

ISSN 2304-5684
ISSN online 2710-0839



4, 2025

**АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

Ғылыми журнал

**ВЕСТНИК
АЛМАТИНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**
Научный журнал

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



ISSN 2304-5684
ISSN online 2710-0839

**АЛМАТЫ
ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ**

Басылым 4 (150)



**ALMATY
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY**

**ВЕСТНИК
АЛМАТИНСКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск 4 (150)

**THE JOURNAL
OF ALMATY
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY**

Issue 4 (150)



АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

1996 жылдан бастап шығарылады

№4 (150) 2025

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 – Б. Әділбекқызы

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, 2025



**ВЕСТНИК
АЛМАТИНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Издается с 1996 г.

№4 (150) 2025

Журнал включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МНВО 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-литор 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 Бактыкерейкызы – 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 – Б. Әділбекқызы

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, 2025



THE JOURNAL OF ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Published since 1996

№4 (150) 2025

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 Ciprovica – 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 Altynay – 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 – B. Adilbekkyzy

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, 2025

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ ПОДХОДЫ

¹А.Б. ОМАРОВА , ¹Ш.Б. МАЛИКОВА , ²Ж. С. САПАРБЕКОВА *

(¹Университет Нархоз, Казахстан, 050035, г. Алматы, ул. Жандосова 55

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, проспект Аль-Фараби, 71)

Электронная почта автора-корреспондента: Zhake9344@mail.ru*

Целью статьи является синтез современных технологических решений на базе больших данных и искусственного интеллекта для обеспечения пищевой безопасности и прослеживаемости, а также анализ правовых режимов, определяющих допустимость и требования к их применению в Казахстане, Евразийском экономическом союзе и Европейском союзе. Методологию составляет нарративный обзор нормативных актов, международных стандартов и научных публикаций с фокусом на интеграции цифровых технологий, управлении рисками, защите персональных данных, прозрачности алгоритмов. Уделено внимание системе управления безопасностью пищевых продуктов НАССР. Показано, что сочетание ISO 22000 и ISO 22005 с моделью событий GSI EPCIS, датчиками IoT и алгоритмами машинного обучения обеспечивает ускоренную идентификацию опасностей, отзывы продукции и повышение достоверности доказательств при проверках. Предложена практическая дорожная карта «compliance-by-design»: определение единицы прослеживаемости. Сделан вывод о необходимости междисциплинарной интеграции технологических и правовых решений для устойчивого повышения безопасности продуктов питания. Научная статья подготовлена в рамках финансирования по научным и (или) научно-техническим программам на 2024-2026 годы, направленная на реализацию проекта ИРН AP23489796 «Проблемы регламентации правового режима больших данных (Big Data): отечественный и международный опыт», финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Ключевые слова: пищевое право; прослеживаемость; большие данные; искусственный интеллект; аутентичность; GDPR; ISO 22000; ISO 22005; GSI EPCIS; NIS2.

АЗЫҚ-ТҮЛІК ҚАУІПСІЗДІГІН НЫҒАЙТУ ҮШІН ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕР МЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ПАЙДАЛАҢУ: ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ҚҰҚЫҚТЫҚ ТӘСІЛДЕР

¹А.Б. ОМАРОВА, ¹Ш.Б. МАЛИКОВА, ²Ж. С. САПАРБЕКОВА*

(¹Нархоз Университеті, Қазақстан, 050035, Алматы қ., Жандосов көшесі, 55

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, 050040, Алматы қ., әл – Фараби даңғылы, 71)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: Zhake9344@mail.ru*

Мақалада үлкен деректер мен жасанды интеллект негізіндегі заманауи технологиялық шешімдердің тағам қауіпсіздігі мен өнімді қадағалаудағы рөлі қарастырылған. Қазақстан, Еуразиялық экономикалық одақ және Еуропалық одақ аясындағы құқықтық режимдер мен олардың қолдану талаптарына талдау жасалды. Зерттеу әдіснамасы - нормативтік актілер мен халықаралық стандарттарға, сондай-ақ ғылыми жарияланымдарға негізделген нарративтік шолу. НАССР жүйесіне цифрлық технологияларды енгізу, тәуекелдерді басқару, дербес деректерді қорғау, алгоритмдердің ашықтығы мен киберқауіпсіздік мәселелеріне ерекше назар аударылған. ISO 22000 және ISO 22005 стандарттарының GSI EPCIS, IoT сенсорлары және машиналық оқыту алгоритмдерімен үйлесімі қауіпті факторларды жедел анықтауға және өнімді тиімді кері қайтарып алуға мүмкіндік беретіні көрсетілді. Авторлар «compliance by design» тәсілі негізінде құқықтық және технологиялық шешімдерді біріктірудің маңыздылығын көрсетті. Ғылыми мақала ИРН AP23489796 «Үлкен деректердің (Big Data) құқықтық режимін реттеу мәселелері: отандық және халықаралық тәжірибе» жобасы бойынша Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің ғылым комитеті қаржыландырыған 2024-2026 жж. арналған ғылыми және ғылыми-техникалық бағдарламаларды қаржыландыру шеңберінде дайындалған.

Негізгі сөздер: азық-түлік қауіпсіздігі, үлкен деректер, жасанды интеллект, қадағалану, дербес деректер, стандарттау.

USING BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO STRENGTHEN FOOD SECURITY: TECHNOLOGICAL AND LEGAL APPROACHES

¹A.B. OMAROVA, ¹SH.B. MALIKOVA, ²ZH. SAPARBEOVA

(¹Narxoz University, Kazakhstan, 050035, Almaty, Zhandosov str., 55

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, 050040, Almaty, al-Farabi ave., 71)

Corresponding author's e-mail: zhake9344@mail.ru*

The paper reviews modern technological solutions based on big data and artificial intelligence for ensuring food safety and traceability, and analyzes the legal frameworks governing their application in Kazakhstan, the Eurasian Economic Union, and the European Union. The study employs a narrative review of regulatory acts, international standards, and academic publications focusing on the integration of digital technologies into HACCP systems, official control, risk management, data protection, algorithmic transparency, and cyber resilience. It is demonstrated that combining ISO 22000 and ISO 22005 with the GS1 EPCIS event model, IoT sensors, and machine learning algorithms enables faster hazard identification, targeted product recalls, and improved evidentiary reliability in audits, provided compliance with GDPR, the EU AI Act, NIS2, the Transparency Regulation, and national data protection laws. A "compliance by design" roadmap is proposed to integrate technological and legal solutions for sustainable food safety improvement. The scientific article was prepared within the framework of funding for scientific and (or) scientific and technical programs for 2024-2026, aimed at the implementation of the IRN project AP23489796 "Problems of regulating the legal regime of big data: domestic and international experience", funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: big data, artificial intelligence, food safety, traceability, cyber resilience, GDPR, HACCP, EPCIS, NIS2, ISO 22000.

Введение

Настоящее исследование освещает технологические инновации и правовые аспекты, необходимые для ответственного внедрения цифровых технологий в пищевую промышленность. Пищевое право трактует прослеживаемость как инструмент адресной и соразмерной защиты здоровья населения и добросовестной торговли. Базовый Регламент ЕС № 178/2002 устанавливает обязанность знать «шаг назад – шаг вперед» по каждой партии, а Регламент (ЕС) 2017/625 закрепляет полномочия официального контроля и ожидание наличия достоверных записей и воспроизводимых доказательств [1; 2]. Гигиеническое законодательство на основе международно признанной системы управления безопасностью пищевых продуктов «Анализ рисков и критические контрольные точки» (НАССР) связывает опасности, критические пределы, мониторинг, корректирующие действия и документирование, что в цифровую эпоху естественно опирается на датчики, события и метаданные [3]. В этой рамке большие данные и ИИ перестают быть экзотикой и превращаются в способ исполнения уже

существующих обязанностей. Практическая значимость темы для Казахстана и ЕАЭС определяется действием ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», переходом к электронным сертификатам и возрастающими требованиями к прослеживаемости, а также развитием национального регулирования персональных данных [4; 5].

Обеспечение пищевой безопасности остается критически важной мировой проблемой. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, каждый десятый житель планеты ежегодно заболевает из-за употребления небезопасных продуктов питания [6]. Глобализация и усложнение цепочек поставок создали новые риски: продукты проходят длинный путь «от фермы до стола», что затрудняет контроль и своевременное выявление загрязнений. В этих условиях появляются инновационные подходы на основе больших данных и искусственного интеллекта (ИИ), призванные повысить оперативность и точность обеспечения безопасности пищевой продукции.

Современные цифровые технологии открывают широкие возможности для

мониторинга и прослеживаемости. ИИ вместе с сенсорами Интернета вещей (IoT) позволяет в реальном времени отслеживать критические параметры производства и логистики, выявлять отклонения и прогнозировать угрозы до того, как они приведут к массовым инцидентам gronews.com/researchgate.net.

К примеру, алгоритмы машинного обучения способны автоматически контролировать сроки годности и условия хранения, сигнализировать о нарушениях температурного режима и даже предсказывать появление контаминации.

Прослеживаемость продукции существенно усиливается за счет использования стандартов вроде ISO 22005 (международный стандарт по прослеживаемости кормов и пищевой продукции) и модели событий GS1 EPCIS, которые помогают документально фиксировать путь каждой партии товара.

Кроме того, аналитические методы на основе спектральных данных в сочетании с ИИ уже применяются для проверки аутентичности продуктов и обнаружения мошенничества (фальсификации состава), что повышает доверие к качеству продовольствия [7; 8]

Однако внедрение больших данных и ИИ в пищевую индустрию сталкивается с серьезными регуляторными и правовыми вызовами. Базовым требованием во всех юрисдикциях остается соблюдение принципов системы НАССР (анализ опасностей и критические контрольные точки) – фундаментальной методологии управления рисками пищевой безопасности. Например, в Европейском союзе все предприятия пищевой отрасли (за исключением первичных производителей) обязаны внедрить процедуры на основе НАССР eur-lex.europa.eu, аналогичные требования закреплены и в технических регламентах Евразийского экономического союза, в частности ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [9].

Таким образом, цифровые инновации должны интегрироваться в существующие системы менеджмента безопасности пищевых продуктов (например, стандарты ISO 22000 [10], основанные на принципах НАССР) без нарушения их целостности.

Помимо технологической реализации, остро встают вопросы правового соответствия и этики использования данных. В регионе ЕС действуют строгие нормы защиты персональных данных – General Data Protection Regulation (GDPR) [11], устанавливающие ограничения на сбор и обработку информации о потребителях.

Планируемый Акт ЕС об искусственном интеллекте предъявляет требования прозрачности и управляемости алгоритмов, особенно при использовании ИИ в сферах высокого риска, к которым может относиться пищевая промышленность. Директива NIS2 усиливает требования к кибербезопасности критически важных систем, включающих продовольственные цепочки.

В Казахстане и странах ЕАЭС эти тенденции отражаются в адаптации национального законодательства. В Казахстане действует собственный закон о персональных данных, а механизмы государственного официального контроля опираются на нормативы ЕАЭС (включая упомянутый ТР ТС 021/2011).

Однако, пока отсутствуют детально проработанные правила по обращению с алгоритмами ИИ и большими данными в контексте пищевой безопасности, что создает правовые пробелы. Необходимо обеспечить баланс между инновациями и соблюдением требований по конфиденциальности, прозрачности и ответственности.

Как отмечают исследователи, для широкого внедрения цифровых технологий в пищевой сектор предстоит решить проблемы стандартизации данных и защиты приватности [13].

Настоящий обзор нацелен на междисциплинарный анализ указанных вопросов. В нем обобщаются современные технологические решения, основанные на больших данных и ИИ, для повышения безопасности пищевых продуктов и прослеживаемости - от ускоренного выявления опасностей до точечного отзыва продукции и обнаружения фальсификаций. Одновременно рассматриваются правовые режимы, определяющие допустимость применения этих технологий, и требования регуляторов в Казахстане, Евразийском экономическом союзе и Европейском союзе. Таким образом, формируется целостная картина того, как технологические инновации могут интегрироваться с принципом «compliance by design» (встроенного соблюдения регуляторных требований с этапа проектирования систем) для устойчивого повышения уровня пищевой безопасности в глобальном и региональном контексте.

Материалы и методы исследований

Методологию составляет нарративный обзор нормативных актов, международных стандартов и научных публикаций с фокусом на интеграции цифровых технологий в системы НАССР [15], официальном контроле, управлении

рисками, защите персональных данных, прозрачности алгоритмов и киберустойчивости. Проведен анализ нормативных актов ЕС, ЕАЭС и Республики Казахстан, международных стандартов и профильной научной литературы в частях прослеживаемости, НАССР, защиты данных, алгоритмической прозрачности и киберустойчивости. Указанные материалы задействованы как методические источники.

Современные системы обеспечения пищевой безопасности переживают этап глубокой цифровой трансформации, обусловленной ростом объемов данных, усложнением цепей поставок и усилением требований к прозрачности и контролю происхождения продукции. В условиях глобализации продовольственных рынков традиционные методы инспекций и документального учёта уже не обеспечивают необходимой скорости и точности при выявлении рисков загрязнения, фальсификации и несоответствия стандартам качества. На первый план выходят технологии обработки больших данных и искусственного интеллекта, способные интегрировать разнородные источники информации, анализировать динамические потоки данных и прогнозировать угрозы в реальном времени.

Развитие таких подходов изменяет парадигму управления безопасностью продуктов питания, смещая акцент с реактивного контроля на превентивную аналитику и интеллектуальную автоматизацию процессов. Использование алгоритмов машинного обучения и датчиков интернета вещей позволяет не только повысить точность обнаружения отклонений и аномалий, но и создать непрерывно обновляемую цифровую модель прослеживаемости продукции на всех этапах её жизненного цикла. Это усиливает доверие потребителей и регулирующих органов к доказательной базе контроля, а также снижает вероятность человеческих ошибок и затраты на проверки и изъятия продукции.

Однако широкое внедрение технологий искусственного интеллекта и больших данных в агропродовольственном секторе сопровождается сложными правовыми и этическими вопросами. Возникает необходимость согласования таких решений с нормами о защите персональных данных, прозрачности алгоритмов, киберустойчивости и распределении ответственности между участниками цепи поставок. В Европейском союзе эти вопросы регулируются рядом актов, включая Общий регламент по защите данных, Акт об искусственном интеллекте и директиву NIS2. В государствах Евразийского

экономического союза и Казахстане формируется собственная норма-тивная база, стремящаяся к гармонизации с международными стандартами ISO 22000 и ISO 22005, а также с требованиями технических регламентов и национального законодательства о цифровой безопасности.

Таким образом, исследование сосредоточено на анализе взаимосвязи между технологическими инновациями и правовыми режимами, определяющими возможности внедрения решений на базе больших данных и искусственного интеллекта в сфере пищевой безопасности. Целью является выявление оптимальных моделей интеграции цифровых технологий в систему управления рисками, официального контроля и прослеживаемости, а также разработка подходов к обеспечению правомерности и устойчивости таких систем в разных правовых юрисдикциях.

Результаты и их обсуждение

Одним из обсуждаемых тем стали технологические инновации в области пищевой безопасности, поскольку продвижение аналитики больших данных, устройств Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (ИИ) приводит к трансформационным улучшениям в управлении безопасностью пищевой продукции. Большие данные и IoT обеспечивают сквозную прослеживаемость цепочек поставок «от фермы до стола» с беспрецедентной прозрачностью [16]. Например, датчики IoT (температуры, влажности и др.), установленные на пищевых грузах, непрерывно фиксируют условия транспортировки, а данные доступны в реальном времени.

Ключевую роль в этом процессе играет внедрение глобальных стандартов, таких как GS1 EPCIS (Electronic Product Code Information Services - сервисы обмена информацией по электронному коду продукции), для обмена событийными данными: версия EPCIS 2.0 позволяет включать показания сенсоров (температура, влажность и т.п.) по мере движения продукции по цепочке. Это означает, что при отклонении условий хранения от нормативных значений партия может быть мгновенно идентифицирована и изолирована, предотвращая потенциальный инцидент в сфере безопасности [17]. В совокупности это дает новый уровень видимости цепи поставок и оперативности реагирования на опасности и проблемы качества.

Параллельно методы ИИ усиливают безопасность за счет улучшенного обнаружения и прогнозной аналитики. Модели машинного обучения анализируют потоки производственных и логистических данных, выявляя

закономерности, связанные с риском контаминации. Так, алгоритмы с учителем обучаются на исторических технологических данных (температура, pH, микробная обсемененность и др.) и в реальном времени помечают аномалии, напоминающие условия, предшествовавшие прежним инцидентам. Системы компьютерного зрения на базе сверточных нейронных сетей (CNN) распознают мельчайшие дефекты или посторонние включения на конвейере, предотвращая попадание некондиционной или опасной продукции к потребителю [18].

Кроме того, подходы сенсорного слияния - «электронный нос» и «электронный язык», интегрированные с моделями ИИ, - выявляют порчу или фальсификацию по химическим сигнатурам (например, газы порчи в мясе или добавки в молоке). Эти умные методы детекции позволяют раньше и надежнее идентифицировать опасности, поддерживая превентивную парадигму (в соответствии с принципами НАССР). Прогнозная аналитика на базе ИИ также улучшает управление рисками в цепи поставок - от более точного прогноза сроков годности и порчи до оценки влияния погодных событий на логистику [19].

Важна и эффективность с доверием потребителей. Сквозная цифровая прослеживаемость повышает способность компаний быстро и точно проводить отзывы: каждый ингредиент и продукт отслеживаемы до источника и маршрута распределения. Технологии блокчейна усиливают доверие, формируя неизменяемые записи на каждом этапе. Блокчейн-системы присваивают каждому продукту уникальный цифровой идентификатор и фиксируют его «жизненный путь» (происхождение сырья, операции переработки, номера партий) в распределенном реестре, что повышает уверенность потребителей в безопасности и подлинности. В итоге оцифровка управления безопасностью - через платформы больших данных, IoT-сенсорику и аналитику ИИ - дает значимые результаты: ускоренное выявление опасностей, большая прозрачность, более эффективное соблюдение стандартов и лучшая гарантия качества от производства до потребления [18]. Внедрение больших данных и ИИ в пищевую отрасль происходит в условиях жестких регуляторных рамок. Ключевые аспекты - защита персональных данных, их конфиденциальность и кибербезопасность. В части конфиденциальности Общий регламент по защите данных ЕС (GDPR) предъявляет строгие требования к любой обработке персональных

данных, что затрагивает цепочки поставок и системы безопасности. Пищевые компании часто обрабатывают персональные данные потребителей, поставщиков и сотрудников. Если речь идет о резидентах ЕС, GDPR применяется вне зависимости от местоположения оператора. Требуются законные основания обработки (согласие, легитимный интерес и др.), а также меры минимизации и псевдонимизации. Важна и ст. 22 GDPR, ограничивающая полностью автоматизированные решения с существенным воздействием. Например, если ИИ автоматически отклоняет сырье или прекращает работу с поставщиком на основе рискскоринга, необходимы прозрачность и участие человека. За несоблюдение предусмотрены штрафы до 20 млн евро или 4% глобального оборота (что больше) [19]. Следовательно, инновации на базе больших данных должны внедряться с учетом «privacy-by-design» и процедур контроля соответствия.

Правила кибербезопасности в ЕС системно охватывает Директива NIS2 (Directive (EU) 2022/2555). Продовольственные цепочки включены в перечень критических секторов. Поэтому средние и крупные компании пищевой отрасли рассматриваются как «существенные» или «важные» субъекты и обязаны выполнять требования по управлению киберрисками [12].

NIS2 требует «соразмерных технических и организационных мер»: регулярные оценивания рисков, планы реагирования на инциденты, обеспечение непрерывности (резервное копирование, восстановление), безопасность цепочек поставок, базовая гигиена (контроль доступа, шифрование, обучение персонала). Поскольку современные системы безопасности опираются на IoT-устройства и облака, поверхность атаки значительна: компрометация целостности данных сенсоров или отказ платформ прослеживаемости напрямую влияет на безопасность. NIS2 вводит и обязанности уведомления: значимые инциденты нужно сообщать регуляторам в сжатые сроки (предварительно в течение 24 часов, затем подробности к 72-й час). Для «важных» субъектов предусмотрены штрафы [12]. Иными словами, киберустойчивость становится опорой пищевой безопасности.

За пределами ЕС действуют сопоставимые подходы. В государствах ЕАЭС (в т.ч. Казахстан) применяются технические регламенты, регулирующие безопасность и прослеживаемость пищевой продукции. Международные стандарты Codex Alimentarius [21] поощряют прослеживаемость и прозрачность. Дискуссии вокруг

Акта ЕС об ИИ добавляют требования к прозрачности и контролю алгоритмов при применении ИИ в сферах повышенного риска. В Казахстане действует собственный закон о персональных данных, а механизмы официального контроля опираются на нормы ЕАЭС.

Для понимания среды регулирования были сопоставлены три рамки, релевантные большим

данным и ИИ в пищевой безопасности - GDPR (персональные данные), директива NIS2 (кибербезопасность) и Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Результаты сравнения представлены в Таблице 1, где показаны положения каждой из них и их связь с технологическими инновациями.

Таблица 1. Сопоставление ключевых регуляторных рамок: GDP, директивы NIS2, Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011

Регламент	Сфера и отрасль	Ключевые требования к данным/технологиям	Надзор и санкции
GDPR (ЕС, 2018)	Любая организация, обрабатывающая персональные данные резидентов ЕС (включая производителей, ритейл и поставщиков, работающих с данными покупателей/сотрудников) [1]. Горизонтальный закон о данных.	- Законность и прозрачность обработки (согласие/иное основание); - Защита данных по замыслу: приватность в архитектуре аналитических и IoT-систем (шифрование, минимизация); - Права субъектов (доступ, удаление, исправление) в контексте больших данных; - Ограничения на полностью автоматизированные решения с существенным эффектом (актуально для автономных решений ИИ).	Штрафы до 20 млн евро или 4% мирового оборота. Надзор – национальные органы по защите данных, с трансграничной координацией.
NIS2 (ЕС, 2024)	Средние и крупные компании пищевого сектора как часть критической инфраструктуры [2].	- Управление киберрисками: меры тех/орг/операционного уровня (оценки рисков, реагирование на инциденты, непрерывность, безопасность цепочек поставок, контроль доступа и др.); - Уведомление об инцидентах в установленные сроки [2]; - Контроль поставщиков (аудит облаков/ПО/IoT), т.к. уязвимости третьих сторон могут затронуть операции [2]; - Постоянный надзор и доказательная база соответствия.	Транспозиция до окт. 2024; штрафы до 1,4% оборота или 7 млн евро (для «важных» субъектов); возможные предписания, приостановка сертификатов.
ТР ТС 021/2011 (ЕАЭС, 2013)	Пищевая продукция и субъекты оборота в ЕАЭС (Россия, Казахстан, Беларусь и др.). Регламент безопасности пищевой продукции.	- Требования к безопасности продукта (ограничения контаминантов, гигиена, системы управления безопасностью по аналогии с НАССР); - Прослеживаемость: сопровождающие документы (бумажные или электронные) с идентификацией производителя и последующих владельцев; - Маркировка и информирование (состав, сроки годности, происхождение и др.); - Оценка соответствия (сертификация/декларирование) до вывода на рынок. При этом глубина прослеживаемости ниже, чем в ЕС: акцент на принципе «один шаг назад - один шаг вперед».	Обязательная оценка соответствия; маркировка знаком ЕАС. При несоответствии отказ в сертификации/запрет оборота, национальные санкции (штрафы, отзыв).

