasynov</i> Histological examination of minced meat with herbal additives.....	145
<i>J.A. Rahmonova, N.J. Rashidov, N.A. Toshkhodjaev, O.Sh. Ismoilova</i> Evaluation of consumer properties of dried apricots from northern Tajikistan.....	153
<i>G.K. Iskakova, M.P. Baiysbayeva, N.B. Batyrbayeva, M. Zh. Baigaiypkyzy, Zh. Zharylkassynova</i> Nutritional value of raw materials used in the technology of multigrain functional confectionery products.....	159

I.V. Filatova, A.A. Kitapbaeva, S.F. Kolosova

Application of pectin in composite formulations for improving the nutritional value of bakery products.....	169
---	-----

CONTENTS

Textile and clothing technology, design

R.M. Yegemberdi, R.Sh. Mirzamuratova

Determining the effect of finishing on leather structure using FTIR spectroscopy.....	180
---	-----

K.D. Kozhabergenova, R.O. Zhilisbayeva, B.T. Nurmukhambetova, G.A. Kadnikova, G.A. Naetova, B.J. Baimbetovna

Requirements for designing workwear for metallurgists.....	190
--	-----

M.D. Mels, L.T. Sarttarova, B.O. Bitlisli, B. Abzalbekuly

Use of plant extracts for finishing natural leather.....	199
--	-----

I.Sh. Khakimzhonov, S.Sh. Sultonova

Application of 3D modeling technologies in modern sportswear design.....	208
--	-----

A.B. Daukenova, I.M. Jurinskaya

Investigation of the technology for forming hydrophobic and oleophilic properties of textile materials.....	214
---	-----

Sh.R. Bobojonova, I.V. Cherunova, Z.U. Zufarova, S.Sh. Tashpulatov

3D Design of smart clothing: a biomechanical approach to integration of electronic technologies...	224
--	-----

N.A. Asanova

Analysis of materials properties and design solutions to ensure the ergonomics of military clothing	232
---	-----

A. Burkibay, B.A. Abuseitova, A.B. Doshibekova, M.A. Ormanova, B.R. Rashidova

Cellulose textile materials with superhydrophilic properties.....	242
---	-----

Сдано в набор 08.06.2026. Подписано в печать 22.06.2026
Формат 60x84 1/18. Бумага офсетная. Печать RISO.
Объем 14,8 у.п.л. Тираж 50 экз. Заказ № 548

Отпечатано в издательском отделе АТУ
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100