Как видно из Таблицы 1, GDPR фокусируется на персональных данных, NIS2 – на кибербезопасности критических систем (включая используемые в продовольственных цепочках), а ТР ТС 021/2011 – на собственно безопасности и прослеживаемости пищевой

продукции. Совместно они формируют «ограждения», в рамках которых цифровые инновации должны реализовываться этично, безопасно и с соблюдением качества.

В целом анализ демонстрирует тенденцию к усилению надзора на стыке технологий

и пищевой безопасности. Законы о данных (GDPR и аналоги) обеспечивают этичность и прозрачность аналитики больших массивов; мандаты по кибербезопасности (NIS2 и др.) адресуют новые уязвимости цифровой трансформации; профильные нормы (TP TC 021/2011 и регламенты ЕС) продолжают требовать прослеживаемости и контроля безопасности, развиваясь в такт с технологиями.

Показателен пример США (FSMA), где Правило 204 вводит электронную прослеживаемость для ряда «высокорисковых» продуктов [22], что подчеркивает растущую роль цифровых записей и оперативного доступа к данным. Технологии и регулирование движутся синхронно: большие данные и ИИ дают инструменты повышения безопасности, а регуляторы - рамки для их ответственного применения.

Также показательным может использование IoT, ИИ и данных, например, для прослеживаемости молочной продукции. Молочная цепочка поставок – прослеживаемость партии молока от фермы до розницы. Молочная продукция скоропортящаяся и чувствительна к температурному режиму. Молоко – традиционная мишень фальсификации (разбавление, добавки). Современные решения IoT и данных успешно применяются в этой сфере [23]. Сочетание GS1 EPCIS и IoT-сенсоров обеспечивает отслеживание партии в реальном времени. Каждой партии сырого молока присваивается уникальный идентификатор (QR/RFID на автоцистерне/контейнере). По мере продвижения – от фермерского танка-охладителя, к сборщику, на молочный завод, далее к дистрибьюторам и магазинам – фиксируются ключевые события отслеживания (СТЕ) в EPCIS-совместимой базе, то есть фиксируется время дойки и локация фермы, отбор автоцистерной (с отметкой времени и GPS), параметры пастеризации (номер линии/партии, температура), фасовка с кодами партий, отгрузка и приемка [9]. Датчики температуры в автоцистернах и силосах ведут непрерывный лог. При выходе параметров за допустимые пределы система формирует тревогу. Если, например, смарт-контракт на блокчейне связан с IoT-данными и, если поставка соблюдала температурный режим и пришла вовремя, смарт-контракт может автоматически инициировать оплату за поставленную продукцию. В противном случае - приостановить платеж и

запустить расследование [7]. Преимущества для потребителей и регуляторов очевидны. Потребитель, отсканировав код на упаковке, через платформы вроде fTRACE получает сведения об источнике партии, времени и месте переработки, характеристиках фермы [24]. Такой уровень прозрачности укрепляет доверие к бренду и помогает делать осознанный выбор.

Для регуляторов полная прослеживаемость обеспечивает выполнение требований TP TC 021/2011 о документальном сопровождении и идентификации и правил ЕС (ст. 18 Регламента (ЕС) № 178/2002) по принципу «один шаг назад – один шаг вперед». В случае инцидента (например, выявление порчи йогурта) производитель, считав код, извлекает историю производства: партия сырого молока, ферма-источник, иные ингредиенты, данные линии, дистрибуция - и в считанные часы проводит точечный отзыв и устраняет причину (скажем, сбой температуры в конкретной автоцистерне в жаркий день).

Указанный пример демонстрирует практические результаты интеграции больших данных и ИИ, то есть стандартизованный обмен данными (EPCIS), IoT-мониторинг и автоматизация на базе ИИ, блокчейна образуют мощный инструментальный обеспечения безопасности и комплаенса. Он отвечает запросам потребителей на прозрачность и требованиям регуляторов к прослеживаемости и подотчетности.

Вместе с тем реализация требует инвестиций в цифровую инфраструктуру и обучение. Для малых производителей это может быть барьером. Критична интероперабельность данных, то есть опыт инициатив вроде Global Dialogue on Seafood Traceability показывает ценность общих стандартов в трансграничных цепочках [25], аналогичные подходы укрепляются и в молочной отрасли. По мере удешевления и зрелости технологий такие решения станут отраслевым стандартом, снижая вероятность крупномасштабных инцидентов пищевой безопасности.

Заключение

Результаты анализа показывают, что использование больших данных и ИИ (через улучшение прослеживаемости, прогнозную аналитику и ускоренное реагирование) существенно снижает риски, а при поддержке адекватных регуляторных рамок и отраслевого взаимодействия прокладывает путь к более безопасному и прозрачному продовольствен-

ному снабжению - от производителя пищевой продукции и так далее.

Цифровая прослеживаемость и аналитика на базе больших данных и ИИ усиливают действенность пищевого права, поскольку делают возможными раннюю идентификацию опасностей, точечные отзывы и доказательно выверенные решения. Технологический эффект реализуется только при соблюдении правовых требований к защите данных, прозрачности алгоритмов и киберустойчивости, а также при наличии договорных механизмов переносимости и аудита. Наиболее рациональной стратегией для предприятий становится «compliance-by-design»: начать с единицы прослеживаемости и стандарта событий, параллельно выстроить правовые основания и DPIA, внедрить мониторинг моделей и обеспечить готовность аудиторских пакетов. Междисциплинарная кооперация специалистов по качеству, юристов, ИТ-инженеров и учёных-данных является ключевым фактором устойчивого повышения безопасности пищевой продукции в Казахстане, ЕАЭС и ЕС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламент (ЕС) 2017/625 Европейского Парламента и Совета от 15 марта 2017 «Об официальном контроле и других официальных мероприятиях, проводимых с целью обеспечения применения пищевого и кормового законодательства, санитарных норм и правил о благополучии животных, здоровье растений и средствах защиты растений». – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://fsvps.gov.ru/files/reglament-es-2017-625-evropejskogo-parlamenta/>.
2. D. Sedik «Food Safety Control in the EU and EAEU», University of Halle, 2016.
3. Barcoding.com Blog, «How Data Capture Tech is Modernizing the Food Supply Chain», 2022.
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Москва: ЕЭК, 2011 - [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <http://www.eurasian-commission.org> (дата обращения: 14.06.2025).
5. Закон Республики Казахстан «О персональных данных и их защите» от 21.05.2013 № 94-V. [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://adilet.zan.kz> (дата обращения: 14.06.2025).
6. Искусственный интеллект меняет подход к производству мороженого в Казахстане. – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://agronews.com/kz/ru/news/breaking-news/2025-0528/59225#:~:text=%D0%A1%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%2C,%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%2C%D0%20%D1%82%D0%B0%D0%BA%20%D0%B8%20%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%85%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9>

%BC%20%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%2C,%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%2C%D0%20%D1%82%D0%B0%D0%BA%20%D0%B8%20%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%85%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9

7. Искусственный интеллект, большие данные и блокчейн в безопасности пищевых продуктов – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: https://www.researchgate.net/publication/356357841_Artificial_intelligence_big_data_and_blockchain_in_food_safety

8. Выявление фальсификации пищевых продуктов с помощью анализа данных на основе искусственного интеллекта – [Электронный ресурс]. – 2025-URL: <https://www.labmanager.com/detecting-food-fraud-through-ai-powered-data-analysis-30680>

9. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (ЕАЭС) – [Электронный ресурс]. – 2025-URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/departament/deptextr/eg/tr/PischevayaProd.php>

10. Data Protection Regulation (GDPR) – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://gdpr-info.eu/>

11. ISO 22000:2018. Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain. Geneva: ISO, 2018. – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://www.bsigroup.com/globalassets/localfiles/en-ae/iso22000/guide-to-iso-22000/>

12. Соответствие требованиям директивы кибербезопасности EU NIS 2 – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://www.h-x.technology/ru/services/nis-2-cybersecurity-directive-ru>

13. Храмов Александр Алексеевич. Инновационные технологии в эпоху цифровой трансформации: анализ и перспективы // Journal of Monetary Economics and Management. 2024. №8. [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-epohu-tsifrovoy-transformatsii-analiz-i-perspektivy> (дата обращения: 14.10.2025).

14. Thomas Fox. Compliance by Design: Future-Proofing Your Product Oversight and Governance – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://www.linkedin.com/pulse/compliance-design-future-proofing-your-product-oversight-thomas-fox-onjtc>

15. СТ РК ISO 22000-2019 и HACCP – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <http://abc-cert.kz/haccp> .

16. Интернет вещей и новые решения для современных цепочек поставок: адаптация к изменениям рынка – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://apni.ru/article/2045-internet-veshhej-inovye-resheniya-dlya-sovremennyh-czepochek-postavok-adaptacziya-k-izmeneniyam-rynka>

17. GS1 2025: Прокладывая мосты в будущее глобальных стандартов – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: https://standard.kz/ru/post/2025_05_gs1-2025-prokladyvaia-mosty-v-budushhee-globalnyx-standartov-301

18. Gálvez J. F., Mejuto J. C., Simal-Gándara J. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis // Trends in Analytical Chemistry. 2018. Vol. 107. P. 222–232. DOI: 10.1016/j.trac.2018.08.001.

19. Электронный нос: перспективный многофункциональный прибор – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/695986/>

20. Are You Ready for GDPR? – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/ready-guide-to-gdpr>

21. Codex Alimentarius – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://www.fao.org/food-safety/food-control-systems/policy-and-legal-frameworks/codex-alimentarius/ru/>

22. FSMA 204 и безопасность пищевых продуктов: проверка требований соответствия [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://rfxcel.com/ru/fsma-204-data-carrier/>

23. Пять примеров успешного использования ИИ на производстве - [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://habr.com/ru/articles/727358/>

24. Повышайте лояльность клиентов с помощью интеллектуальной упаковки – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://remos.ru/blog/a-blog-about-packaging/market-ing/povyshayte-loyalnost-klientov-s-pomoshchyu-intellektualnoy-upakovki/>

25. Компании по отслеживанию морепродуктов объединяются, чтобы упростить обмен данными и улучшить стандарты прослеживаемости морепродуктов – [Электронный ресурс]. – 2025- URL: <https://www.global-seafood.org/advocate/topic/gdst/>

REFERENCES

1. Регламент (ЕС) 2017/625 Европейского Парламента и Совета от 15 марта 2017 «Об официальном контроле и других официальных мероприятиях, проводимых с целью обеспечения применения пищевого и кормового законодательства, санитарных норм и правил о благополучии животных, здоровье растений и средств защиты растений». [On official control and other official activities carried out to ensure the enforcement of food and feed legislation, sanitary norms and rules on animal welfare, plant health, and plant protection products] – [Elektronnyi resurs]. –

2025. - URL: <https://fsvps.gov.ru/files/reglament-es-2017-625-evropejskogo-parlamenta/>.

2. D. Sedik «Food Safety Control in the EU and EAEU», University of Halle, 2016.

3. Barcoding.com Blog, «How Data Capture Tech is Modernizing the Food Supply Chain», 2022.

4. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishevoj produkcii». Moskva: EEK, 2011. - . [Technical Regulation of the Customs Union TR CU 021/2011 «On the Safety of Food Products».] - [Elektronnyi resurs]. – 2025. - URL: <http://www.eurasiancommission.org> (data obrasheniya: 14.06.2025).

5. Zakon Respubliki Kazahstan «O personalnyh dannyh i ih zashite» ot 21.05.2013 № 94 V. - [Law of the Republic of Kazakhstan "On Personal Data and Its Protection" dated 21.05.2013 No. 94-V.] - [Elektronnyi resurs]. – 2025. - URL: <https://adilet.zan.kz> (data obrasheniya: 14.06.2025).

6. Iskusstvennyj intellekt menyaet podhod k proizvodstvu morozhenogo v Kazahstane. [Artificial intelligence is changing the approach to ice cream production in Kazakhstan.]– [Elektronnyi resurs]. – 2025. URL:<https://agronews.com/kz/ru/news/breaking-news/2025-05-28/59225#:~:text=%D0%A1%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%2C,%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%2C%20%D1%82%D0%B0%D0%BA%20%D0%B8%20%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%85%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9>

7. Iskusstvennyj intellekt, bolshie dannye i blokchejn v bezopasnosti pishevyh produktov – [Artificial Intelligence, Big Data, and Blockchain in Food Safety] - [Elektronnyi resurs]. – 2025.-URL: https://www.researchgate.net/publication/356357841_Artificial_intelligence_big_data_and_blockchain_in_food_safety

8. Vyyavlenie falsifikacii pishevyh produktov s pomoshchy analiza dannyh na osnove iskusstvennogo intellekta - [Detection of food fraud using data analysis based on artificial intelligence] – [Elektronnyi resurs]. – 2025. - URL: <https://www.labmanager.com/detecting-food-fraud-through-ai-powered-data-analysis-30680>

9. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishevoj produkcii» - [Technical Regulation of the Customs Union TR CU 021/2011 'On the Safety of Food Products] (EAES) – [Elektronnyi resurs]. – 2025. -

URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/departement/deptexreg/tr/PischevayaProd.php>

10. General Data Protection Regulation (GDPR) – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://gdpr-info.eu/>

11. ISO 22000:2018. Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain. Geneva: ISO, 2018. – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://www.bsigroup.com/globalassets/localfiles/en-ae/iso22000/guide-to-iso-22000/>

12. Sootvetstvie trebovaniyam direktivy kiberbezopasnosti EU NIS 2 - [Compliance with the requirements of the Cybersecurity Directive] – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://www.h-x.technology/ru/services/nis-2-cybersecurity-directive-ru>

13. Hramov Aleksandr Alekseevich Innovatsionnye tehnologii v epohu cifrovoy transformatsii: analiz i perspektivy - [Innovative Technologies in the Era of Digital Transformation: Analysis and Prospects] // Journal of Monetary Economics and Management. 2024. №8. [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-epohu-tsifrovoy-transformatsii-analiz-i-perspektivy> (data obrasheniya: 14.10.2025).

14. Thomas Fox. Compliance by Design: Future-Proofing Your Product Oversight and Governance – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://www.linkedin.com/pulse/compliance-design-future-proofing-your-product-oversight-thomas-fox-onjtc>

15. ST RK ISO 22000-2019 i HACCP [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <http://abc-cert.kz/haccp>.

16. Internet veshej i novye resheniya dlya sovremennyh cepochek postavok: adaptatsiya k izmeneniyam rynka - [The Internet of Things and New Solutions for Modern Supply Chains: Adapting to Market Changes] – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://apni.ru/article/2045-internet-veshhej-i-novye-resheniya-dlya-sovremennyh-cepochek-postavok-adaptatsiya-k-izmeneniyam-rynka>

17. GS1 2025: Prokladyvaya mosty v budushee globalnyh standartov - [Building bridges to the future

of global standards] – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: https://standard.kz/ru/post/2025_05_gs1-2025-prokladyvaia-mosty-v-budushhee-globalnyx-standartov-301

18. Galvez J. F., Mejuto J. C., Simal Gandara J. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis // Trends in Analytical Chemistry. 2018. Vol. 107. P. 222–232. DOI: 10.1016/j.trac.2018.08.001.

19. Elektronnyj nos: perspektivnyj mnogofunkcionalnyj pribor - [Electronic Nose: A Promising Multifunctional Device] – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/695986/>

20. Are You Ready for GDPR? – [Elektronnyi resurs] – 2025. – URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/ready-guide-to-gdpr>

21. Codex Alimentarius – [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://www.fao.org/food-safety/food-control-systems/policy-and-legal-frameworks/codex-alimentarius/ru/>

22. FSMA 204 i bezopasnost pishevyh produktov: proverka trebovanij sootvetstviya - [FSMA 204 and food safety: compliance requirements verification] - [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://rfxccl.com/ru/fsma-204-data-carrier/>

23. Pyat primerov uspehnogo ispolzovaniya II na proizvodstve - [Five examples of successful AI use in manufacturing] - [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://habr.com/ru/articles/727358/>

24. Povyshajte loylnost klientov s pomoshyu intellektualnoj upakovki - [Increase customer loyalty with intelligent packaging] - [Elektronnyi resurs]. – 2025. – URL: <https://remos.ru/blog/a-blog-about-packaging/marketing/povyshajte-loylnost-klientov-s-pomoshchyu-intellektualnoy-upakovki/>

25. Kompanii po otslezhivaniyu moreproduktov obedinyayutsya, chtoby uprostit obmen dannymi i uluchshit standarty proslezhivaemosti moreproduktov - [Seafood tracking companies are joining forces to streamline data sharing and improve seafood traceability standards] [Elektronnyi resurs] – 2025. – URL: <https://www.globalseafood.org/advocate/topic/gdst/>

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR OBTAINING HERBAL PHARMACEUTICAL SUBSTANCES FOR THE PRODUCTION OF PHYTOPRODUCTS

¹M.B. IBRAYEVA , ¹B.B. RYSSALOVA , ¹A.B. SABYROVA , ¹G.T. ZHUMASHOVA ,
¹Z.B. SAKIPOVA , ²CH.I. RIDVANOV , ¹S.O. ORYNBEKOVA ,
^{1,3}O.V. SERMUKHAMEDOVA , ¹A.M. JAKIYANOV , ¹ZH.ZH. TURUSPAYEVA 

¹Kazakh National Medical University S.D. Asfendiyarov, 050000, Republic of Kazakhstan, Almaty, 94 Tole Bi str.,

²«Abdi Ibrahim Global Farm» LLP, 040703, Republic of Kazakhstan,

Mukhametzhan Tuimebayev village, Ili district, Almaty region

³«Fitoleum» LLP, 040400, Republic of Kazakhstan, Esik, M. Mametova str., 25)

Corresponding author's e-mail: ibraevamb2001@gmail.com*

*Modern trends in the pharmaceutical industry are characterized by a steady increase in interest in herbal remedies, driven by increased attention to the safety and efficacy of drugs, as well as the global desire to use environmentally friendly and renewable raw materials. Under these conditions, the development of scientifically based technological approaches aimed at ensuring the stability of the composition and reproducibility of the quality of herbal products is of particular importance. This paper presents a methodology for obtaining medicinal herbal raw materials of pharmacopoeial quality, based on the application of the Quality by Design concept and the Design of Experiments tool. The studies were carried out using the above-ground parts of the plants *Seseli sessiliflorum* Schrenk, *Dracocephalum bipinnatum* Rupr., *Dracocephalum integrifolium* Bunge, *Dracocephalum ruyschiana* L. and *Ziziphora bungeana* Juz., which are characterized by a high content of biologically active components, including essential oils, flavonoids and phenolic compounds with pronounced biological activity. The study assessed the influence of harvesting, drying, grinding, and storage parameters on the preservation of heat-labile components and the stability of the chemical profile of the studied raw materials. The developed methodology for obtaining plant raw materials holds great promise for the subsequent development of drugs, dietary supplements, and cosmetics with predictable quality and effectiveness, as well as for improving the standardization and quality control system for plant materials in accordance with international requirements.*

Keywords: medicinal plant raw material, infrared radiation, essential oil, design of experiments, parameters of technological process, quality of the pharmaceutical product.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФИТОПРОДУКТОВ

¹М.Б. ИБРАЕВА, ¹Б.Б. РЫСАЛОВА, ¹А.Б. САБЫРОВА, ¹Г.Т. ЖУМАШОВА,
¹З.Б. САКИПОВА, ²Ч.И. РИДВАНОВ, ¹С.О. ОРЫНБЕКОВА,
^{1,3}О.В. СЕРМУХАМЕДОВА, ¹А.М. ДЖАКИЯНОВ, ¹Ж.Ж. ТУРУСПАЕВА

¹Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, 050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе Би, д. 94

²ТОО «Абди Ибрахим Глобал Фарм», 040703, Республика Казахстан, с. Мухаметжан Туймебаев, Илийский район, Алматинская область

³ТОО «ФитОлеум», 040400, Республика Казахстан, г. Есик, ул. М.Маметова, 25)

Электронная почта автора-корреспондента: ibraevamb2001@gmail.com*

Современные тенденции развития фармацевтической промышленности характеризуются устойчивым ростом интереса к фитопрепаратам, что связано с повышенным вниманием к безопасности и эффективности лекарственных средств, а также с глобальным стремлением к использованию экологически чистого и возобновляемого сырья. В данных условиях особое значение приобретает разработка научно-обоснованных технологических подходов, направленных на обеспечение стабильности состава и воспроизводимости качества растительной продукции. В представленной работе разработана методология получения лекарственного растительного сырья фармакопейного качества, основанная на

применении концепции *Quality by Design* и инструмента планирования экспериментов (*Design of Experiments*). Исследования проводились на надземных частях растений *Seseli sessiliflorum* Schrenk, *Dracosephalum bipinnatum* Rupr., *Dracosephalum integrifolium* Bunge, *Dracosephalum ruyschiana* L. и *Ziziphora bungeana* Juz., характеризующихся высоким содержанием биологически активных компонентов, включая эфирные масла, флавоноиды и фенольные соединения, обладающие выраженной биологической активностью. В ходе работы была проведена оценка влияния параметров сбора, сушки, измельчения и хранения на сохранность термолабильных компонентов и стабильность химического профиля исследуемого сырья. Разработанная методология получения растительного сырья имеет широкие перспективы для последующей разработки лекарственных препаратов, биологически активных добавок и косметических средств с прогнозируемым качеством и эффективностью, а также для совершенствования системы стандартизации и контроля качества растительных материалов в соответствии с международными требованиями.

Ключевые слова: лекарственное растительное сырье, инфракрасное излучение, эфирное масло, планирование экспериментов, параметры технологического процесса, качество фармацевтического продукта.

ФИТОӨНІМДЕР ӨНДІРІСІ ҮШІН ӨСІМДІК ФАРМАЦЕВТИКАЛЫҚ СУБСТАНЦИЯЛАРЫН АЛУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ

¹М.Б. ИБРАЕВА, ¹Б.Б. РЫСАЛОВА, ¹А.Б. САБЫРОВА, ¹Г.Т. ЖУМАШОВА,
¹З.Б. САКИПОВА, ²Ч.И. РИДВАНОВ, ¹С.О. ОРЫНБЕКОВА,
^{1,3}О.В. СЕРМУХАМЕДОВА, ¹А.М. ДЖАКИЯНОВ, ¹Ж.Ж. ТУРУСПАЕВА

¹С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық Медициналық Университеті, 050000,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 94-үй

²«Абди Ибрахим Глобал Фарм» ЖШС, 040703, Қазақстан Республикасы,
Алматы облысы, Іле ауданы, Мұхамеджан Түймебаев ауылы

³«ФитОлеум» ЖШС, 040400, Қазақстан Республикасы, Есік қ., М.Мәметова к-сі, 25-үй)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: ibraevamb2001@gmail.com*

Фармацевтикалық өнеркәсіпті дамытудың қазіргі заманғы үрдістері фитопрепараттарға деген қызығушылықтың тұрақты өсуімен сипатталады. Бұл дәрілік заттардың қауіпсіздігі мен тиімділігіне жоғары назар аударумен, сондай-ақ экологиялық таза және жаңартылатын шикізатты пайдалануға жаһандық ұмтылыспен байланысты. Осы жағдайларда өсімдік өнімі құрамының тұрақтылығын және сапасының жаңғыртылуын қамтамасыз етуге бағытталған ғылыми негізделген технологиялық тәсілдерді әзірлеу ерекше маңызға ие болады. Ұсынылған жұмыста *Quality by Design* тұжырымдамасын және эксперименттерді жоспарлау құралын (*Design of Experiments*) қолдануға негізделген фармакопеялық сападағы дәрілік өсімдік шикізатын алу әдістемесі әзірленді. Зерттеулер *Seseli sessiliflorum* Schrenk, *Dracosephalum bipinnatum* Rupr., *Dracosephalum integrifolium* Bunge, *Dracosephalum ruyschiana* L. және *Ziziphora bungeana* Juz. өсімдіктерінің жер үсті бөліктерінде жүргізілді. Бұл өсімдіктер құрамында эфир майлары, флавоноидтар және айқын биологиялық белсенділікке ие фенолдық қосылыстар сияқты биологиялық белсенді компоненттердің жоғары мөлшерімен ерекшеленеді. Жұмыс барысында жинау, кептіру, ұнтақтау және сақтау параметрлерінің термолабильді компоненттердің сақталуына және зерттелген шикізаттың химиялық профилінің тұрақтылығына әсері бағаланды. Дайындалған өсімдік шикізатын алу әдістемесі дәрілік препараттарды, биологиялық белсенді қоспаларды және болжауға болатын сапасы мен тиімділігі бар косметикалық құралдарды әзірлеу үшін кең перспективаға ие. Сонымен қатар, ол өсімдік тектес материалдардың сапасын халықаралық талаптарға сай стандарттау және сапаны бақылау жүйесін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: дәрілік өсімдік шикізаты, инфракызыл сәуле, эфир майы, экспериментті жоспарлау, технологиялық үдеріс параметрлері, фармацевтикалық өнімнің сапасы.

Introduction

Plant raw materials are complex biochemical systems containing a wide range of secondary metabolites – phenolic compounds, flavonoids, terpenes, coumarins, alkaloids, and other natural

substances. These components provide a variety of biological effects, including antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and cardioprotective actions, which determine the therapeutic potential of herbal preparations. The chemical composition of

plant raw materials depends on the plant species, vegetation phase, climatic and environmental conditions, as well as the methods of collection, drying, and storage. Variations in these parameters affect the content and stability of biologically active substances, which affects the quality and reproducibility of pharmacological activity. Regulating the production and processing of plant raw materials is considered a key step in the development of herbal medicines, dietary supplements, and cosmetics based on them.

Representatives of the *Apiaceae* and *Lamiaceae* families are distinguished by their high level of chemical diversity and wide use in traditional and modern herbal medicine. Plants of the *Apiaceae* family are characterized by the accumulation of phenylpropanoids, coumarins, polyacetylenes and various terpene compounds, while *Lamiaceae* plants contain predominantly phenolic acids, flavonoids and aromatic monoterpenes, including linalool, thymol and carvacrol. The similarity in the structure of the main metabolic pathways and the recurrence of key groups of biologically active compounds create the preconditions for unifying approaches to studying these plants, optimizing the extraction processes, and standardizing biologically active components. This, in turn, forms the basis for the industrial production of herbal remedies, dietary supplements, and cosmetics of plant origin.

The relevance of herbal medicine and the production of herbal products is confirmed by the significant volume of the global market for herbal medicines, dietary supplements, and cosmetics. According to analytical estimates, the herbal medicine market was approximately \$70.6 billion in 2023, with projected growth to \$328.7 billion by 2030 (a Compound Annual Growth Rate of approximately 21% from 2024 to 2030). The dietary supplement market is estimated at approximately \$192.7 billion in 2024 and is also demonstrating a steady expansion. The large-scale production and trade of herbal products necessitates strict quality assurance and reproducibility of raw materials: fluctuations in the content of biologically active substances between batches can reduce the therapeutic and functional effectiveness of finished products, which requires standardization of approaches to the collection and processing of herbal raw materials.

To ensure the consistent quality of herbal raw materials and the reproducibility of their characteristics, a systematic approach is necessary, including standardization of procurement and processing conditions, as well as the use of statistically validated methods for process optimization. This methodological framework

ensures traceability and validity of production parameters, which is a key requirement for the standardization of herbal remedies.

In recent years, the principles of the Quality by Design (QbD) concept have been actively applied in pharmaceutical practice, including Design of Experiments (DoE) methods aimed at quality management by analyzing the relationships between process parameters and the properties of the final product. The use of QbD approaches facilitates the creation of predictive models, optimization of experimental studies, and ensuring the consistent quality of herbal products.

The aim of this work is to develop a methodology for obtaining medicinal herbal raw materials, including statistically validated optimization of processing parameters, with an emphasis on ensuring the preservation of key classes of bioactive substances and the applicability of the results for the further development of herbal medicinal products, dietary supplements, and cosmetics.

Materials and methods

The study subjects were the aboveground parts of plants – leaves, flowers (inflorescences), and stem tips – of the species *Seseli sessiliflorum* Schrenk, *Dracocephalum bipinnatum* Rupr., *Dracocephalum integrifolium* Bunge, *Dracocephalum ruyschiana* L., and *Ziziphora bungeana* Juz.

Seseli sessiliflorum Schrenk – or *Ziziphora bungeana* – is a perennial herbaceous plant up to 70 cm tall, growing on dry, rocky and gravelly slopes, in foothill areas, and on the slopes of desert uplands. In folk medicine, the aboveground parts of *S. sessiliflorum* are used as an anti-inflammatory, antispasmodic, and antimicrobial agent.

Dracocephalum bipinnatum Rupr. is a perennial plant up to 50 cm tall, growing in Central Asia on rocky slopes and scree up to the upper mountain belt. In folk medicine, the above-ground part of *D. bipinnatum* is used as a sedative and hypotensive agent.

Dracocephalum integrifolium Bunge. is a perennial plant up to 60 cm tall, growing in Central Asia, Mongolia, and China on rocky, gravelly, and grassy slopes, in forests and shrubs, primarily in the lower mountain belt. In folk medicine, the aboveground part of *D. integrifolium* is used as a sedative, hypotensive, and recommended as an antiseptic.

Dracocephalum ruyschiana L. – Ruysch's dragonhead – is a perennial plant up to 60 cm tall, growing on rocky and meadow slopes, along the floodplains of mountain rivers, and in sparse forests. In folk medicine, the above-ground part of

D. ruyschiana is used as an astringent, antispasmodic, tonic, potency-enhancing, and wound-healing agent.

Ziziphora bungeana Juz. is a perennial herbaceous plant up to 40 cm high, growing on rocky and gravelly slopes, in steppe and foothill areas. In folk medicine, the above-ground part of *Z. bungeana* is used as an antiseptic, wound-healing, anti-inflammatory and analgesic agent.

The raw materials were collected in the Almaty region, on the foothills of the Dzungarian Alatau, during the period of mass flowering of the plants. The species identification of the samples was confirmed by specialists from the Institute of Botany and Phytointroduction of the Republic of Kazakhstan.

The development of infrared (IR) drying technology for plant essential oil raw materials was carried out within the framework of the QbD concept. During the drying conditions optimization stage, the DoE statistical tool implemented in Minitab Statistical Software 21 was used. The following independent variables (factors, X) were selected: temperature: 35–75°C; time: 60–360 min. The dependent variables were "essential oil yield" (% of dry weight, Y_1) and "flavonoid content" (mg/g, Y_2), characterizing the efficiency of the drying process and the degree of preservation of biologically active components.

Drying was carried out in a RAWMiD IR-1000 infrared drying chamber (RAWMiD, Republic of Kazakhstan/China), equipped with infrared ceramic emitters with a wavelength of 2–10 μm and a built-in digital temperature control system. The system ensured uniform heat flow distribution across the plant material layer, reducing the risk of localized overheating and preserving volatile components. The temperature in the drying chamber was maintained automatically with an accuracy of $\pm 1^\circ\text{C}$; the thickness of the raw material layer on the pallet was maintained within 2–3 cm.

Results and discussion

The objects of the study were the aboveground parts of plants – leaves, flowers (inflorescences), stem tips, and vegetative-generative shoots of the species *Seseli sessiliflorum* Schrenk, *Dracocephalum bipinnatum* Rupr., *Dracocephalum integrifolium* Bunge, *Dracocephalum ruyschiana* L., and *Ziziphora bungeana* Juz. Collection was carried out at the beginning or full flowering stage, which corresponds to the period of maximum accumulation of biologically active substances and the accepted practice of harvesting flowering raw materials.

Collection was carried out in the morning hours (8–11 am) in dry, clear weather, avoiding high humidity and precipitation to prevent microbiological contamination. Plants were cut with pruning shears at a height of 20–25 cm from the ground, removing

damaged and contaminated parts. For each species, three independent replicates of 400–500 g of fresh material were collected from different sites representative of the species' range. The description included the sample code, species, date and time of collection, coordinates, altitude, habitat type, and plant community characteristics.

Each package and documentation was assigned a unique sample code, indicating the species, code, date and time of collection, GPS coordinates, altitude, developmental stage, weight, and the names of the individuals who collected the samples. The collected samples were placed in paper bags, labeled, and delivered to the laboratory on the day of collection, avoiding exposure to sunlight and excessive heat.

After harvesting the plants, a commodity analysis of the fresh plant material was conducted in accordance with the requirements of regulatory and technical documentation governing the quality and authenticity of medicinal plant materials.

The commodity analysis included an assessment of organoleptic and diagnostic characteristics (appearance, color, odor, leaf and inflorescence morphology), as well as checking the purity of the material and the absence of impurities, damage, and signs of spoilage.

Based on the combined analyses, it was established that the collected plant material meets quality requirements and is suitable for subsequent study of drying parameters.

The development of a drying technology for medicinal plant materials is aimed at effectively removing moisture while preserving biologically active and heat-labile compounds. IR drying was chosen as the method, ensuring rapid and uniform heating of the material and reducing the duration of the process.

Optimization of the drying process parameters was carried out using the QbD concept, which utilized the statistical design of experiments (DoE) tool. The use of DoE allowed us to evaluate the impact of drying temperature and time on key quality indicators and justify the selection of optimal parameter values.

A central composite design with 13 experimental points was implemented over a temperature range of 35–75°C and a time of 60–360 min. Data processing in Minitab Statistical Software 21 allowed us to identify patterns in the influence of these factors and determine optimal process parameters. IR radiation parameters were maintained constant: wavelength 1–5 μm , radiation intensity 0.5–0.8 W/cm², and distance from the source to the sample surface 10–20 cm.

Table 1. Results of the DoE model study for the quality indicators “Essential oil content” and “Flavonoid content” in plants

R u n- O r d e r	X		Y ₁					Y ₂				
	Temp , °C	Time, h	Essential oil content, %					Flavonoid content, mg/g				
			<i>S. sessiliflorum</i>	<i>D. ruyschiana</i>	<i>D. integrifolium</i>	<i>D. bipinnatum</i>	<i>Z. bungeana</i>	<i>S. sessiliflorum</i>	<i>D. ruyschiana</i>	<i>D. integrifolium</i>	<i>D. bipinnatum</i>	<i>Z. bungeana</i>
1	35.0	6.0	0.150	0.190	0.165	0.200	0.278	7.8	11.5	9.7	9.5	26.5
2	26.7	3.5	0.042	0.048	0.045	0.055	0.062	5.2	7.5	6.4	6.3	18.0
3	75.0	6.0	0.006	0.005	0.004	0.005	0.006	3.8	5.9	5.0	4.9	14.0
4	55.0	3.5	0.352	0.430	0.365	0.438	0.545	10.6	15.3	12.8	12.7	34.8
5	55.0	3.5	0.348	0.423	0.359	0.426	0.538	10.7	15.4	12.9	12.8	34.9
6	75.0	1.0	0.091	0.112	0.098	0.117	0.142	4.8	7.0	6.0	5.9	15.5
7	55.0	3.5	0.351	0.427	0.362	0.432	0.541	10.8	15.5	13.0	12.9	35.0
8	35.0	1.0	0.031	0.036	0.032	0.037	0.041	5.9	8.2	7.0	6.9	19.5
9	55.0	0.5	0.071	0.089	0.083	0.093	0.108	7.4	10.5	8.9	8.8	25.0
10	55.0	3.5	0.353	0.429	0.361	0.435	0.543	10.9	15.6	13.1	13.0	35.1
11	55.0	7.04	0.247	0.305	0.258	0.312	0.386	8.8	12.6	10.7	10.6	29.0
12	55.0	3.5	0.349	0.424	0.357	0.428	0.539	10.5	15.2	12.7	12.6	34.7
13	83.3	3.5	0.004	0.005	0.003	0.006	0.004	3.5	5.2	4.6	4.4	12.0

To assess the impact of process parameters on the yield of essential oil and flavonoids in raw materials, a Pareto plot of standardized effects was constructed. The plot shows the standardized effect values of the drying temperature (A) and drying time (B) factors, as well as their quadratic (AA, BB) and interaction (AB) terms.

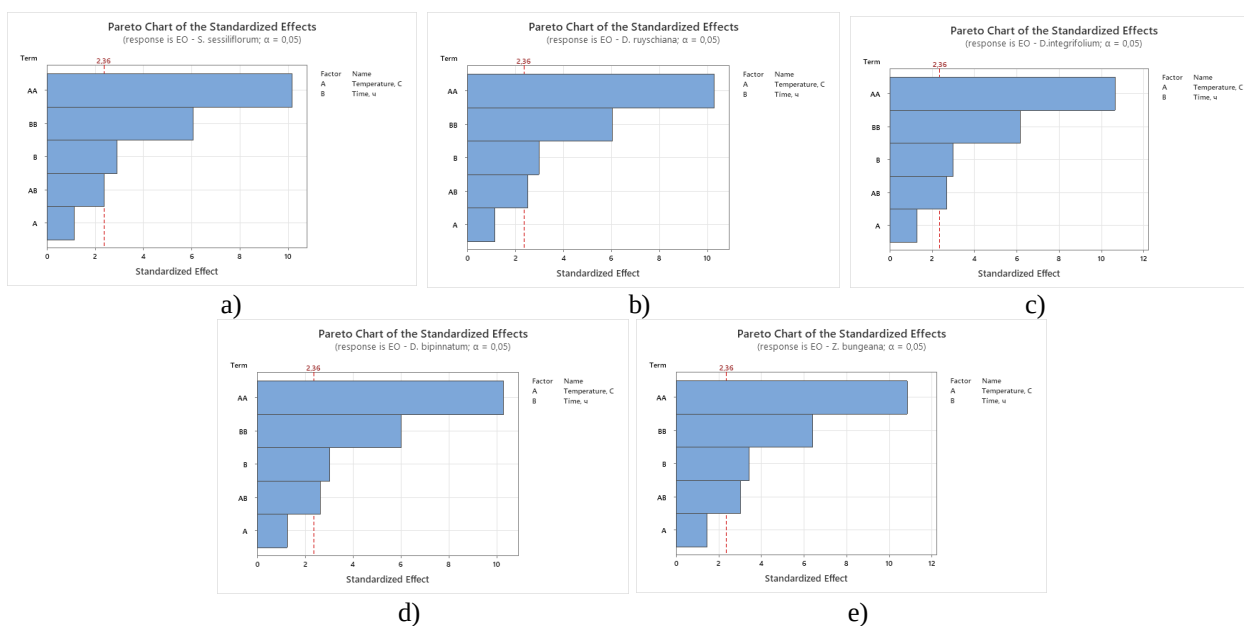


Figure 1. Pareto plots of standardized effects of drying temperature and time factors on essential oil content: a – *S. sessiliflorum*; b – *D. ruyschiana*; c – *D. integrifolium*; d – *D. bipinnatum*; e – *Z. bungeana*. EO – essential oil.

Data analysis revealed that the quadratic effect of temperature (AA) has the greatest influence on essential oil yield, indicating a nonlinear relationship: at extremely low or high temperatures, yield decreases, while the maximum is achieved at intermediate values (Figure 1). The quadratic effect

of time (BB) was also significant, indicating the existence of an optimal drying time range. The linear effects of temperature (A), time (B), and their interaction (AB) were less pronounced and statistically insignificant. Thus, the determining factors in essential oil yield are temperature-time

parameters in their nonlinear relationship, with optimal conditions corresponding to the average

values of the factors.

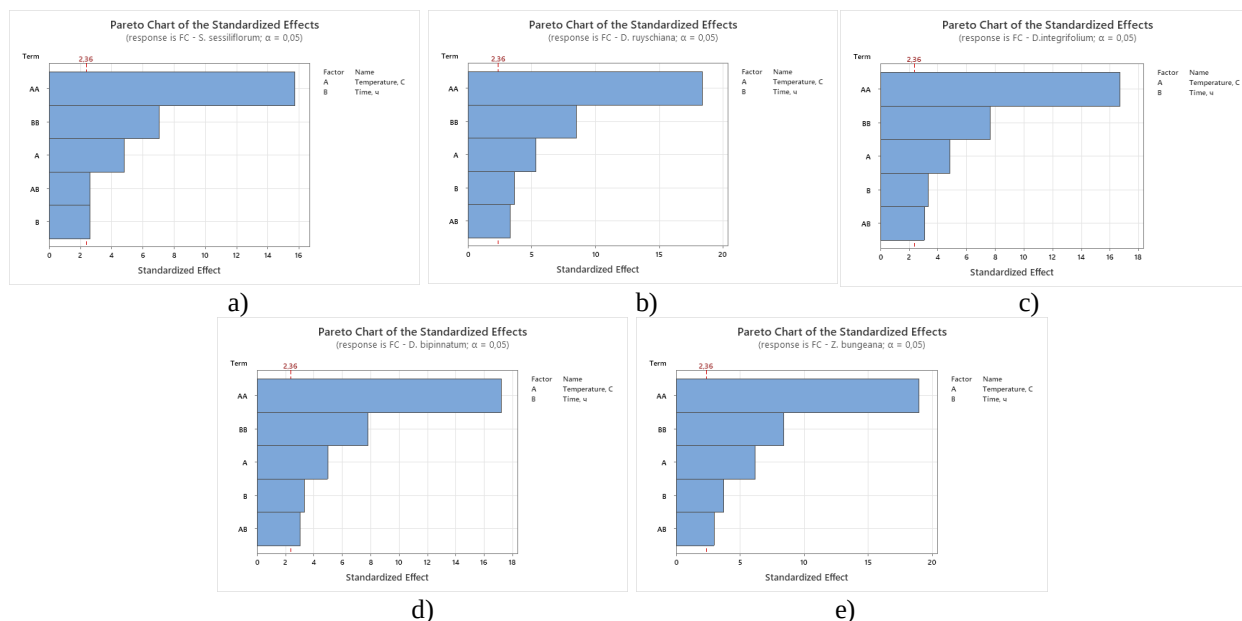


Figure 2. Pareto plots of standardized effects of drying temperature and time factors on flavonoid content: a – *S. sessiliflorum*; b – *D. ruyschiana*; c – *D. integrifolium*; d – *D. bipinnatum*; e – *Z. bungeana* FC – flavonoid content.

Based on the Pareto diagram analysis for all samples studied, it was found that drying temperature and time have a significant impact on the total flavonoid content (Figure 2). A significant influence is observed from the temperature regime in its quadratic form, indicating a nonlinear relationship: as the temperature increases, the yield of flavonoids increases to a certain limit, after which it decreases due to thermal degradation of the compounds. The duration of the drying process also influences the result, determining the

completeness of drying and the preservation of heat-sensitive components.

To clearly visualize the impact of process factors – temperature and drying time – on essential oil and flavonoid content, contour plots were constructed for all studied plants. The plots show the distribution of essential oil yield values as a function of temperature (X-axis) and drying time (Y-axis). Isolines represent response levels, and color gradation indicates the intensity of change in essential oil content: darker areas correspond to maximum values, while lighter areas indicate low yield.

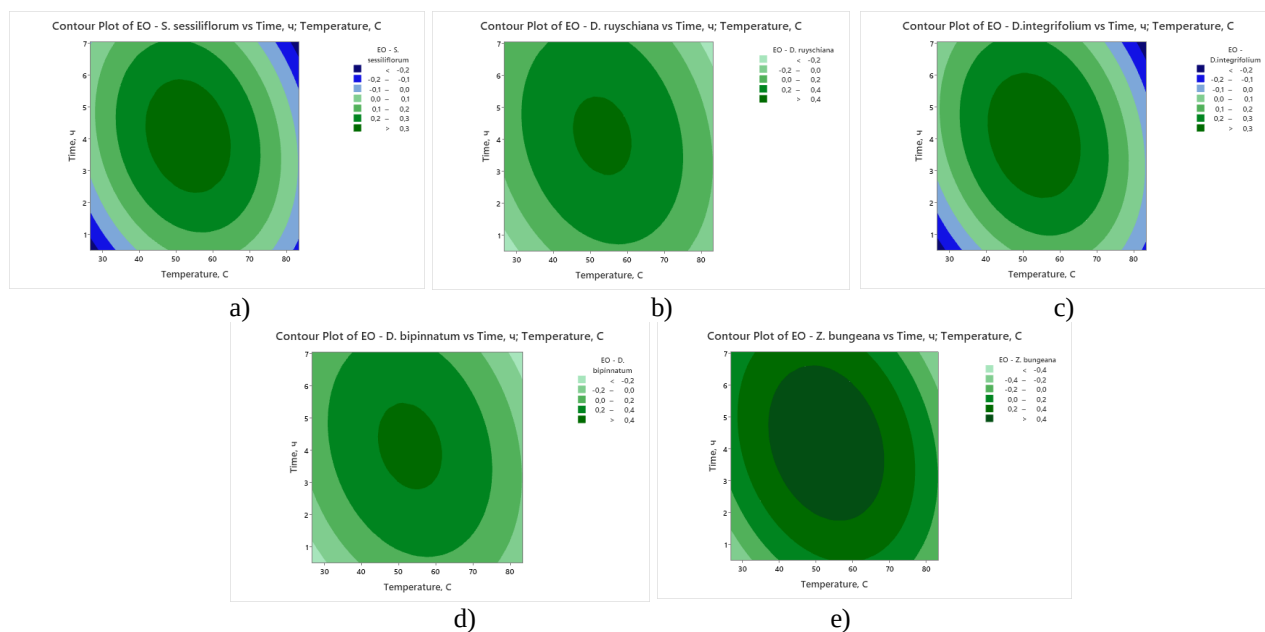


Figure 3. Contour and surface response plots demonstrating the effect of drying temperature and time on essential oil content: a – *S. sessiliflorum*; b – *D. ruyschiana*; c – *D. integrifolium*; d – *D. bipinnatum*; e – *Z. bungeana*. EO – essential oil.

A common pattern was observed in all cases: high essential oil yields were observed at moderate temperatures (45–55°C) and drying times of 3.5–5 hours (Figure 3). At low temperatures, dehydration is incomplete, leading to moisture retention and incomplete release of biologically active components. However, at temperatures above 70°C and drying times exceeding 6 hours, degradation of heat-labile

compounds and loss of volatile substances occur. Contour plots for all samples confirm the existence of an optimal parameter range ensuring maximum essential oil yield. The effectiveness of IR drying is determined by the balance between temperature and time, which ensures the preservation of biologically active substances and a high concentration of essential oil.

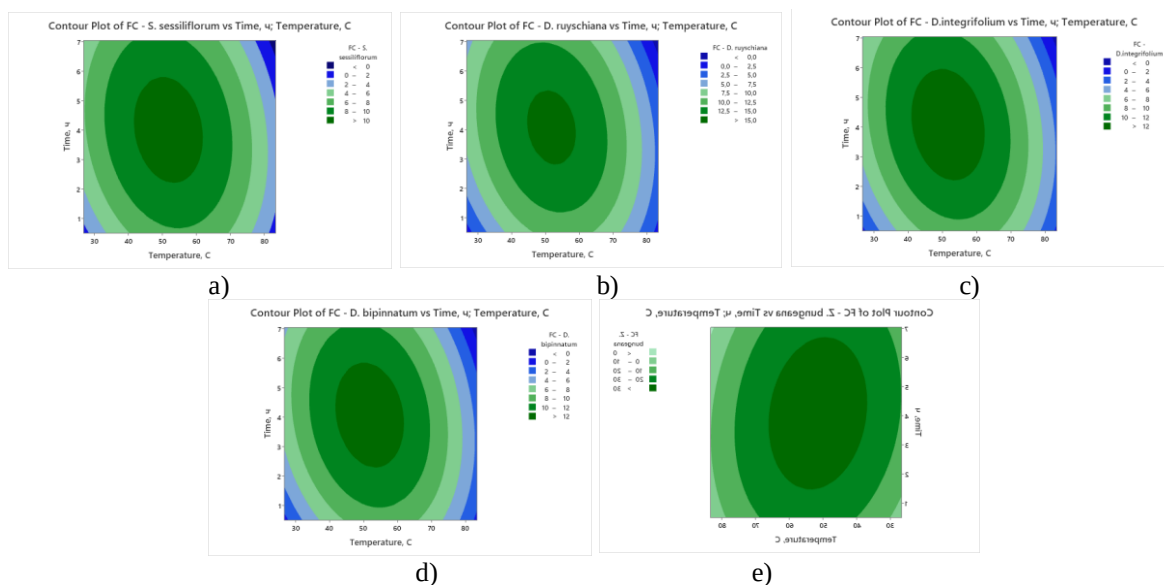


Figure 4. Contour and surface response plots demonstrating the effect of drying temperature and time on flavonoid content yield: a – *S. sessiliflorum*; b – *D. ruyschiana*; c – *D. integrifolium*; d – *D. bipinnatum*; e – *Z. bungeana*. FC – flavonoid content.

Contour graphs of the studied samples show similar dynamics of changes in the content of total flavonoids depending on the temperature and drying time (Figure 4). Maximum values are achieved at moderate temperatures of 45–55°C and process durations of 3.5–5 hours, which ensures an optimal combination of moisture removal rate and preservation of heat-labile substances. At low temperatures and short drying times, the release of active compounds is limited, whereas exceeding 70°C and increasing the drying time beyond 6 hours leads

to their partial degradation and a decrease in the total flavonoid content.

To determine the optimal parameters for IR drying of the essential oil plants under study, a response analysis was conducted. The graphs show the dependence of the yield of flavonoids and essential oil on the temperature and drying time, as well as the calculated values of the function for each plant species. The generalized desirability indices were $D=0.9922$ (for flavonoids) and $D=0.9872$ (for essential oils), which indicates a high degree of optimality of the selected conditions.

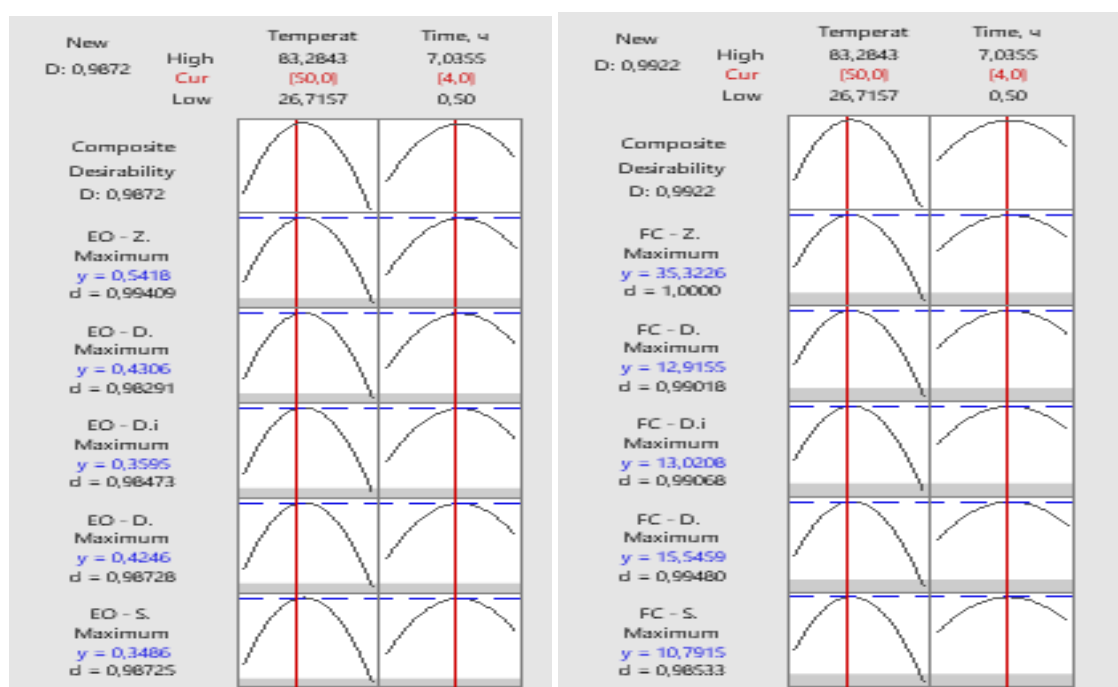


Figure 5. Graphs of optimization of temperature and drying time factors for the content of essential oil and flavonoids in plants: *S. sessiliflorum*; *D. bipinnatum*; *D. integrifolium*; *D. ruyschiana*; *Z. bungeana*. EO – essential oil, FC – flavonoid content.

An analysis of the graphs revealed that both temperature and drying time have a nonlinear effect on the studied parameters. With increasing temperature and drying time, the yield of active substances increases to a certain point, after which the values decrease due to the thermolability of the compounds (Figure 5).

Based on the constructed contour and optimization graphs, the optimal range of process parameters for all studied species lies in the temperature range of 45–55°C and drying times of 3.5–5.0 hours. The center of the optimum, according to the graph data, corresponds to a temperature of – 50°C and a drying time of –4.0 hours. Within these parameter ranges, the model indicates the maximum content of essential oil and flavonoids.

After drying, the plant materials were ground to a medium (1.0 cm) or fine (0.5 cm) fraction, or

used whole. The dried raw materials were packaged in three-layer kraft paper bags (50×25 cm) of uniform weight, providing protection from moisture, light, and contamination. The packaging and filling conditions complied with the requirements for primary containers for medicinal plant materials. Each package was labeled with the manufacturer's name, medicinal product, batch number, packaging date, net weight, storage conditions, and expiration date.

Stability tests and shelf life determination were carried out in accordance with the Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated October 28, 2020 No. KR DSM-165/2020. Three batches of each raw material were used for the study. Storage conditions: temperature not exceeding 25°C, relative humidity 60±5%. The testing program included an assessment of organoleptic properties, identification, moisture content, foreign matter, total

ash, ash insoluble in 10% hydrochloric acid, microbiological purity, and quantitative content of biologically active substances.

As a result of the research and optimization of drying parameters, a technology for collecting and processing medicinal plant materials was developed, encompassing stages from procurement to obtaining finished standardized material. The developed process flow diagram is shown in Figure 4, reflecting the sequence of stages: collection, primary processing, drying, grinding, packaging, and storage.

As a result of the research and optimization of drying parameters, a methodology for obtaining

medicinal plant materials was developed, covering a range of activities – from collecting and processing raw materials to obtaining standardized material suitable for further pharmaceutical use. The methodology algorithm, presented in Figure 6, reflects the sequence of key stages: collection, processing, drying, grinding, packaging, and storage, ensuring the preservation of biologically active components and compliance with quality and traceability requirements for each batch of raw materials.

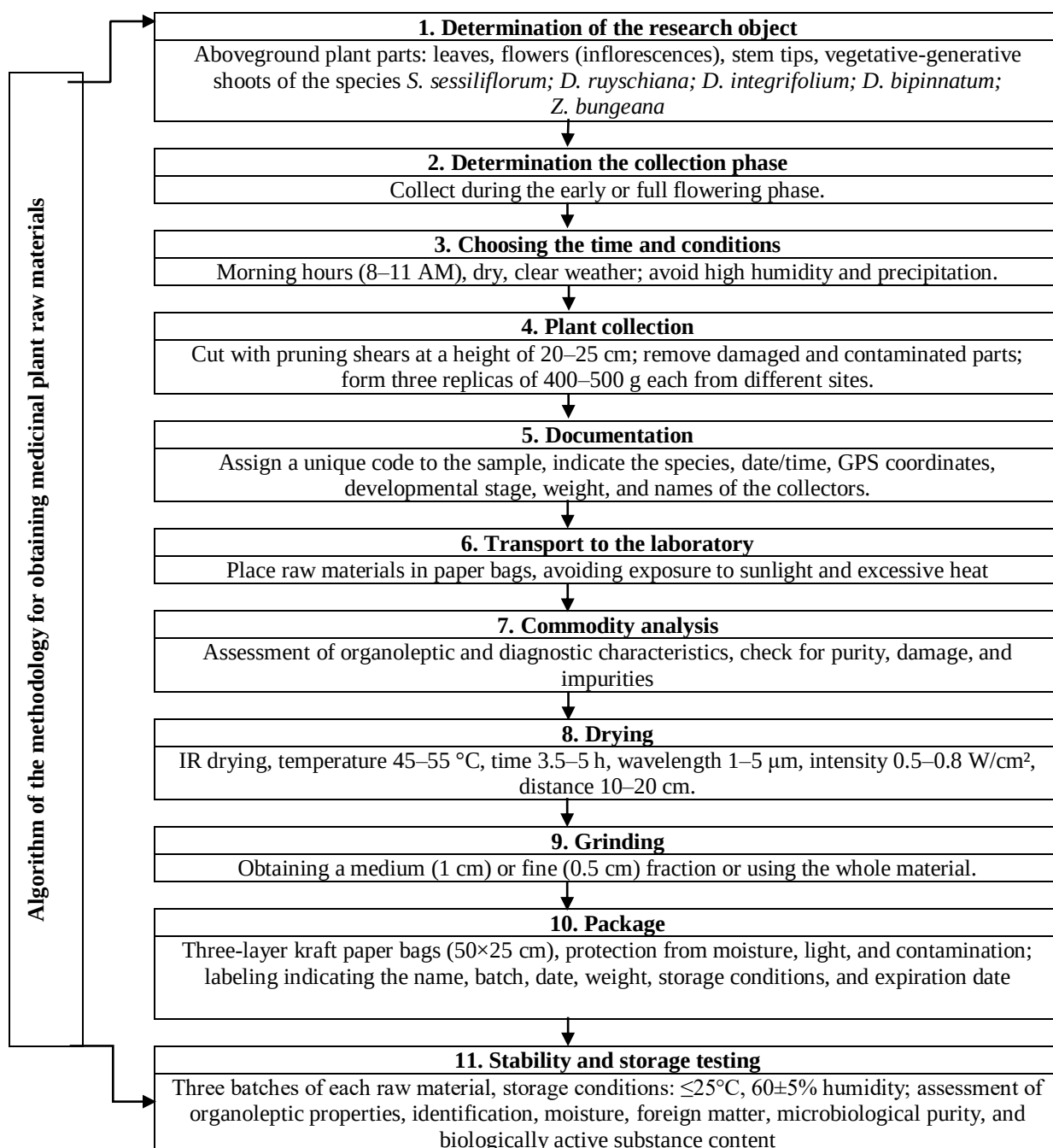


Figure 6. Algorithm of the methodology for obtaining medicinal plant raw materials

Conclusion

As a result of the study, a methodology for obtaining pharmacopoeial-grade medicinal plant material was developed. This methodology included collecting the aerial parts of *S. sessiliflorum*, *D. bipinnatum*, *D. integrifolium*, *D. ruyschiana*, and *Z. bungeana* plants. To optimize the drying process parameters, a QbD approach was applied using the Design of Experiment (DoE) method in Minitab software. This approach allowed us to establish statistically significant relationships between temperature, process duration, and the preservation of biologically active compounds, determine optimal values for critical parameters, and ensure reproducible quality of the finished plant material. The developed methodology complies with the principles of good manufacturing practice and ensures the production of plant material suitable for the further development of medicinal products, dietary supplements, and cosmeceuticals. The obtained results provide the basis for the systematic implementation of QbD principles in the processes of procurement and processing of medicinal plant materials, as well as for further research aimed at increasing their pharmacological and technological potential.

Funding

This article was prepared within the framework of the intramural grant project of S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University “Pharmaceutical development of oral care products based on plant substances for orthodontics.”

REFERENCES

1. Abubakar, A. R., & Haque, M. (2020). Preparation of Medicinal Plants: Basic Extraction and Fractionation Procedures for Experimental Purposes. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 12(1), 1–10. https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_175_19
2. Fais, A., & Era, B. (2024). Phytochemical Composition and Biological Activity. *Plants (Basel, Switzerland)*, 13(3), 331. <https://doi.org/10.3390/plants13030331>
3. WHO (World Health Organization) (2011). *Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials*. WHO/PHARM/92.559. Updated Edition of Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials. Geneva.
4. Li, M., Li, M., Wang, L., Li, M., & Wei, J. (2023). Apiaceae Medicinal Plants in China: A Review of Traditional Uses, Phytochemistry, Bolting and Flowering (BF), and BF Control Methods. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(11), 4384. <https://doi.org/10.3390/molecules28114384>
5. Ramos da Silva, L. R., Ferreira, O. O., Cruz, J. N., de Jesus Pereira Franco, C., Oliveira Dos Anjos, T., Cascaes, M. M., Almeida da Costa, W., Helena de Aguiar Andrade, E., & Santana de Oliveira, M. (2021). *Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities. Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2021, 6748052. <https://doi.org/10.1155/2021/6748052>
6. Grand View Research. *Herbal Medicine Market Size, Share & Growth Report, 2030*. 2024.
7. Market Research Future. *Herbal Medicine Market Size, Trends & Analysis 2025-2035*. 2024.
8. Wang, H., Chen, Y., Wang, L., Liu, Q., Yang, S., & Wang, C. (2023). Advancing herbal medicine: enhancing product quality and safety through robust quality control practices. *Frontiers in pharmacology*, 14, 1265178. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1265178>
9. Balekundri, A., Mannur, V. Quality control of the traditional herbs and herbal products: a review. *Futur J Pharm Sci* 6, 67 (2020). <https://doi.org/10.1186/s43094-020-00091-5>
10. Yan, B., Li, Y., Guo, Z., & Qu, H. (2014). Quality by design for herbal drugs: a feedforward control strategy and an approach to define the acceptable ranges of critical quality attributes. *Phytochemical analysis: PCA*, 25(1), 59–65. <https://doi.org/10.1002/pca.2463>
11. Mazzara, E.; Scortichini, S.; Fiorini, D.; Maggi, F.; Petrelli, R.; Cappellacci, L.; Morgese, G.; Morshedloo, M.R.; Palmieri, G.F.; Cespi, M. A Design of Experiment (DoE) Approach to Model the Yield and Chemical Composition of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) Essential Oil Obtained by Microwave-Assisted Extraction. *Pharmaceuticals* 2021, 14, 816. <https://doi.org/10.3390/ph14080816>
12. Flora of Kazakhstan: in 6 vols. / Ed. N. V. Pavlov. – Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1963. – Vol. 6. – 462 p. [In Russian].
13. Flora of Kazakhstan: in 7 vols. / Ed. N. V. Pavlov. – Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1964. – Vol. 7. – 356 p. [In Russian].
14. Zhaparkulova, Karlygash & Svs, Radhakrishnan & Raman, Vijayasankar & Sakipova, ZB & Ibragimova, Liliya & Khan, Ikhlal & Ross, Samir. (2016). Standardization Of Medicinal Herb Ziziphora Bungeana Juz. (Lamiaceae) And Quantitative Determination Of Pulegone In The Essential Oil. *Planta Medica*. 82. 10.1055/s-0036-1578778.
15. Maier TS, Kuhn J, Müller C. Proposal for field sampling of plants and processing in the lab for environmental metabolic fingerprinting. *Plant Methods*. 2010 Jan 29;6:6. doi: 10.1186/1746-4811-6-6. PMID: 20181048; PMCID: PMC2831887.
16. Thamkaew, G., Sjöholm, I., & Galindo, F. G. (2020). A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(11), 1763–1786. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>
17. GOST 6077-80. *Medicinal Plant Raw Material. Packaging, Labeling, Transportation, and Storage*. — Moscow: Standards Publishing House, 1980. — 4 p. [In Russian].

18. State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. Vol. 1. — Almaty: Zhibek Zholy Publishing House, 2008. — Vol. 1. [In Russian].
19. Setareh R, Mohammadi-Ghermezgoli K, Ghaffari-Setoubadi H, Alizadeh-Salteh S. The effectiveness of hot-air, infrared and hybrid drying techniques for lemongrass: appearance acceptability, essential oil yield, and volatile compound preservation. *Sci Rep.* 2023 Nov 1;13(1):18820. doi: 10.1038/s41598-023-44934-6. PMID: 37914737; PMCID: PMC10620145.
20. Janković, Aleksandar, Chaudhary, Gaurav, & Goia, Francesco (2025). Optimization through classical design of experiments (DOE): An investigation on the performance of different factorial designs for multi-objective optimization of complex systems. *Journal of Building Engineering*, 102(C). [https://doi.org/ 10.1016/j.jobbe.2025.111931](https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.111931)
21. Thorsteinsdóttir UA, Thorsteinsdóttir M. Design of experiments for development and optimization of a liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry bioanalytical assay. *J Mass Spectrom.* 2021 Apr;56(4): e4727. doi: 10.1002/jms.4727. Epub 2021 Apr 2. PMID: 33860573.
22. Na, S.; Zhang, W.; Kitagawa, M.; Hirooka, A.; Komatsu, M. Optimization Using Central Composite Design of the Response Surface Methodology for the Compressive Strength of Alkali-Activated Material from Rice Husk Ash. *Constr. Mater.* 2025, 5, 5. <https://doi.org/10.3390/constrmater5010005>
23. Kundu, Madhusree. Bioleaching of Zinc Sulphide Ore Using *Thiobacillus Ferrooxidans*: Screening of Design Parameters Using Statistical Design of Experiments. *papers.ssrn.com*, 2009.
24. Prajapati, P., Rana, B., Pulusu, V.S. et al. Method operable design region for robust RP-HPLC analysis of pioglitazone hydrochloride and teneligliptin hydrobromide hydrate: incorporating hybrid principles of white analytical chemistry and design of experiments. *Futur J Pharm Sci* 9, 93 (2023). <https://doi.org/10.1186/s43094-023-00546-5>
25. On Approval of the Rules for Conducting Stability Studies, Establishing Shelf Life, and Re-testing of Medicinal Products by the Manufacturer: Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated October 28, 2020 No. KR DSM-165/2020. — Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs /V2000021545> (accessed 02 October 2025).

ТАМАҚ ӨНДІРІСІНДЕГІ КЕПТІРУ КИНЕТИКАСЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

М.А. АДИБЕКОВ , А.А. ОРМАНБЕКОВА , С.А. АБДУКАРИМОВ ,
Ж.Е. КАРАТАЕВА* , З.А. ДЖУМАБЕКОВА 

(Алматы технологиялық университеті,
Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: zhanna_karataeva68@mail.ru*

Зерттеу жұмысы тамақ өнімдерін кептіру кинетикасын математикалық модельдеу мәселелеріне арналған. Қазіргі кезеңде тамақ технологиясында жылу және масса алмасу процестерін терең түсіну өнім сапасын арттыру мен энергия үнемдеуді қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады. Зерттеудің негізгі мақсаты – кептіру процесінде жылу және масса алмасу заңдылықтарына сүйене отырып, өнімнің ылғал шығару кинетикасын сипаттайтын математикалық модель құру және оны өндірістік жағдайларда қолдану мүмкіндігін анықтау. Жұмыстың ғылыми идеясы — кептірудің физикалық процестерін математикалық теңдеулер арқылы сипаттау арқылы өнімнің сапасын сақтай отырып, технологиялық тиімділікті арттыру. Мақалада жылу және масса алмасу құбылыстарын сипаттайтын Фик, Нуссельт және Рейнольдс критерийлеріне негізделген модельдеу әдістемесі келтірілген. Модельдеуде стационарлы емес жылуөткізгіштік теңдеулері, бастапқы және шекаралық шарттар жүйесі қолданылып, дифференциалдық теңдеулер сандық әдіспен шешілді. Зерттеу нәтижесінде кептіру уақыты мен энергия шығынын азайтуға мүмкіндік беретін тиімді режимдер анықталды. Ұсынылған модель өнімнің ылғал құрамының динамикасын дәл сипаттап, жылуалмасу аппараттарының жұмыс параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Жұмыстың ғылыми құндылығы — кептіру кинетикасын математикалық жолмен сипаттау арқылы процестерді басқарудың негізін қалыптастыруында. Практикалық маңыздылығы — алынған модельдерді тағам өндірісінің автоматтандырылған жүйелерінде, кептіргіш аппараттардың жобалау және энергия үнемдеу технологияларын жетілдіру саласында қолдануға болады.

Негізгі сөздер: математикалық модель, кептіру кинетикасы, масса алмасу процесі, жылу және масса алмасу, тамақ технологиясы, энергия тиімділігі, сандық модельдеу.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ СУШКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.А. АДИБЕКОВ, А.А. ОРМАНБЕКОВА, С.А. АБДУКАРИМОВ,
Ж.Е. КАРАТАЕВА*, З.А. ДЖУМАБЕКОВА

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Төле би, 100)
Электронная почта автора-корреспондента: zhanna_karataeva68@mail.ru*

Исследовательская работа посвящена вопросам математического моделирования кинетики сушки пищевых продуктов. В современном этапе развития пищевых технологий глубокое понимание процессов тепло- и массообмена является важным условием повышения качества продукции и обеспечения энергосбережения. Основная цель исследования – построение математической модели, описывающей кинетику влагоудаления продукта на основе закономерностей тепло- и массообмена, а также определение возможности применения данной модели в промышленных условиях. Научная идея работы заключается в повышении технологической эффективности и сохранении качества продукции за счёт описания физических процессов сушки с использованием математических уравнений. В статье представлена методика моделирования, основанная на критериях Фика, Нуссельта и Рейнольдса, описывающих явления тепло- и массообмена. При моделировании использованы нестационарные уравнения теплопроводности, система начальных и граничных условий, а также численные методы решения дифференциальных уравнений. В результате исследования определены оптимальные режимы, позволяющие сократить время сушки и снизить энергозатраты. Разработанная модель точно описывает динамику влагосодержания продукта и даёт возможность оптимизировать рабочие параметры

теплообменных аппаратов. Научная новизна работы заключается в формировании основы управления процессами сушки с использованием математического описания их кинетики. Практическая значимость заключается в возможности применения модели в автоматизированных системах пищевого производства, при проектировании сушильных аппаратов и совершенствовании энергосберегающих технологий.

Ключевые слова: математическая модель, кинетика сушки, процесс массообмена, тепло- и массообмен, пищевая технология, энергоэффективность, численное моделирование.

MATHEMATICAL MODELING OF DRYING KINETICS IN FOOD PRODUCTION

M.A. ADILBEKOV, A.A. ORMANBEKOVA, S.A. ABDUKARIMOV,
ZH.Y. KARATAEVA*, Z.A. DZHUMABEKOVA

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100)
Corresponding author e-mail: zhanna_karataeva68@mail.ru*

The research work is devoted to the mathematical modeling of drying kinetics in food products. At the current stage of food technology development, a deep understanding of heat and mass transfer processes is an essential condition for improving product quality and ensuring energy efficiency. The main goal of the study is to develop a mathematical model describing the kinetics of moisture removal from the product based on the laws of heat and mass transfer, as well as to determine the feasibility of applying this model under industrial conditions. The scientific idea of the work is to enhance technological efficiency and maintain product quality by describing the physical processes of drying through mathematical equations. The article presents a modeling methodology based on Fick, Nusselt, and Reynolds criteria that describe the phenomena of heat and mass transfer. The modeling involves unsteady-state heat conduction equations, a system of initial and boundary conditions, and the use of numerical methods for solving differential equations. The study identified optimal drying regimes that allow reducing the drying time and energy consumption. The proposed model accurately describes the dynamics of moisture content in the product and enables optimization of heat-exchange equipment operating parameters. The scientific contribution of this work lies in the establishment of a foundation for controlling drying processes through mathematical characterization of their kinetics. The practical significance lies in the application of the developed model in automated control systems of food production, in the design of drying equipment, and in improving energy-saving technologies.

Keywords: mathematical model, drying kinetics, mass transfer process, heat and mass transfer, food technology, energy efficiency, numerical modeling.

Kіpіcne

Тамақ өнімдерін кептіру процестері – тамақ технологиясының ең маңызды бағыттарының бірі, өйткені олар өнімнің сақтау мерзімін ұзартып, физика-химиялық қасиеттерін тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Соңғы жылдары бұл процестердің күрделенуі мен энергия тиімділігі мәселесі өзекті болып отыр. Осыған байланысты кептіру кинетикасын дәл сипаттайтын математикалық модельдер құру қажеттілігі туындады.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі – кептіру кезінде жүретін жылу және масса алмасу құбылыстарын теориялық негізде сипаттай отырып, өндірістік процестердің тиімділігін арттыру. Бұған дейінгі зерттеулер (Лыков, Бухмиров, Хан және Актер еңбектері) негізінен физикалық модельдерге сүйенген, алайда

процестің көппараметрлі табиғатын толық қамти алмайды.

Зерттеу объектісі – тамақ өнімдерін кептіру процесіндегі жылу және масса алмасу.

Зерттеу пәні – кептіру кинетикасын сипаттайтын математикалық модель.

Мақсаты – кептіру процесінің температуралық және ылғалдық өрістерін сипаттайтын теңдеулер жүйесін құрастыру және оның тиімді режимдерін анықтау.

Әдістер: дифференциалдық теңдеулер жүйесін сандық әдіспен шешу, эксперименттік салыстыру, жылу және масса алмасу заңдарын қолдану.

Гипотеза – кептіру процесінің кинетикасын математикалық түрде сипаттау арқылы өнім сапасын сақтап, энергия шығынын азайтуға болады.

Заттардың бір фазадан екіншісіне ауысуының негізгі заңдылықтарын массаны тасымалдау теориясы айқындайды, соған сәйкес масса беру жылдамдығы қозғаушы күшке пропорционалды болады. Оның шамасы фазалық тепе-теңдік заңдары негізінде анықталады. Массаның тасымалдануының қозғаушы күштерін концентрациялар, температуралар мен қысымдардың айырмашылықтары арқылы есептейді. Бір фазаның шегіне диффузиялық ағынға перпендикулярлы F беті арқылы фазалардың бөліну шекарасына келетін заттың мөлшері Фик заңымен анықталады [1]:

$$M = -DF\Delta c\tau.$$

мұндағы D - пропорционалдық (диффузия) коэффициенті; Δc - концентрация айырмасы (қозғаушы күш); τ - көшіру уақыты.

Фазалар бөлімінің шекарасына (немесе шекарасынан) зат мөлшерінің жиынтық көшуі массалық берудің теңестірілуімен айқындалады:

$$M = \beta F(c_T - c_B)\tau,$$

мұндағы β - пропорционалдық (массалық қайтарым) коэффициенті; c_T , c_B - фазалардың бөліну шекарасында және ағынның ішінде (ядросында) шоғырлану.

Массаберу коэффициенті диффузия коэффициентінен өзгеше кинетикалық сипаттама болып табылады және диффузия коэффициентіне (физикалық константа), v ағынының жылдамдығына, ρ тығыздығына және μ заттың тұтқырлығына, l_1 бөлшектерінің геометриялық өлшемдеріне, l_2 аппараттарына және т.б. байланысты болады. Жалпыланған түрде бұл тәуелділік [2] функциясымен ұсынылуы мүмкін:

$$\beta = F(D, v, \rho, \mu, l_1, l_2 \dots)$$

немесе критерналды формада:

$$Nu_D = A Re^m Pr_D^n$$

мұндағы $Nu_D = \beta l/D$, $Pr_D = \nu/D$ - Нуссельт пен Прандльдің диффузионды сандары; Re - Рейнольдс саны; l - анықтаушы геометриялық өлшем; ν - кинематикалық тұтқырлық коэффициенті.

Келтірілген арақатынастар жылу және масса беру процестерінің аналогтары туралы куәландырады, бұл математикалық үлгілерді

құрастыру әдістерін қорытындылауға мүмкіндік береді.

Масса алмасу процестерінің жұмысын талдау үшін кинетикалық заңдылықтар өте маңызды болып табылады, олар массаалмасу процесінің әрбір түрі үшін өзіндік ерекше нысанға ие.

Зерттеу материалдары мен әдістері.

Массаалмасу процестері қоспадан қандай да бір компонентті (затты) бөлуге немесе ажыратуға (тазартуға) арналғандықтан, бұл процестердің негізгі технологиялық міндетін қажетті тазалық дәрежесіндегі (96% спирт, 8% ашытқы ылғалдылығы және т.б.) белгілі бір заттың берілген мөлшерін алу ретінде тұжырымдауға болады. Кейбір жағдайларда (мысалы, тазарту кезінде) міндет басқаша тұжырымдалуы мүмкін: мысалы, негізгі өнімде зиянды компоненттің болуы.

Негізгі технологиялық міндетке қол жеткізілген жағдайда массаалмасу процесінің сапасы жылу, су, электр энергиясының күрделі, пайдалану және т.б. шығындарымен бағаланады. Жалпы бағалау туралы қосымша дайын өнім бірлігін өндіруге жұмсалынған шығындар болып табылады. Осы негізде жаппай алмасу процестерін жетілдірудің жалпы мақсаттарын да тұжырымдауға болады: бөлу тазалығының дәрежесін арттыру және өнім бірлігіне қатысты меншікті шығындарды төмендету. Бұл мақсаттарға қолданыстағы аппаратураны жетілдіру және жаңа аппаратураны әзірлеу, оңтайлы режимдерді таңдау, аппараттар жұмысының тұрақтылығы мен сенімділігін арттыру, басқару процестерін автоматтандыру және т.б. жөніндегі көптеген жеке міндеттерді шешу арқылы қол жеткізілуі мүмкін.

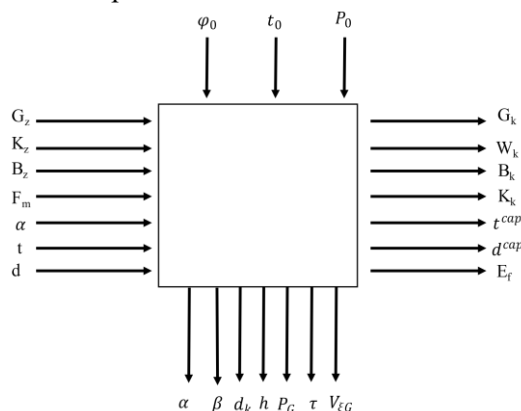
Мұндай жеке мәселелерді көптеген жағдайларда математикалық модельдер арқылы шешуге болады [3,4]. Барлық жаппай алмасу процестерінің ішінен тамақ кәсіпорындарында таралғандардың бірі, ол кептіру процесі болып табылады. Мұнда математикалық модельдеу әдістерімен масса алмасуды жетілдірудің кейбір міндеттерін шешуді, сондай-ақ сұйық және газ фазаларының масса алмасуының ерекшелігіне байланысты айдау процесін модельдеу ерекшеліктерін қарастырамыз.

Нәтижелер және оларды талқылау

Кептіру кинетикасының математи-калық модельдері

Кептіру – ол типтік масса алмасу процесі болып табылады, мұнда ылғал кептірілетін материалдан кептіру агентіне ауысады. Түрлі тамақ өнімдерін, жартылай фабрикаларды және

шикізатты (дән, уыт, барду, азықтық және тағамдық ашытқылар, крахмал және т.б.) кептіреді. Кейбір тамақ өндірістерінде кептіру - негізгі технологиялық процесс (кептірілген нан, құрғақ сүт, жұмыртқа ұнтағы, құрғақ жемістер мен көкөністер өндірісі) болып табылады. Кептіру процесі кептірілетін өнімге жылу әкелумен байланысты, соның арқасында ылғал буланады. Кептіргіш агент ретінде ауа, қыздырылған бу және кептірілетін материалдан



Сурет 1. Кептіру процесінің параметрлік схемасы

Кептіру процесінің негізгі технологиялық мақсаты сапаны сақтай отырып, кептірілетін өнім ылғалдылығының берілген мәнін қамтамасыз ету болып табылады. Процестің сапасы алынған ылғал массасының бірлігіне қатысты меншікті шығындармен бағаланады. Басқарылатын параметрлер мен басқарушылық әсерлерді таңдау зерттеу міндеттерімен айқындалады. Көбінесе басқарылатын параметрлер ылғалдылық пен кептіру шығындарын қабылдайды. Кептірілген материалдың сапасы, әдетте, өнімнің сапасы негізгі шектеуі болып табылады. Кептіру кезінде материалдың сапасы қыздыру температурасы мен экспозициямен анықталатындықтан, бұл параметрлер - негізгі шектеулер. Басқару әсерлерін кептіру агентінің параметрлері: шығын (жылдамдық) және температура, ал кейде кептірілетін материалдың шығыны ретінде қабылдайды.

Кіріс және шығыс параметрлері арасындағы байланыстарды орнату үшін әртүрлі тәсілдер мен әдістер қолданылады. Бұл байланыстар материалдық және энергетикалық теңгерім теңдеулерін, гидромеханика, жылу және масса алмасу заңдарын және т.б. пайдалану негізінде талдамалы түрде белгіленуі мүмкін. Мысалы, кептірілетін материалдың бастапқы және соңғы ылғалдылығының арасында байланыс орнату үшін кептіру кинетикасының

буланатын ылғалдылықпен қанықтырылатын оттық газдары қолданылады.

Кептіру процесінің негізгі параметрлері ретінде кептірілетін материал мен кептіру агентінің сипаттамалары болып табылады (1-сурет): G шығын, материалдың бастапқы ылғалдылығы (немесе ылғалдылығы), оның температурасы, қозғалыс жылдамдығы v , қабаттың қалыңдығы h .

теңдеуі, ал кептірілетін агенттің температурасы мен кептірілетін материал арасында тәуелділікті орнату үшін - жылу алмасу теңдеуі пайдаланылады. Параметрлердің көп саны арасында байланыс орнататын неғұрлым күрделі модельдер үшін барлық аталған талдамалық және эксперименттік тәуелділіктерді бірлесіп қарау қажет. Параметрлер арасында байланыстар орнатудың эксперименттік әдістері әртүрлі жоспарлар - белсенді және пассивті әдістер бойынша физикалық немесе заттай модельдер жасауды талап етеді.

Кептіру процесінің экономикалық көрсеткіштері жабдықтың құнын, жұмыстарды орындауға арналған қолданыстағы нормалар мен бағаларды ескере отырып, әртүрлі модельдер негізінде тікелей өлшеу немесе есептеу арқылы алынған техникалық сипаттамалар негізінде есептелуі мүмкін.

Кептіру үш кезеңнен тұратындықтан, қыздырудың, кептірудің және кептірілетін материалды салқындатудың математикалық үлгілерін жасау кезінде масса мен энергияны берудің негізгі заңдары қолданылады. Кептіру кезінде негізінен конвективті масса алмасу орын алғандықтан, гидродинамиканың негізгі заңдылықтарын да ескеру қажет.

Кептірілетін материалды қыздырудың, кептірудің және салқындатудың математикалық үлгілерін жасау кезінде осы заңдылықтарды

сипаттайтын теңдеулер әртүрлі нысанда пайдаланылады. Кептіру процесін талдау үшін әдетте ылғалды денелердегі жылу және ылғал

өткізуді сипаттайтын дифференциалды теңдеулер жүйесін негізге алады.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= k_{11} \nabla^2 u + k_{12} \nabla^2 t + k_{13} \nabla^2 P \\ \frac{\partial u}{\partial t} &= k_{21} \nabla^2 u + k_{22} \nabla^2 t + k_{23} \nabla^2 P \\ \frac{\partial u}{\partial t} &= k_{31} \nabla^2 u + k_{32} \nabla^2 t + k_{33} \nabla^2 P \end{aligned} \right\} (1)$$

K коэффициенті ылғалды материалдың термодинамикалық және жылуфизикалық қасиеттерімен сипатталады

$$k_{11} = a_m; k_{12} = a_m \delta; k_{13} = \frac{k_p}{\rho_0}; k_{21} = \frac{2\varepsilon}{c}; k_{22} = a + \frac{v}{c} a_m \delta; \\ k_{23} = \varepsilon r = \frac{a_m}{c} \delta_p; k_{31} = \frac{-\varepsilon a_m}{c_p}; k_{32} = \frac{-\varepsilon a_m}{c_p} \delta; k_{33} = \left(a_p - \frac{-\varepsilon a_m}{c_p} \delta_p \right).$$

Мұнда қосымша мынадай белгілер енгізілген:

$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ - Лаплас операторы; $a = \lambda/c_p$ - температура өткізгіштік коэффициенті; a_m - ылғалдың диффузия коэффициенті; δ - ылғал термодиффузиясының салыстырмалы коэффициенті; δ_p - термоградиенттік коэффициент; ε - фазалық өзгеру критерийі; r - фазалық айнарудың үлестік жылу сыйымдылығы; c_p - кеуекті денедегі ылғалды ауа сыйымдылығының коэффициенті; x, y, z - координаттары; ρ_0 - ылғалды дененің құрғақ скелетінің тығыздығы.

Бір өлшемді міндеттер үшін жалпы қысым градиенті болмаған кезде теңдеу жүйесі оңайлатылады

$$\left. \begin{aligned} c\rho_0 \frac{\partial t}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \varepsilon r \rho_0 \frac{\partial u}{\partial \tau} \\ \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(a_m \frac{\partial u}{\partial x} + a_m \delta \frac{\partial t}{\partial x} \right) \end{aligned} \right\} (2)$$

Мұнда $a_m, \delta, \lambda, c, \varepsilon, r$ барлық жылу физикалық және термодинамикалық сипаттамалары t температурасы мен ылғал құрамының функциялары болып табылады.

Келтірілген теңдеулер жүйесін шешу үшін температураның және ылғал құрамының дене ішінде уақыттың бастапқы сәтінде таралуын (бастапқы жағдайлар), дененің геометриялық нысанын және қоршаған ортаның дене беті арасындағы өзара әрекеттесу заңын (шектік жағдайлар) білу қажет. Бастапқы және шекара шарттарының жиынтығы ең қарапайым жағдайда шеткі жағдайларды құрайды.

Шекара шарттардың берілу тәсілдері

Шекаралық шарттар төрт тәсілмен берілуі мүмкін. Бірінші түрдің шекаралық шарты дене бетіндегі температураны уақыт бойынша бөлу тапсырмасынан тұрады, яғни $t_n(\tau) = f(\tau)$ (Дирихле міндеті), екінші түрдегі - дене бетінің әрбір нүктесі үшін жылу ағынының тығыздығын (температурадан туындайтын) уақыт функциясы ретінде $q_n(\tau) = f(\tau)$ (Нейман міндеті), үшінші түрдегі - қоршаған орта температурасының тапсырмасы мен жылу алмасу заңдылығы бойынша:

$$q_n = \alpha[t_n(\tau) - t_c(\tau)], (3)$$

мұнда t_c - қоршаған ортаның температурасы

Төртінші түрдің шекаралық шарты жылу өткізгіштік заңы бойынша дененің қоршаған ортамен жылу алмасуына немесе бетінің температурасы бірдей болған кезде жанасатын қатты денелердің жылу алмасу жағдайына сәйкес келеді (мінсіз жылулық байланыс).

Дене ішіндегі температураны уақыттың бастапқы сәтінде бөлу бастапқы шартпен беріледі

$$t = (x, y, z, 0) = f(x, y, z).$$

Температураны біркелкі бөлген кезде бастапқы шарт

$$t(x, y, z, 0) = t_0 = \text{const.}$$

Шешімнің бірдейлігі туралы теоремаға сәйкес, егер $f(x, y, z, \tau)$ функциясы дифференциалды теңдеуді және бастапқы шектік жағдайларды қанағаттандырса, онда ол біртекті болып табылады.

Берілген шеткі жағдайлардың болуы қарапайым жағдайларда жылу өткізгіштіктің тікелей міндеттерінің талдамалық шешімдерін алуға, яғни келесі функцияны табуға мүмкіндік береді.

$$t_n = f(x, y, z, \tau).$$

Жылу алмасудың шекті шарттарына ұқсас массаалмасу кезінде дене бетінің қоршаған ортамен өзара іс-қимылы да төрт тектің шекті шарттарымен сипатталуы мүмкін.

Бірінші түрдің шекаралық жағдайлары дененің үстіңгі бетіндегі диффузиялық масса

$$\left. \begin{aligned} -\lambda \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)_n + q_n(\tau) - r(1 - e)q_n(\tau) &= 0 \\ a_m \rho_0 \left(\frac{du}{dx} \right)_n + a_m \rho_0 \delta \left(\frac{dt}{dx} \right) + q_m(\tau) &= 0 \end{aligned} \right\} (4)$$

мұндағы q_n, q_m - беттегі тиісінше жылу мен ылғалдың үлестік ағындары.

$\tau = 0$ кезінде бір өлшемді ағын үшін бастапқы шарттардың түрі мынадай:

$$m = f(x) \text{ және } t_m = f_1(x).$$

Теңдеу жүйесі (1) және шекаралық шарттар ылғалды денелердегі және бинарлық бу-газ ортасындағы (кептіру агенті) сұйықтықтардағы конвективті диффузия кезіндегі жылу және масса алмасудың математикалық сипаттамасын құрайды. Жылжымалы орта үшін теңдеулерге ортаның қозғалыс жылдамдығын қамтитын мүшені енгізу қажет. Шекаралық жағдайларды жазу нысаны жылу және масса алмасу түріне, ортаның геометриялық нысанына және координаталардың таңдалған жүйесіне байланысты болады.

Материалды қыздырудың, кептірудің және салқындатудың математикалық үлгілерін құру кезінде келтірілген математикалық тәуелділіктер әртүрлі жорамалдарды енгізумен жеңілдетіледі, олар математикалық үлгілердің дәлдігін төмендетеді, бірақ күрделі процестерді

тасымалы әлеуеті қоршаған ортадағы масса тасымалы әлеуетіне тең болған жағдайға сәйкес келеді; екінші түрдегі - бірінші кезеңде кептіру қарқындылығы тұрақты болғанда, ал екінші кезеңде төмендегенде ылғалды денелерді кептіру кезінде массаалмасу жағдайы. Демек, шекті жағдайларда уақыт функциясы $g_m = f(\tau)$ ретінде зат массасы ағынының тығыздығы беріледі, ал жеке жағдайда - $g_m = \text{const}$.

Үшінші түрдің шекаралық жағдайлары жылу алмасудың шекаралық жағдайларына ұқсас, ал төртінші түрі екі орта арасындағы молекулярлық жылу алмасуды сипаттайды. Жалпы жағдайда шекаралық шарттарды былай жазуға болады:

шешу үшін салыстырмалы түрде қарапайым және қолжетімді әдістермен және құралдармен ұсынуға мүмкіндік береді.

Мұндай жорамалдар күрделі көп өлшемді денелер мен кеңістіктерді бір өлшемді болуы: кеңістіктер мен күрделі пішінді денелерді қарапайым элементтерге бөлу; температура мен ылғал құрамының өзгеруінің қаралып отырған диапазондарындағы жылу физикалық және термодинамикалық сипаттамалардың өзгермеуі; соңғы нәтижелерге елеусіз әсер ететін мүшелерді теңдеулерден алып тастау және жазба нысанын жеңілдету үшін координаттар жүйесін өзгерту.

Мұндай сипаттамалардың күрделілігіне және жеткіліксіз дәлдігіне, сондай-ақ теңдеу жүйелерін шешу әдісінің болмауына немесе күрделілігіне байланысты кептіру процестерін сипаттаудың неғұрлым қарапайым нысандары жиі пайдаланылады.

Кептіру кинетикасы кептіру қисық сызығының әртүрлі нысандары түрінде ұсынылады. Ең кең таралған нысан А.В. Лыковтың теңдеуі болып табылады:

$$W = W_p + (W_n - W_p) \exp(-k\tau) \quad (5)$$

мұндағы W, W_p, W_n - материалдың ағымдағы, тепе-теңдік және бастапқы ылғалдылығы; k - ортаның температурасы мен ылғалдылығының функциясы болып табылатын

кептіру коэффициенті, $k = f(t, \varphi)$. Кейбір жағдайларда жазудың мынадай нысанын ұтымды қолдануға болады:

$$W = W_p + (W_n - W_p) \exp(-a + b/2 \tau),$$

мұнда a, b - ылғалдың материалмен байланысын сипаттайтын коэффициенттер. Осы материал үшін тепе-теңдік ылғалдылық $W_p = f(t, \varphi)$ кептіру агентінің температурасы мен салыстырмалы ылғалдылығының

функциясы болып табылады. Сондықтан, $W_{y.n} = W_n - W_p$ және $W_y = W - W_p$ (қашықтағы ылғал) белгілерін пайдалана отырып, кептіру кинетикасын келесі түрде жазамыз:

$$W_y = W_{y.m} \exp - \{k(t, \varphi)(a + b/2 \tau)\tau\} \quad (6)$$

Бұл теңдеуде $k(t, \varphi)$ режимді, ал $(a + b/2 \tau)$ - ылғалдың материалмен байланысын сипаттайды. Осы сипаттамалардың екеуі де кептіру қисық сызықтарының сипаттамаларын белгілі деп есептей отырып, эксперименттің көмегімен белгілейді.

Дифференциалды формадағы (5) немесе (6) теңдеуді ұсына отырып және АВМ-дағы осы дифференциалды теңдеуді жинақтаудың құрылымдық схемасын жасай отырып, кинетиканы зерттеуге арналған модельді алуға болады. Осы салыстырмалы қарапайым міндетті шешу үшін автоматты басқару жүйелерінде арнайы есептеу құрылғысы қолданылады, бұл өнімнің бастапқы ылғалдылығы өзгерген кезде кептіру

кинетикасын есептеу міндеттерін бірнеше рет шешуге мүмкіндік береді.

Кептіру процесінде астықтың ылғалдылығын анықтау міндеті

(1) теңдеулер жүйесі түріндегі өнім мен кептіру агентінің ылғал құрамы мен температура туының математикалық сипаттамаларына негізделген модельдер неғұрлым күрделі болып табылады. Осындай математикалық үлгілерді құрастырудың мысалы ретінде кептіру процесінде ылғал құрамы мен температура өрісінің математикалық сипаттамасы бойынша астықтың ылғалдылығын анықтау міндетін қарастырайық. Бұл сипаттама бастапқы шекаралық шарттармен бірге мынадай түрде болады:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} + v_2 \frac{\partial u}{\partial x} - am \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) &= 0 \\ \frac{\partial t}{\partial \tau} + v_3 \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{A(v_{c.a})}{c_3 \rho} (t - t_{c.a}) - \frac{\rho_3}{c_3} \left(\frac{\partial u}{\partial \tau} + u_3 \frac{\partial u}{\partial x} \right) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$u(\tau, x) = \frac{2}{R^3} \int_0^R \tau u(\tau, x, r) dr$$

бастапқы шарттары

$$\left. \begin{aligned} t(\tau, 0) &= f(\tau) \\ u(0, x, r) &= u_0(x, r) \\ t(0, x) &= f_2(x) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

шекаралық шарттары және $(\tau, 0, r) = u^0(\tau, r)$

$$\frac{\partial u}{\partial r}(\tau, x, R) = \begin{cases} -\frac{B(t, v_{c.a})}{a_m(t)}(u_R - u_0), u_R \leq u_r \\ -\frac{B(t, v_{c.a})}{a_m(t)}(u_r - u_0), u_R > u_r \end{cases} \quad (9)$$

мұндағы $\partial u / \partial r(\tau, x, R) = 0$ – симметрия шарты; R – бөлшектер радиусы; A, B – эмпирикалық коэффициенттер; x, r – кептіру камерасының ұзындығы және астық қорабының радиусы бойынша координаттары.

Келтірілген екі теңдеу жүйесі материал мен кептіру агентінің айқаспалы қозғалысы

жағдайында астықты тығыз қайнаған қабаттарда кептіру процесін сипаттайды. Егер режим бұзылмаса, яғни кептіру процесі стационарлық жағдайда өтсе және $\partial u / \partial \tau = 0$; $\partial t / \partial \tau = 0$ болса, онда теңдеу:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} &= \frac{a_m(f)}{u_3} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial u}{\partial r} \right) \\ \frac{\partial y}{\partial x} &= \frac{Av_{c,a}}{c_3 \rho_3 v_3} (t_{c,a} - t) - \frac{2\rho B(t, v_{c,a})}{c_3 v_3 R} (u_R - u_P) \\ \frac{\partial u}{\partial r} &= (x, 0) = 0 (\text{симметрии}) \end{aligned} \right\} (10)$$

бастапқы шарттары:

$$u(0, r) = u_0(r); t(0) = t_0 \quad (11)$$

және шекаралық шарттары:

$$\frac{\partial u}{\partial r}(x, R) = \begin{cases} -\frac{B(t, v_{c,a})}{Gm(t_3)} (u_R - u_P), & u_R \leq u_r \\ -\frac{B(t, v_{c,a})}{um(t)} (u_r - u_P), & u_R > u \end{cases} \quad (12)$$

Теңдеу жүйесіне көшу кезінде (10-12) кептірудің орташа жылдамдығының үстіңгі бетіндегі ылғал құрамымен байланысы ескерілген:

$$\Delta u = \frac{2}{R^2} \int_0^R r \Delta u dr = \frac{2}{R} * \frac{\partial u}{\partial r} = \frac{2}{R} \frac{\partial u}{\partial R} * \frac{\partial u}{\partial \tau} + v_3 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2B}{R} (u_R - u_P)$$

Бұрын жылу тасығыштардың температурасын бөлу міндетін шешу үшін қолданылатын тура әдісті пайдалана отырып, жеке туынды

теңдеулер жүйесін кәдімгі дифференциалды теңдеулер жүйесіне келтіреміз, ақырғы-айырмашылық арақатынастарды жазамыз:

$$\frac{\partial u_k}{\partial t} = \frac{u_{k+1} - u_{k-1}}{2h} \frac{\partial^2 u_k}{\partial r^2} = \frac{u_{k+1} + 2u_k + u_{k-1}}{R^2},$$

мұнда $k = 1, 2, 3, \dots, n-1$; n - $r = R$ -ге қатысты тұзудің нөмірі; h - кептіру материалының радиусы бойынша интервалы.

$r = kh$ екенін ескере отырып, аламыз:

$$(\Delta u)_k = \frac{1}{2h^2 k} ((2k+1)u_k - 4ku_k + (2k-1)u_{k-1}),$$

соңғы нөмірлі $k=n$ түзуі үшін:

$$(\Delta u)_n = \frac{2}{n} \left(\frac{\partial u}{\partial R} - \frac{u_n - u_{n-1}}{n} \right) + \frac{1}{R} * \frac{du}{dr},$$

мұнда n - $r = R$ -ге қатысты түзу нөмірі.

Егер $n=R/4$ болса, онда теңдеулер жүйесі келесі түрде болады:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_1}{\partial x} &= \frac{a_m(t)}{v_3 R^2} (24u_2 - 24u_1); \\ \frac{\partial u_2}{\partial x} &= \frac{a_m(t)}{v_3 R^2} (20u_3 - 32u_2 - 12u_1) \\ \frac{\partial u_3}{\partial x} &= \frac{a_m(t)}{v_3 R^3} \left(\frac{5}{3}u_4 - 32u_3 - \frac{40}{3}u_2 \right) \\ \frac{\partial u_4}{\partial x} &= -\frac{9B(t_1, v_{c,a})}{v_3 R} (u_4 - u_P) + \frac{32a_m(t)}{v R^2} (u_3 - u_4); \\ \frac{\partial t}{\partial x} &= \frac{A(v_{c,a})}{c_2 \rho_3 v_3} (t_{c,a} - t) - \frac{2\rho B(t_1, v_{c,a})}{c_3 v_3 R} (u_4 - u_5) \end{aligned} \right\} (13)$$

Бастапқы шарты:

$$\begin{aligned} u(0) &= u \\ t(0) &= t \\ i &= 1, 2, 3, 4 \end{aligned}$$

Уақыт координаты үшін ақырғы-айырмалы әдісті қолдана отырып, аламыз:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{u_{k+1} - u_k}{R} + 0(g)$$

$$\frac{\partial l}{\partial \tau} = \frac{l_{k+1} - l_k}{g} + 0(g)$$

мұнда g – уақыт интервалы.

Орнына қойған соң теңдеулер жүйесі келесі түрде болады:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_{k,1}}{\partial \tau} &= -\frac{v}{g}(U_{k,1} - U_{k-1,1}) + \frac{a_m t_3}{R^2}(24u_{k,2} - 24u_{k,1}); \\ \frac{\partial u_{k,2}}{\partial \tau} &= -\frac{v}{g}(u_{k,2} - u_{k-1,2}) + \frac{a_m t_3}{R^3}(20u_{k,3} - 32u_{k,2} + 12u_{k,1}); \\ \frac{\partial u_{k,4}}{\partial \tau} &= -\frac{v}{g}(u_{k,4} - u_{k-1,4}) + \frac{9b(t_3 v_{c,a})}{R}(u_{k,4} - u_k) + \frac{32a_m}{R^3}(u_{k,3} - u_{k,4}); \\ \frac{\partial t_k}{\partial \tau} &= -\frac{v}{g}(t_k - t_{k-1}) + \frac{A(v_c)}{c_3 \rho_3}(t_{c,a}^k - t_3) - \frac{2\rho B(t_3 v_{c,a})}{c_3 R}(u_{k,4} - u_o); \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Бастапқы шартты қолдана отырып, теңдеулер жүйесін шешу арқылы:

$$\begin{aligned} u_{k,1}(0) &= u_{0,k} \\ t_{k,1}(0) &= t_{0,k} \\ i &= 1, 2, 3, 4 \end{aligned}$$

кептіру камерасының ұзындығы және уақыт бойынша температура мен ылғал құрамының таралуын аламыз.

Теңдеу жүйесін (14) алгоритм көмегімен ЭЕМ-де іске асыруға болады. 0,1l -ге тең айнымалы

x бойынша интеграциялау қадамы үшін кептіру камерасының ұзындығы бойынша ылғал құрамының мынадай анықтамасы алынды:

$$u = \frac{2}{R^2} \int_0^R u_r \partial_r \approx \frac{2}{R^2} \cdot \frac{h}{2} (r_0 u_0 + 2r_1 u_1 + 2r_2 u_2 + 2r_3 u_3 + 2r_4 u_4) = \frac{1}{8} (u_1 + 2u_2 + 3u_3 + 2u_4)$$

Есепті шешуге қажетті берілгендер: $a_m = 0,622 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3/\text{с}$; тығыздық $\rho_3 = 750 \text{ кг}/\text{м}^3$; $c_3 = 1,85 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $R = 0,0015 \text{ м}$; $u_p = 0,1 \text{ кг}/\text{кг}$; $u_r = 0,33 \text{ кг}/\text{кг}$; $r = 2400 \text{ кДж}/\text{кг}$; $A = 0,26 v_{c,a}$; $B = 0,86 \cdot 10^{-6} \text{ т}_3$; $v_{c,a} = 0,4 \text{ м}/\text{с}$; $N = 2n$; ауа ағынының көлденең қимасы $s = 0,1 \text{ м}^2$.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде тамақ өнімдерін кептіру кинетикасын сипаттайтын математикалық модель жасалды.

Бұл модель жылу және масса алмасу процестерінің өзара байланысын ескеріп, энергия шығынын азайтуға және өнім сапасын сақтауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы – кептіру процесін сипаттайтын жылу және ылғал теңдеулерін біріктіріп, сандық шешім алу әдісін енгізуінде.

Практикалық маңызы – ұсынылған модельді өндірістік кептіргіш аппараттарды жобалау мен басқару жүйелерінде қолдануға болады.

Болашақ зерттеулер кептіру процесін жасанды интеллект әдістерімен болжау және көпаймақты жылу жүйелерін цифрлық басқару бағытында жалғастырылмақ.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ

1. Akter, F., Muhury, R., Sultana, A., & Deb, U. K. (2022). A comprehensive review of mathematical modeling for drying processes of fruits and vegetables. Journal of Food Process Engineering. <https://doi.org/10.1155/2022/6195257>
2. Carvalho, M. S., Martins, J. J. A., & Lima, R. P. (2022). Kinetics and mathematical modeling of drying of agricultural material. Revista Caatinga, 35(3), 115–126. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n318rc>
3. de Alcântara, C. M., Moreira, I. d. S., & Cassimiro, C. A. L. (2024). Mathematical modeling of drying kinetics and technological and chemical properties of Pereskia sp. leaf powders. Processes, 12(10), 2077. <https://doi.org/10.3390/pr12102077>
4. Chigbo, K. S., Ike, C. E., & Opara, U. L. (2024). Mathematical modeling of the effects of thickness and

temperature on drying kinetics of food products. *Food Production, Processing and Nutrition*. <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00233-9>

5. Kılıç, A., Kızıldaş, S., & Yılmaz, M. (2025). Comprehensive evaluation of mathematical models used in thin-layer drying of foods. *Food Science & Nutrition*, 13(5), 7055–7072. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70558>

6. Asrate, D. A., Tufa, T. A., & Tesfaye, T. (2025). Review on recent trends of food dryer technologies and modelling. *Food Systems*, 9(1), 55–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodsys.2025.100183>

7. Elwakeel, A. E., Tayoush, A. A., & Ghanem, T. H. M. (2025). Mathematical modelling, drying kinetics, and economic analysis of a hybrid photovoltaic-thermal solar dryer for henna leaves. *Scientific Reports*, 15, 21392. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03460-3>

8. Lončar, B., Milanović, S., & Đurović, D. (2024). Mathematical modelling approach and simulation in food drying applications. *Foods*, 13(3), 384. <https://doi.org/10.3390/foods13030384>

9. Owoh, I. P., Okonkwo, W. I., & Anyanwu, C. N. (2025). A review on modeling the drying kinetics of agricultural bio-materials and wastes. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)*. <https://rsisinternational.org/journals/ijrias/articles/a-review-on-modeling-the-drying-kinetics>

10. Biswas, R., & Kumar, S. (2022). Thin-layer modelling of drying kinetics, rehydration and quality changes in plant foods. *Food Bioproducts and Processing*, 132, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.02.006>

11. Mbegbu, N. N., & Eze, C. C. (2024). Thin layer drying: effect of air temperature on the drying properties and kinetics of bushbuck leaves. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100416. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100416>

12. Kidane, H., & Abadi, B. (2025). Characterizing agricultural product drying in solar systems: mathematical modelling of drying kinetics. *SN Applied Sciences*, 7(2). <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00362-1>

13. Амангельдиева Г.Б., Таңжарықова Г.П., Абиева Г.С., Таңжарықов П.А. (2020). Гидрогазодинамика және жылу-масса алмасу пәнінен есептер шығару бойынша оқу құралы. Қызылорда: Қорқыт Ата атындағы ҚМУ.

14. Күмісбеков С.А. (2020). Тамақ өндірісінің процестері мен аппараттары: оқу құралы. Алматы: Эверо. ISBN 978-601-7816-30-8.

15. Сарлыбаева Л.М., Аскарова Ш.К., Ахметова Н.К., Абимильдина С.Т. (2016). Тамақ өндірістерінің жалпы технологиясы: оқу құралы. Алматы: Эверо. ISBN 978-601-310-809-4.

16. Тулубаев Ф.Х., Калиев Б.К. (2022). Жылу техникасы негіздері: оқу құралы. Қостанай: А.Байтұрсынов атындағы ҚӨУ. ISBN 978-601-356-165-3.

17. Күзембаева Г., Мұхамедиева Қ., Әділбеков М. (2018). Тамақ өндірісінің жылу және масса алмасу аппараттарын есептеу: оқу құралы. Алматы: Алматы технологиялық университеті.

REFERENCES

1. Akter, F., Muhury, R., Sultana, A., & Deb, U. K. (2022). A comprehensive review of mathematical modeling for drying processes of fruits and vegetables. *Journal of Food Process Engineering*.

<https://doi.org/10.1155/2022/6195257>

2. Carvalho, M. S., Martins, J. J. A., & Lima, R. P. (2022). Kinetics and mathematical modeling of drying of agricultural material. *Revista Caatinga*, 35(3), 115–126. <https://doi.org/10.1590/198321252022v35n318rc>

3. de Alcântara, C. M., Moreira, I. d. S., & Cassimiro, C. A. L. (2024). Mathematical modeling of drying kinetics and technological and chemical properties of *Pereskia* sp. leaf powders. *Processes*, 12(10), 2077. <https://doi.org/10.3390/pr12102077>

4. Chigbo, K. S., Ike, C. E., & Opara, U. L. (2024). Mathematical modeling of the effects of thickness and temperature on drying kinetics of food products. *Food Production, Processing and Nutrition*. <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00233-9>

5. Kılıç, A., Kızıldaş, S., & Yılmaz, M. (2025). Comprehensive evaluation of mathematical models used in thin-layer drying of foods. *Food Science & Nutrition*, 13(5), 7055–7072. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70558>

6. Asrate, D. A., Tufa, T. A., & Tesfaye, T. (2025). Review on recent trends of food dryer technologies and modelling. *Food Systems*, 9(1), 55–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodsys.2025.100183>

7. Elwakeel, A. E., Tayoush, A. A., & Ghanem, T. H. M. (2025). Mathematical modelling, drying kinetics, and economic analysis of a hybrid photovoltaic-thermal solar dryer for henna leaves. *Scientific Reports*, 15, 21392. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03460-3>

8. Lončar, B., Milanović, S., & Đurović, D. (2024). Mathematical modelling approach and simulation in food drying applications. *Foods*, 13(3), 384. <https://doi.org/10.3390/foods13030384>

9. Owoh, I. P., Okonkwo, W. I., & Anyanwu, C. N. (2025). A review on modeling the drying kinetics of agricultural bio-materials and wastes. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)*. <https://rsisinternational.org/journals/ijrias/articles/a-review-on-modeling-the-drying-kinetics>

10. Biswas, R., & Kumar, S. (2022). Thin-layer modelling of drying kinetics, rehydration and quality changes in plant foods. *Food Bioproducts and Processing*, 132, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.02.006>

11. Mbegbu, N. N., & Eze, C. C. (2024). Thin layer drying: effect of air temperature on the drying properties and kinetics of bushbuck leaves. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100416. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100416>

12. Kidane, H., & Abadi, B. (2025). Characterizing agricultural product drying in solar systems: mathematical modelling of drying kinetics. *SN Applied Sciences*, 7(2). <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00362-1>

13. Amangel'dieva G.B., Tañzharyqova G.P., Abieva G.S., Tañzharyqov P.A. (2020). Hidrogazodina mika zhane zhylu-massa almasu päninen esepтер shygaru boyynsha oqu quraly. [Hydrogasodynamics and Heat and

Mass Transfer: Study Guide for Solving Problems]. Kyzylorda: Qorqyt Ata University. (In Kazakh)

14. Kumisbekov S.A. (2020). Tamaq öndirisinin protsesteri men apparattary: oqu quraly. [Processes and Apparatuses of Food Production: Textbook]. Almaty: Evero. ISBN 978-601-7816-30-8. (In Kazakh)

15. Sarlybaeva L.M., Askarova Sh.K., Akhmetova N.K., Abimuldina S.T. (2016).

Tamaq öndiristerinin jalpy tekhnologiyasy: oqu quraly. [General Technology of Food Production: Textbook]. Almaty: Evero. ISBN 978-601-310-809-4. (In Kazakh)

16. Tulubaev F.Kh., Kaliev B.K. (2022). Zhylu tekhnikasy negizderi: oqu quraly. [Fundamentals of Heat Engineering: Study Guide]. Kostanay: A. Baitursynov Kostanay Regional University. ISBN 978-601-356-165-3. (In Kazakh)

17. Kuziembaeva G., Mukhamadieva K., Adilbekov M. (2018). Tamaq öndirisinin zhylu zhane massa almasu apparattaryn esep-teu: oqu quraly. [Calculation of Heat and Mass Transfer Equipment in Food Production: Textbook]. Almaty: Almaty Technological University. (In Kazakh)

PRECISION METABOLOMICS AND BIOMARKER-DRIVEN NUTRITION IN COMPANION ANIMALS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF EMERGING RESEARCH

K. RISHAV* 

(Department of Livestock Products Technology, College of Veterinary Sciences and Animal Husbandry, DUVASU, Mathura-281001, India)
Corresponding author's email: rishavvet42@gmail.com*

Precision nutrition, a discipline once limited to human personalized health, has rapidly emerged as a transformative paradigm in companion animal science. Recent advances in metabolomics, microbiome analysis, multi-omics integration, and artificial intelligence (AI) have created unprecedented opportunities to formulate diets tailored to an individual animal's metabolic profile rather than relying solely on population-level nutrient requirements. This review summarizes the most recent (2020–2025) developments in pet metabolomics, including blood, urine, fecal, salivary, hair, and skin metabolic biomarker discovery; their association with health outcomes; and their relevance in designing biomarker-driven diets for dogs and cats. The integration of metabolomics with microbiome sequencing, wearable biosensors, dietary response prediction algorithms, machine learning-based disease risk scoring, and emerging commercial tools in personalized pet nutrition is also examined. The review concludes with research gaps, regulatory implications, and future directions, including metabolomic passports, dynamic diet optimization, precision amino-acid balancing, microbiome-modulatory formulations, and AI-driven individualized feeding systems. Precision metabolomics is poised to redefine the scientific and commercial landscape of pet nutrition over the next decade.

Keywords: pet food, nutrition, multi-omics, biomarker, metabolomics.

ЖЕКЕЛЕНДІРІЛГЕН МЕТАБОЛОМИКА ЖӘНЕ БИОМАРКЕРЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҮЙ ЖАНУАРЛАРЫНЫҢ ТАМАҚТАНУЫ: ЖАҢА ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ КЕШЕНДІ ШОЛУ

K. РИШАВ *

(Мал шаруашылығы өнімдері технологиясы кафедрасы, Ветеринария ғылымдары және мал шаруашылығы колледжі, DUVASU, Матхура-281001, Үндістан)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: rishavvet42@gmail.com*

Жекелендірілген тамақтану, бұрын тек адамның дербестендірілген денсаулығымен шектеліп келген бағыт, үй жануарлары ғылымында жылдам дамып келе жатқан трансформациялық парадигмаға айналды. Метабономика, микробиомды талдау, мультиомикалық деректерді біріктіру және жасанды интеллект (ЖИ) салаларындағы қазіргі жетістіктер жануардың метаболикалық бейініне бейімделген рациондарды жасауға бұрын-соңды болмаған мүмкіндіктер ашты. Бұл тәсіл дәстүрлі популяциялық нормаларға ғана сүйенбей, әр жануардың жеке қажеттіліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Бұл шолуда 2020–2025 жылдар аралығындағы үй жануарлары метабономикасының ең жаңа жетістіктері қарастырылады. Атап айтқанда, қан, несеп, нәжіс, сілекей, жүн және теріден алынатын метаболиттік биомаркерлерді анықтау, олардың жануар денсаулығы көрсеткіштерімен байланысы және иттер мен мысықтарға арналған биомаркер-негізді рациондарды әзірлеудегі маңызы талданады. Сонымен қатар метабономиканың микробиом секвенирлеумен, тағатын биосенсорлармен, диеталық жауапты болжау алгоритмдерімен, ауру қаупін машиналық оқыту арқылы бағалау жүйелерімен және үй жануарларына арналған жекелендірілген тамақтанудың жаңа коммерциялық құралдарымен интеграциясы қарастырылды. Шолу зерттеу олқылықтары, реттеушілік талаптар және болашақ бағыттармен аяқталады. Олардың қатарында метабономикалық паспорттар, рациондардың динамикалық оңтайландырылуы, аминқышқылдарының дәл теңгерімі, микробиомды модуляциялайтын формулалар және ЖИ арқылы басқарылатын дербестендірілген азықтандыру жүйелері бар. Жекелендірілген метабономика алдағы онжылдықта үй жануарларының тамақтануына қатысты ғылыми және коммерциялық ландшафтты түбегейлі өзгертуге дайын.

Негізгі сөздер: үй жануарларына арналған азық, тамақтану, мультиомика, биомаркер, метабономика.

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ МЕТАБОЛОМИКА И ПИТАНИЕ, ОСНОВАННОЕ НА БИОМАРКЕРАХ, У ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР НОВЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К. РИШАВ *

(Кафедра технологии продуктов животноводства, Ветеринарный колледж и факультет животноводства, DUVASU, Матхура-281001, Индия)

Электронная почта автора-корреспондента: rishavvet42@gmail.com*

Персонализированное питание, ранее ограниченное сферой персонализированного здоровья человека, стремительно развивается как трансформирующая парадигма в науке о домашних животных. Современные достижения в метаболомике, анализе микробиома, интеграции мультиомикс-данных и искусственном интеллекте (ИИ) создали беспрецедентные возможности для разработки рационов, адаптированных к индивидуальному метаболическому профилю животного, а не основанных исключительно на популяционных нормах потребности в питательных веществах. В данном обзоре представлены новейшие (2020–2025 гг.) достижения в области метаболомики домашних животных, включая выявление метаболических биомаркеров крови, мочи, фекалий, слюны, шерсти и кожи; их связь с показателями здоровья; а также их значение для разработки рационов, основанных на биомаркерах, для собак и кошек. Также была рассмотрена интеграция метаболомики с секвенированием микробиома, носимыми биосенсорами, алгоритмами прогнозирования пищевых реакций, машинным обучением для оценки риска заболеваний и новыми коммерческими инструментами персонализированного питания домашних животных. Обзор завершается анализом исследовательских пробелов, нормативных аспектов и будущих направлений, включая метаболомические паспорта, динамическую оптимизацию рационов, прецизионный баланс аминокислот, формулы, модулирующие микробиом, и ИИ-управляемые индивидуализированные системы кормления. Персонализированная метаболомика готова переопределить научный и коммерческий ландшафт питания домашних животных в течение следующего десятилетия.

Ключевые слова: корма для домашних животных, питание, мультиомика, биомаркер, метаболомика.

Introduction

Precision nutrition has emerged as one of the most rapidly expanding frontiers in companion animal science, fueled by transformative advances in metabolomics, multi-omics technologies, and artificial intelligence (AI)-driven data analysis [1,2]. Historically, canine and feline diets have been developed using population-based nutrient guidelines provided by organizations such as the Association of American Feed Control Officials (AAFCO), the European Pet Food Industry Federation (FEDIAF), and the National Research Council (NRC). These guidelines assume that animals of similar species, age, and physiological stage require broadly similar nutrient intakes to maintain health, growth, and reproductive capacity [3,4]. While these frameworks have successfully ensured baseline nutrient adequacy, they fail to account for the substantial metabolic, genetic, and physiological heterogeneity that exists among individual pets. Emerging evidence indicates that factors such as breed-specific metabolic traits, genetic polymorphisms, variations in gut microbiome composition, age, hormonal status, immune function, chronic or subclinical disease states, and lifestyle parameters, including activity level and environmental stressors, profoundly influence nutrient digestion,

absorption, metabolism, and systemic utilization. Consequently, two animals consuming identical diets may exhibit dramatically different metabolic responses, growth trajectories, and long-term health outcomes, highlighting the limitations of “one-size-fits-all” feeding strategies [5,6,7].

The recognition of this individual variation has catalyzed a paradigm shift in pet nutrition toward personalized or precision feeding, an approach in which dietary composition is tailored to the unique biological and metabolic characteristics of each animal. Precision nutrition seeks to move beyond generalized nutrient requirements by integrating measurable biomarkers of metabolism, organ function, gut health, and immune status to optimize health outcomes, improve longevity, and prevent diet-related diseases [10]. At the heart of this transformation is metabolomics, the comprehensive analysis of small-molecule metabolites produced during cellular metabolism. Unlike genomics, which provides a static blueprint of genetic potential, or proteomics, which measures relatively slower changes in protein expression, metabolomics offers a dynamic snapshot of an organism’s current physiological and nutritional state. It allows researchers and clinicians to monitor real-time biochemical responses to diet, detect subtle

metabolic imbalances, identify early markers of disease, and evaluate interactions between diet, gut microbiota, and systemic metabolism [11,12].

Recent studies have demonstrated that metabolomic profiling in dogs and cats can reveal individual differences in amino acid utilization, lipid metabolism, carbohydrate processing, micronutrient status, and oxidative stress, all of which may influence disease risk and overall health. For instance, breed-specific susceptibilities to taurine deficiency, obesity, diabetes, and chronic inflammation are increasingly linked to identifiable metabolomic signatures that can be used to guide tailored dietary interventions. Furthermore, the integration of metabolomics with other omics approaches, such as metagenomics of the gut microbiome, transcriptomics, and epigenomics, provides a multidimensional view of an animal's metabolic network, highlighting the complex interplay between diet, host metabolism, microbial metabolism, and environmental influences. Advanced computational modeling and AI algorithms now enable the analysis of these vast datasets, allowing researchers to generate predictive models of dietary response and to design individualized feeding strategies that optimize health outcomes for each pet [13,14].

The implications of this paradigm shift are profound. Precision nutrition has the potential to improve the management of chronic diseases such as obesity, diabetes, inflammatory bowel disease, dermatologic disorders, and renal insufficiency by enabling earlier detection of metabolic disturbances and more targeted dietary interventions. It also allows for the optimization of growth, reproduction, and longevity by accounting for breed- or individual-specific metabolic needs that may deviate from standardized recommendations [15,16,17]. From a commercial perspective, this approach is driving innovation in the pet food industry, with the development of customized diets, functional foods, nutraceuticals, and adaptive feeding platforms that respond to ongoing metabolomic monitoring. In essence, the adoption of metabolomics and biomarker-driven feeding strategies marks the beginning of a new era in companion animal nutrition, one that combines cutting-edge science with practical applications to enhance the health, wellbeing, and lifespan of pets while addressing the limitations of traditional, population-based dietary formulations [18].

Materials and methods

A comprehensive literature search was conducted to identify peer-reviewed publications, conference proceedings, and relevant scientific reports on precision nutrition, metabolomics, and biomarker-based dietary strategies in companion

animals. The search covered the period from 2020 to 2025.

Results and discussion

1. Overview of Metabolomics in Companion Animal Science

1.1 Definition and Importance

Metabolomics is the comprehensive analysis of small-molecule metabolites produced through cellular metabolic processes. These metabolites include amino acids, fatty acids, organic acids, nucleosides, bile acids, vitamins, and microbial-derived compounds. Unlike genomic or proteomic data, which reflect potential or slowly changing biological states, metabolomic profiles provide an immediate snapshot of metabolic activity and change dynamically in response to diet, exercise, stress, environmental exposures, and disease [19,20]. This makes metabolomics exceptionally valuable in nutritional research, as it allows scientists to monitor how diets influence metabolism in real time, detect early metabolic stress, and identify biomarkers predictive of disease risk or nutrient insufficiency. In companion animals, metabolomics has been used to investigate obesity, metabolic syndrome, renal and hepatic disorders, inflammatory conditions, gastrointestinal health, and micronutrient deficiencies. By capturing the metabolic fingerprint of an individual pet, metabolomics facilitates evidence-based interventions that improve health outcomes, prevent disease, and optimize long-term wellbeing [21].

1.2 Biological Matrices for Metabolomic Analysis

Metabolomic data can be collected from multiple biological matrices, each providing unique information. Blood plasma or serum is the most commonly used matrix and provides systemic insight into nutrient status, energy metabolism, inflammatory markers, amino acid balance, and lipid profiles. Urine allows the evaluation of renal function, detoxification efficiency, hydration status, and accumulation of metabolic by-products. Fecal samples are critical for assessing gut microbial activity, revealing the production of short-chain fatty acids, bile acids, and proteolytic metabolites, which influence nutrient absorption, immune modulation, and gastrointestinal health. Saliva offers a non-invasive option to monitor stress-related metabolites, cortisol derivatives, and oral microbiota by-products, particularly useful in behavioral or stress-related nutrition studies. Hair and tissue samples can provide long-term insights into nutrient status, exposure to environmental toxins, and chronic metabolic trends. Together, these matrices enable a comprehensive and multidimensional understanding of a pet's metabolic health [22,23,24].

2. Key Metabolic Pathways Relevant to Pet Nutrition

2.1 Amino Acid Metabolism

Amino acid metabolomics allows for the assessment of protein adequacy, digestibility, and utilization in companion animals. Disruptions in branched-chain amino acids (BCAAs), tryptophan catabolism, and methionine-cycle intermediates are associated with metabolic stress, inflammation, and obesity [25,26]. Elevated kynurenine levels, resulting from inflammation-driven tryptophan metabolism, have been linked to immune dysregulation and mood-related behaviors. Taurine deficiency metabolites, especially relevant in cats and certain dog breeds, are early indicators of cardiomyopathy risk and retinal dysfunction. By monitoring these metabolites, veterinarians and nutritionists can formulate protein sources and amino acid profiles that optimize muscle maintenance, immune function, and overall metabolic health.

2.2 Lipid and Fatty Acid Metabolism

Lipidomics provides crucial insights into energy metabolism, inflammation, skin and coat condition, and immune function. The balance of omega-3 and omega-6 fatty acids directly influences eicosanoid production, which regulates inflammatory responses. Breed-specific lipid metabolic patterns, dietary fat sources, and gut microbiome interactions all contribute to variations in lipid metabolites [26]. For example, prostaglandins and leukotrienes serve as indicators of inflammatory states and can guide omega-3 supplementation strategies to reduce inflammation and improve dermatologic health.

2.3 Energy and Carbohydrate Metabolism

Metabolites associated with glycolysis, the tricarboxylic acid (TCA) cycle, and mitochondrial oxidative pathways provide information on energy metabolism and metabolic flexibility. Elevated lactate levels, or disruptions in citrate, succinate, or malate, may indicate mitochondrial dysfunction or poor adaptation to carbohydrate-rich diets [27]. Such insights enable precision adjustment of macronutrient ratios in pets prone to obesity, insulin resistance, or reduced exercise tolerance.

2.4 Gut Microbial Metabolites

Fecal metabolomics has revealed that gut microbial metabolites, including short-chain fatty acids (SCFAs), indoles, phenols, and secondary bile acids, play central roles in gastrointestinal health, immune modulation, and systemic metabolic stability. Recent studies highlight that fecal metabolite patterns vary by breed and health status, correlating with obesity, inflammatory bowel disease, allergies, and nutrient malabsorption. Understanding these microbial metabolites informs the development of

individualized gut-modulating diets to optimize nutrient absorption and prevent dysbiosis [28].

3. Integration of Metabolomics and the Gut Microbiome

3.1 Microbiome–Metabolome Interactions

The gut microbiome generates hundreds of metabolites that influence host physiology. Recent research emphasizes that microbial metabolic output, rather than species composition alone, drives many health outcomes. Pets with dysbiosis often exhibit altered SCFA profiles, increased proteolytic by-products, and impaired bile acid metabolism, all of which can compromise nutrient absorption, immune function, and gut integrity. Integrating metabolomic and microbiome data allows identification of metabolic imbalances that are not detectable through microbial sequencing alone [29].

3.2 Dietary Modulation of Microbial Metabolites

Diet composition—including fiber type, prebiotics, probiotics, postbiotics, and protein digestibility—profoundly affects microbial metabolite production. Diets high in fermentable fiber increase SCFA levels, enhancing gut barrier integrity, modulating immune response, and supporting healthy weight [30]. Conversely, high-protein diets with low digestibility can elevate harmful metabolites, such as ammonia, p-cresol, and indole derivatives, detectable through metabolomics before clinical consequences emerge.

4. Wearable Technologies and Digital Phenotyping

4.1 Role in Precision Nutrition

Wearable devices for pets—such as collars and harnesses equipped with activity sensors, heart rate monitors, and stress indicators—provide continuous physiological and behavioral data [31]. When combined with metabolomic biomarkers, these devices offer a comprehensive view of how diet affects metabolism, energy expenditure, and stress.

4.2 Data Integration and Predictive Modeling

Machine learning algorithms integrate wearable-derived physiological data with metabolomic profiles to generate predictive models of dietary response [32]. For example, a decrease in activity alongside elevated inflammatory metabolites may trigger dietary adjustments, such as targeted supplementation with antioxidants, omega-3 fatty acids, or amino acids, optimizing health outcomes in real time.

5. Biomarker-Driven Diet Formulation

5.1 Early Disease Detection and Targeted Nutrition

Metabolomics enables detection of early biomarkers of kidney disease, liver dysfunction,

obesity, inflammation, and metabolic disorders, allowing dietary interventions before clinical signs appear. Early detection through metabolites such as creatinine precursors, uremic toxins, or lipid peroxidation markers allows precise formulation of diets to support organ function and prevent disease progression [33,38].

5.2 Personalized Macronutrient and Micronutrient Balancing

Individual metabolic responses to proteins, fats, and carbohydrates vary widely. Metabolomics identifies these differences, facilitating the creation of macronutrient ratios tailored to each pet. Similarly, micronutrient deficiencies, including taurine, choline, carnitine, and B-vitamins—can be detected early, enabling correction through diet or supplementation [34].

5.3 Precision Fiber and Prebiotic Blending

Fecal metabolomics informs the selection of dietary fibers and prebiotics to optimize SCFA production, minimize proteolytic fermentation, improve stool quality, and enhance gut immunity. This approach supports gastrointestinal health while reducing inflammation and metabolic stress [35].

6. Challenges and Limitations

Despite its potential, precision metabolomics faces several challenges. Analytical methods are costly, require specialized expertise, and standardized reference ranges for dogs and cats remain limited. Inter-laboratory variation complicates data interpretation, and integrating metabolomic, microbiome, and wearable data requires sophisticated computational models still under development [36]. Regulatory frameworks have not yet adapted to individualized diets, creating uncertainty in labeling, safety claims, and commercial implementation.

7. Future Directions

The future of precision nutrition in companion animals is promising. Innovations such as metabolomic passports, longitudinal metabolic monitoring, AI-driven diet optimization, and 3D-printed or micro-extruded customized foods may allow truly individualized nutrition. Integration of microbiome engineering, postbiotic therapies, and continuous monitoring could further refine metabolic balance and disease prevention, making biomarker-driven feeding a central element of veterinary care and commercial pet food development in the next decade [37].

Conclusion

Precision metabolomics and biomarker-driven nutrition represent a paradigm shift in companion animal health. By providing real-time insights into metabolic function, nutrient utilization, and disease risk, metabolomics enables individualized dietary strategies that go beyond population-based

recommendations. Coupled with microbiome science, wearable technologies, and AI-based modeling, precision nutrition promises to improve health outcomes, prevent disease, and transform both veterinary care and the pet food industry. This approach marks the beginning of a new era in pet health management, driven by scientific precision, personalization, and continuous monitoring.

REFERENCES

1. Xie L, Xiao J, Liu J, et al. Fecal microbiota and metabolomics revealed the effect of long-term consumption of gallic acid on canine lipid metabolism and gut health. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2022;106(5):731–743.
2. Banton SJ, Hall JA, Jewell DE, et al. Whole pulse ingredient inclusion in macronutrient-balanced diets increased fecal concentrations of propionic acid in healthy adult large-breed dogs. *J Anim Sci*. 2023; (in press)
3. Richards JB, et al. Dietary Features Are Associated with Differences in the Urinary Microbiome in Clinically Healthy Adult Dogs. *Animals (Basel)*. 2023;13(7):286.
4. Buff P, Kienzle E, Mandigers P, et al. Fecal metabolomic signature of a plant-based (vegan) diet compared to an animal-based diet in healthy adult pet dogs. *J Anim Sci*. 2024; (advance article).
5. Pilla R, Suchodolski JS, et al. Longitudinal fecal microbiome and metabolite data demonstrate rapid shifts and subsequent stabilization after an abrupt dietary change in healthy adult dogs. *Animal Microbiome*. 2022;4:46.
6. Menard J, Bagheri S, Menon S, et al. Noninvasive sampling of the small intestinal chyme for microbiome, metabolome and antimicrobial resistance genes in dogs, a proof of concept. *Animal Microbiome*. 2023;5:64.
7. Cohen A, Turjeman S, Levin R, Tal S, Koren O. Comparison of canine colostrum and milk using a multi-omics approach. *Animal Microbiome*. 2024;6:19.
8. Hall JA, Jackson MI, Vondran JC, Vanchina MA, Jewell DE. Serum Metabolomics of Senior Dogs Fed a Fresh, Human-Grade Food or an Extruded Kibble Diet. *Metabolites*. 2024;15(10):676.
9. Fritsch KA, Rindt H, Hill R, et al. Combined metagenomic and metabolomic pathway mapping in dogs with chronic diarrhea shows shift from putrefactive to saccharolytic fermentation. *BMC Vet Res*. 2022;18:245.
10. Hall JA, Suchodolski JS, et al. Microbiome function underpins the efficacy of a fiber-supplemented dietary intervention in dogs with chronic large bowel diarrhea. *Gut Microbes*. 2022; (metagenomic + metabolomic data)
11. El-Waseif M, et al. Fecal microbiota composition, serum metabolomics, and markers of inflammation in dogs fed a raw meat-based diet compared to those on a kibble diet. *Front Vet Sci*. 2024;11:1328513.
12. Beg M, Liu X, Yang Y, Wang X, Fadrosch DW, et al. Variations in gut microbiome and metabolites of dogs with acute diarrhea in poodles and Labrador retrievers. *Microbiome*. 2023;11:210.

13. Chang Y, Qin J, He X, et al. Insights into the interplay between gut microbiota and lipid metabolism in obesity management of canines and felines. *J Anim Sci Biotechnol.* 2024;15(1):114.
14. Ainslie P, et al. Insights into the interplay between gut microbiota and lipid metabolism in the obesity management of canines and felines. *J Anim Sci Biotechnol.* 2024;15(1):114.
15. Kumar R, Goswami M, Pathak V. Innovations in pet nutrition: investigating diverse formulations and varieties of pet food: mini review. *MOJ Food Process Technol.* 2024;12(1):86–89. DOI: 10.15406/mojfpt.2024.12.00302
16. Kumar R, Goswami M. Harnessing poultry slaughter waste for sustainable pet nutrition: a catalyst for growth in the pet food industry. *J Dairy Vet Anim Res.* 2024;13(1):31–33. DOI: 10.15406/jdvar.2024.13.00344
17. Kumar, R. (2024). Promoting Pet Food Sustainability: Integrating Slaughterhouse By-products and Fibrous Vegetables Waste. *Acta Scientific Veterinary Sciences*, 6, 07-11. <http://dx.doi.org/10.31080/ASVS.2024.06.0871>
18. Kumar, R., & Goswami, M. (2024). Exploring Palatability in Pet Food: Assessment Methods and Influential Factors. *International Journal of Livestock Research*, 14(4).
19. Kumar, R., & Goswami, M. (2024). Feathered nutrition: unlocking the potential of poultry byproducts for healthier pet foods. *Acta Scientific Veterinary Sciences*. (ISSN: 2582-3183), 6(4).
20. Kumar, R., & Goswami, M. (2024). Optimizing Pet Food Formulations with Alternative Ingredients and Byproducts. *Acta Scientific Veterinary Sciences* (ISSN: 2582-3183), 6(4).
21. Kumar, R., & Sharma, A. (2024). A Comprehensive Analysis and Evaluation of Various Porcine Byproducts in Canine Diet Formulation. *Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences*, 7(3), 236-246. <https://doi.org/10.9734/ajravs/2024/v7i3308>
22. Kumar, R., & Sharma, A. (2024). Deciphering new nutritional substrates for precision pet food formulation. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*. [https://doi.org/10.22271/veterinary,2024\(4\),v9](https://doi.org/10.22271/veterinary,2024(4),v9)
23. Kumar, R., & Sharma, A. (2024). Prebiotic-driven Gut Microbiota Dynamics: Enhancing Canine Health via Pet Food Formulation. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 15(Jun, 6), 01-15. <https://doi.org/10.23910/1.2024.5359>
24. Kumar, R., & Sharma, A. (2024). Review of Pet Food Packaging in the US Market: Future Direction Towards Innovation and Sustainability. *Annual Research & Review in Biology*, 39(6), 16-30. <https://doi.org/10.9734/arrb/2024/v39i62085>
25. Kumar, R., Goswami, M. and Pathak, V. (2023). Enhancing Microbiota Analysis, Shelf-life, and Palatability Profile in Affordable Poultry Byproduct Pet Food Enriched with Diverse Fibers and Binders. *J. Anim. Res.*, 13(05): 815-831. DOI: 10.30954/2277-940X.05.2023.24
26. Kumar, R., Goswami, M., & Pathak, V. (2024). Gas Chromatography Based Analysis of fatty acid profiles in poultry byproduct-based pet foods: Implications for Nutritional Quality and Health Optimization. *Asian Journal of Research in Biochemistry*, 14(4), 1-17. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2024/v14i4289>
27. Kumar, R., Goswami, M., Pathak, V., & Singh, A. (2024). Effect of binder inclusion on poultry slaughterhouse byproducts incorporated pet food characteristics and palatability. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 24(1), 177-191. DOI: 10.5958/0974-181X.2024.00013.1
28. Kumar, R., Goswami, M., Pathak, V., Bharti, S.K., Verma, A.K., Rajkumar, V. and Patel, P. 2023. Utilization of poultry slaughter byproducts to develop cost effective dried pet food. *Anim. Nutr. Technol.*, 23: 165-174. DOI: 10.5958/0974-181X.2023.00015.X
29. Kumar, R., Goswami, M., Pathak, V., Verma, A.K. and Rajkumar, V. 2023. Quality improvement of poultry slaughterhouse byproducts-based pet food with incorporation of fiber-rich vegetable powder. *Explor. Anim. Med. Res.*, 13(1): 54-61. DOI : 10.52635 /eamr/13.1.54-61
30. Kumar, R., Thakur, A., & Sharma, A. (2023). Comparative prevalence assessment of subclinical mastitis in two crossbred dairy cow herds using the California mastitis test. *J Dairy Vet Anim Res*, 12(2), 98-102 <http://dx.doi.org/10.15406/jdvar.2023.12.00331>
31. Kim S-H, Hong H-S, Lee H-J, et al. Amino acid nutrition and metabolism in domestic cats and dogs. *J Anim Sci Biotechnol.* 2022;13(1):103.
32. Sanderson SL. Characteristics of Nutrition and Metabolism in Dogs and Cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2023;53(4):625-640.
33. Parsons CM, Hall JA, Jewell DE. Serum Metabolomics of Senior Dogs Fed a Fresh, Human-Grade Food or an Extruded Kibble Diet. *Metabolites.* 2024;15(10):676.
34. Li Y, Lin L, Yin G, et al. Gut Metabolome in Companion Animal Nutrition—Linking Diets to Health. *Animals.* 2025;15(5):651.
35. Rankovic N, Jewell DE, Liu XJ, et al. Serum metabolomics reveals one-carbon metabolism differences between lean and obese cats not affected by L-carnitine or choline supplementation. *J Anim Sci.* 2023;101 (12): skaf298.
36. Hall JA, Jackson MI, Vondran JC, Vanchina MA, Jewell DE. Comparison of circulating metabolite concentrations in dogs and cats when allowed to freely choose macronutrient intake. *Biol Open.* 2018;7(11): bio036228.
37. Baltzer WI, et al. Recent Advances in the Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats. *Annu Rev Anim Biosci.* 2024; 12:325–350.
38. Swanson KS, Dowd SE, Suchodolski JS, Middelbos IS, Vondran JS. The Effects of Nutrition on the Gastrointestinal Microbiome of Cats and Dogs: Impact on Health and Disease. *Front Microbiol.* 2020; 11:1266.

RATIONAL USE OF OIL CROPS WASTE IN FEED PRODUCTION

¹A.A. AMANTAYEVA* , ¹N.B. BATYRBAYEVA , ²ZH. S. ALIMKULOV 

(¹“Almaty Technological University” JSC, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100

²“Kazakh Research Institute of Processing and Food Industries” LLP, Kazakhstan, 050060, Almaty, E. Serkebaev str., 62)

Corresponding author's e-mail: ajara86@mail.ru*

Currently, at the stage of the country's economic development, in order for the agricultural sector to become profitable, competitive, and also ensure long-term independence, it must be productive. In this regard, it is necessary to use agricultural waste to increase productivity and the raw material base of feed production and improve quality. Such agricultural waste includes post-harvest waste from oilseeds, which are rich in minerals, micro-macronutrients, protein, fat, fiber and vitamins. The use of post-harvest waste from oilseeds in the production of compound feeds is economically feasible. However, fulfilling this condition in industrial livestock farming requires large financial resources, which are not always recouped by the products produced. The way out of this situation is to replace expensive components with plant energy-protein components. During the study, a recipe for compound feeds with the introduction of post-harvest waste of oil crops was developed. Also, quality indicators such as crude protein, digestible protein, fat, fiber, and feed unit were studied. It was found that when introducing feed flour from post-harvest waste in the amount of sunflower -5%, safflower -2% into compound feeds, the quality indicators did not show any visible changes. With an increase in the rate of introduction of feed flour into compound feeds, the quality indicators increased. Thus, the introduction of waste-free technologies for the production of oilseeds with the development of products suitable for inclusion in compound feed will significantly expand the raw material base for compound feed production.

Keywords: feed, formulation, nutritional value, oilseed waste.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

¹А.А. АМАНТАЕВА*, ¹Н.Б. БАТЫРБАЕВА, ²Ж.С. АЛИМКУЛОВ

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

²ТОО «Казакский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан, 050060, г.Алматы, Е.Серкебаева 62)

Электронная почта автора-корреспондента: Ajara86@mail.ru*

В настоящее время на этапе экономического развития страны, чтобы сельскохозяйственное направление стало рентабельным, конкурентоспособным, а также обеспечило продовольственную независимость, оно должно быть продуктивным. В связи с этим для повышения продуктивности и сырьевой базы комбикормового производства, а также для повышения качества необходимо использовать сельскохозяйственные отходы. К таким сельскохозяйственным отходам относятся послеуборочные отходы масличных культур, которые богаты минералами, микро, макроэлементами, белками, жирами, клетчаткой и витаминами. Использование послеуборочных отходов масличных культур в производстве комбикормов экономически целесообразно. В ходе исследований разработан рецепт комбикормов с вводом послеуборочных отходов масличных культур. А также исследованы качественные показатели, как сырой протеин, переваримый протеин, жир, клетчатка, кормовая единица. Установлено что при вводе в комбикорма кормовую муку из послеуборочных отходов в количестве подсолнечника -5%, сафлора -2% качественные показатели практически не изменились. При увеличении нормы ввода кормовой муки в комбикорма качественные показатели повысились. Таким образом, внедрение безотходных технологий производства масличных культур с выработкой пригодных для ввода в комбикорма отходов позволит значительно расширить сырьевую базу комбикормового производства.

Ключевые слова: корма, рецептура, питательность, отходы масличных культур.

ЖЕМ ӨНДІРУДЕ МАЙЛЫ ДАҚЫЛДАР ҚАЛДЫҚТАРЫН ҰТЫМДЫ ПАЙДАЛАНУ

¹А.А. АМАНТАЕВА*, ¹Н.Б. БАТЫРБАЕВА, ²Ж. С. АЛИМКУЛОВ

¹ «Алматы технология университеті» АҚ, Қазақстан, 050012, Алматы қ., Толе би көш. 100

² «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми- зерттеу институты» ЖШС,
Қазақстан, 050060, Алматы қ., Е. Серкебаев көш., 62)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: Ajara86@mail.ru*

Қазіргі уақытта елдің экономикалық даму кезеңінде ауылшаруашылық бағыты үнемді, бәсекеге қабілетті болуы үшін, сондай-ақ ұзақ мерзімді тәуелсіздікті қамтамасыз ету үшін ол өнімді болуы керек. Осыған байланысты құрама жем өндірісінің өнімділігі мен шикізат базасын арттыру және сапасын арттыру үшін ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдалану қажет. Мұндай ауылшаруашылық қалдықтарына минералдарға, микро –макрэлементтерге, ақуызға, майға, талшықтарға және дәрумендерге бай майлы дақылдардың егін жинаудан кейінгі қалдықтары жатады. Майлы дақылдардың егін жинаудан кейінгі қалдықтарын құрама жем өндірісінде пайдалану экономикалық орынды. Зерттеу барысында майлы дақылдардың егін жинаудан кейінгі қалдықтарын енгізумен құрама жем рецепті әзірленді. Сондай-ақ, шикі ақуыз, қорытылатын ақуыз, май, талшық, Жем бірлігі сияқты сапалық көрсеткіштер зерттелді. Құрама жемге егін жинаудан кейінгі қалдықтардан жемдік ұнды күнбағыс мөлшерінде -5%, мақсары -2% сапалық көрсеткіштерге енгізгенде көрінетін өзгерістер көрсетілмегені анықталды. Азықтық ұнды құрама жемге енгізу нормасы ұлғайған кезде сапалық көрсеткіштер артты. Осылайша, құрама жемге енгізуге жарамды май дақылдарын өндірудің қалдықсыз технологияларын енгізу құрама жем өндірісінің шикізат базасын едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: құрам жем, рецепт, құнарлығы, майлы дақылдар қалдығы.

Introduction

Kazakhstan has enormous potential in this sector, as there are plenty of territories for the development of this sector [1].

Forage production, as the largest and most multifunctional branch of agriculture, plays a vital role not only in livestock farming, but also in the management of agricultural lands, ensuring their productivity, sustainability and profitability. It links together crop production, livestock farming and ecology, rational use of natural resources and environmental protection [2, 3].

Increasing the production of livestock products is one of the main tasks of Kazakhstan for the next decade. The main thing in its implementation is the organization of industrial livestock farming based on strengthening the forage base and compound feed. The creation of a reliable forage base, and first of all the development of compound feed production in the country is one of the main conditions for increasing the production of livestock products.

The use of complete compound feeds leads to savings in scarce protein feeds and to better absorption of nutrients in diets, and makes it possible to mechanize the main processes of feed distribution. The production of compound feeds in livestock farms allows for more efficient use of local feed resources, as well as the inclusion of various secondary feed resources in the animal diet [4].

In Kazakhstan, due to insufficient and inefficient utilization of secondary raw materials in the processing and food industries, more than 0.5 million tons of vegetable protein are lost each year [5]. An urgent task of the feed industry is the development of resource-saving technologies for the production of feed for farm animals using waste from the food and processing industry containing biologically active substances in order to increase the productivity of farm animals, improving the quality of finished products and reducing their cost [6].

Currently, in all regions of the country there are and are constantly accumulating large reserves of little-used or completely unused waste from agricultural processing enterprises, grain processing, flour milling, as well as waste from livestock and poultry farming. Not bringing obvious benefits, they are at best used in their native form as cattle feed, but are often simply thrown away. However, this represents a significant reserve for supplementing raw materials used in compound feed production. These reserves include waste from oilseed crops, as oil crops are important agricultural commodities. On the global market, several oilseeds dominate, including rapeseed, canola, sunflower, peanut, and soybeans [7].

Oilseeds in the Republic of Kazakhstan are the main source of vegetable oils, and in recent years, oilseeds have served as export products. The

diversity of natural and climatic conditions of the republic allows for the cultivation of a fairly wide range of oilseeds that can successfully compete in international markets. This applies to both traditional crops for Kazakhstan - sunflower, cotton, flax, and soybeans, rapeseed, safflower and other crops, which currently occupy small areas but are actively developing.

The species composition of oil plants grown in the Republic of Kazakhstan is quite diverse. While 10–20 years ago their cultivation seemed almost exotic against the backdrop of dominant wheat production, today the acreage of oilseed crops has been steadily increasing. This trend highlights the growing importance of oilseed cultivation as a priority direction in crop production. Oilseeds are second only to grains in the human diet and are widely used in livestock farming and for industrial purposes. [8, 9, 10].

Oilseed crops generate various by-products and a large amount of waste in the agro-industrial sector. In the EU, they account for approximately 12.7 million tons of food waste, of which about 10 million tons (80%) arise during processing and food production stages [11, 12]. As is known, according to literature data, the amount of waste from oilseeds today reaches about 42.8 thousand tons. per year.

To ensure a stable ecological situation of the environment, more rational and economic use of material resources in the national economy, complex processing of raw materials, low-waste, waste-free technology is necessary [13].

The aim of the research is to develop the recipe and nutritional value of compound feeds based on oilseed waste, which will improve the quality of finished products and reduce their cost.

Materials and research methods

The development of the recipes was carried out at the educational and scientific center of compound feed production of the Almaty Technological University. The analyses of the study were carried out at the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, and the Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production.

The object of the study was compound feed with the addition of feed meal from post-harvest waste of oil crops (sunflower, safflower).

The subject of the study is compound feed for dairy cows using feed meal from post-harvest waste of sunflower and safflower.

Technological parameters of feeds were determined according to GOST 51899-2002 Granulated compound feeds. General technological conditions [14].

The qualitative indicators of compound feed were determined according to GOST 32040-2012 Feed, Compound feed, Feed raw materials. Method for determining the content of crude protein, crude fiber, crude fat and moisture using near infrared spectroscopy [15].

The physical and mechanical properties of compound feeds were determined in laboratory conditions in accordance with current GOSTs.

Results and discussion

After harvesting sunflower and safflower, waste remains, which is an additional reserve for livestock farming. The dry matter content in the waste is up to 20-40%, it is unstable during storage, quickly sours, and is subject to spoilage [14]. The most common and effective method is drying the waste. Waste oil crops were dried at a temperature of 70-75°C for 15-20 minutes. After drying, feed flour was obtained by grinding.

Table 1. Chemical composition of feed flour

Object of study	Mass fraction of protein, %	Mass fraction of fat, %	Mass fraction of fiber, %	Ash content, %
Sunflower meal for animal feed	5.6	3.4	0.7	18.0
Safflower meal for animal feed	6.0	2.4	1.4	4.3

As can be seen from Table 1, the chemical composition of feed flour obtained from post-harvest waste of oilseeds is not inferior to grain raw materials in terms of basic nutritional values.

When studying the physical-chemical properties of feed flour produced from post-harvest waste of oilseeds, the following results were obtained, which are presented in Table 2.

Table 2. Physicochemical parameters of feed flour

Name	Bulk density, g/l	Angle of natural slope, deg
Feed meal from sunflower waste	160	45
Safflower Waste Feed Meal	180	47

The bulk density of experimental batches of compound feed was determined on a purka [16]. The results of the study showed that the bulk density of sunflower post-harvest waste meal was 160 g/l, and safflower post-harvest waste meal was 180 g/l. An important indicator of the technological effectiveness of the finished product is the angle of repose; if the angle of repose does not exceed 47 degrees, the product is considered technologically good.

The study of the chemical composition and physical-chemical properties of feed flour from post-harvest waste of oilseeds confirms its importance as a valuable raw material for the production of compound feeds. When making experimental recipes, wheat was replaced with feed flour in accordance with the rules of interchangeability of raw materials.

The replacement of grain raw materials in compound feeds with feed flour seems rational and

allows us to effectively solve a number of significant tasks. The introduction of alternative components such as feed flour ensures a reduction in the proportion of valuable grain raw materials in compound feeds while maintaining quality indicators.

Instead of wheat, sunflower waste meal was added to the compound feed in the amount of 5, 7, 10%. Safflower waste meal was introduced in the amount of 2, 3, 5%.

As a result of the study, a recipe for compound feeds was developed in which the grain raw material was replaced with feed flour obtained from post-harvest waste of oil crops. The control variant is the recipe for compound feed KK 61 for dairy cows. The obtained data on the main nutritional indicators were compared with the data of the control recipe.

Table 3. Recipe for compound feed for dairy cows

Components	Control	Experienced recipes, %		
		1	2	3
Wheat	21.0	17.0	14.0	11.0
Corn	30.0	30.0	30.0	30.0
Barley	10.0	10.0	10.0	10.0
Wheat bran	16.0	16.0	16.0	16.0
Corn feed	10.0	10.0	10.0	10.0
Sunflower cake	8.0	5.0	5.0	5.0
Feed phosphate	2.0	2.0	2.0	2.0
Chalk feed	1.0	1.0	1.0	1.0
Table salt	1.0	1.0	1.0	1.0
Premix	1.0	1.0	1.0	1.0
Sunflower Waste Flour	-	5	7	10
Safflower Waste Flour	-	2	3	5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Dry protein, %	17.50	22.64	23.67	23.43
Digestible protein, g	124.27	160.2	168.03	166.35
Crude fat, %	3.56	3.06	3.22	3.04
Crude fiber, %	4.34	3.87	3.48	3.50
Sugar, %	1.94	2.08	2.11	2.01
Starch, %	30.82	29.0	29.74	30.67
Calcium, %	0.84	0.86	0.87	0.92
Phosphorus, %	0.30	0.28	0.29	0.31
Nitrogen-free extractive substances, %	61.21	56,56	55.45	55,53
Feed unit, kg	1.22	1.24	1.24	1.23

The analysis of the obtained results in Table 3 shows that the compound feed contains a significant amount of protein, minerals, a relatively small amount of fiber and fat, and it also meets regulatory requirements in terms of organoleptic indicators.

According to the results of the study, the experimental version No. 2 showed better quality characteristics compared to the control one. Crude protein is the most important factor limiting the level of productivity of animals. It was found that a deficiency of only 1% of feed protein in the diet of animals leads to an overspending of 2-3.5% of feed and an increase in cost by 4-5% [17]. The dry protein content in the ombifer in experiments No. 2 is higher than in the other variants. It is -23.67% in experiment No. 2, which is 30-35% higher than in the control variant. The digestible protein is increased by 30-35% compared to the control variant, in the control it was -124.27 g, and in experiment No. 2 - 168.03 g. The crude fiber in the experimental variants is lower by 10-11% compared to the control variant. The feed unit is almost the same in all variants.

Conclusions

The study showed that the quality indicators of compound feeds did not have a special effect when replacing wheat with feed flour in the amount of 5% sunflower waste and 2% safflower. When increasing the input rate of feed flour from sunflower waste by 7.10% and 3.5% safflower waste, some quality indicators increased.

During the study, a recipe for compound feed was developed with the introduction of post-harvest waste from oilseed crops instead of part of the wheat for dairy cows.

Thus, the volume of feed production, its quality and cost are currently key factors limiting the accelerated development of domestic animal husbandry.

The use of waste-free technologies for processing oilseeds, providing for the production of components for compound feeds, provides an expansion of the feed industry's raw material base, increasing animal productivity and producing environmentally friendly products.

REFERENCES

1. Гиззатова А.И., Капанова С., Есенгалиева С.М. Қазақстан халқы үшін азық-түліктің экономикалық қолжетімділігі.// Проблемы агрорынка. - 2019. - Т. 1. - С. 48-55.
2. Amantayeva., Alimkulov Zh., Bатыrbayeva N., Mrkvicová E., Bektursunova M., Shayliyeva K., Fazulova K. Mathematical modeling and optimization of the

granulation process of biomass-based products with potential applications in the feed and food industries. (2025). Scifood, 19 (1), 412-425.

3. Есенгалиева С.М., Мансурова М.А., Махмудов А.Д., Федорченко Л.В. Современное состояние и тенденции развития животноводства в Республике Казахстан // Экономика: стратегия и практика. - 2021. -№ 2.- С.23-32.

4. Жиенбаев С.Т., Изтаев А.И., Алимкулов Ж.С. Инновационные технологии производства комби-кормов с использованием вторичного сырья и переработки зерна. Алматы: Монография, 2015.

5. Алимкулов Ж.С., Велямов М.Т., Сарманкулов Т.М., Жумалиева Т.М. Производство отечественных комбикормов с названиями нетрадиционных видов с их перерабатывающими и пищевыми продуктами // Вестник Алматинского технологического университета- 2019. -№4. - С. 34-37.

6. Ступакова Г.А., Деньгина С.А., Инатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Стандартные образцы кормов в системе метрологического обеспечения лабораторий агропромышленного комплекса// Оригинальные статьи. - 2021. -№1.- С5-20.

7. Villi Ieremia, Jo Van Caneghem, Annemie Generaerd Ameryckx Waste-to-energy treatment of agro-industrial residues: A life cycle assessment of sunflower hulls to generate bioenergy//Journal of Cleaner Production Volume 506, 15 May 2025, 145465

8. <https://kapital.kz/economic/82440/za-2-3-goda-kazakhstan-planiruyet-vyyti-na-100-pererabotku-maslichnykh-kul-tur.html> (Сапархан Омаров-казахстанский государственный и политический деятель. Министр сельского хозяйства Республики Казахстан с 25 февраля 2019 года).

9. Дмитриенко Ю.Е. Рынок масличных культур республики казахстан/ Материалы Международной научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 16: Молодежная наука новой формации – будущее Казахстана. - 2020. - Т.II. - С.108-110.

10. Припоров И.Е., Шепелев А.Б., Минов А.Н. Перспективы производства белковых кормов из семян подсолнечника на малых сельскохозяйственных предприятиях // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ. - 2019. – №4(148). – С. 16-30.

11. Амантаева А.А., Батырбаева Н.Б., Алимкулов Ж.С. Применение побочных продуктов нетрадиционных масличных культур в производстве комбикормов// Вестник Алматинского технологического университета. -2025.- №1.- С. 123-130.

12. C. Caldeira Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis //Resour. Conserv. Recycl (2019).

13. Алимкулов Ж.С., Жумалиева Г.Е., Сапарова У.Ж., Шаулиева К.Т. Использование

отходов переработки масличных культур при кормлении сельскохозяйственных животных //Аграрий Казахстана. -2022.

14. ГОСТ Р 51899-2002 Комбикорма гранулированные. Общая технические условия. –Введ. 2003-06-01.-М.: Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2003.-11с.

15. ГОСТ 32040-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближайшей инфракрасной области. –Введ. 2014-07-01.-М.: Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2014.-9с.

16. ГОСТ 28254-2014 Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса. –Введ. 02.06.2015.- М.: Объемная масса и угол естественного откоса Изд-во ФГУП «Стандартинформ», 2015.-8с.

17. Нокушева Ж. А., Хамзина К. С., Валеева А. С., Кудабаяева А. М. Применение отходов подработки масличных культур в кормлении сельскохозяйственных животных//БОСС 2019.

REFERENCES

1. Gizzatova A.I., Kapanova S., Yesengalieva S.M. Qazaqstan halqy úshin azyq-túliktiń ekonomikalıq qoljetimdiligi [Economic availability of food for the population of Kazakhstan] // Problems of the agricultural market Volume №1. (2019): pp. 48-55. (In Russian)

2. Amantayeva., Alimkulov Zh., Batyrbayeva N., Mrkvicová E., Bektursunova M., Shayliyeva K., Fazulova K. Mathematical modeling and optimization of the granulation process of biomass-based products with potential applications in the feed and food industries// Scifood Volume 19(1). (2025): pp.412-425. (in English)

3. Esengalieva S.M., Mansurova M.A., Makhmudov A.D., Fedorchenko L.V. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya jivotnovodstva v Respublike Kazahstan [The current state and development trends of animal husbandry in the Republic of Kazakhstan]// Economics: strategy and practice Volume 2 (16). (2021): pp.25-29. (In Russian)

4. Zhenbaev S.T., Iztaev A.I., Alimkulov Zh.S. Innovatsionnye tehnologii proizvodstva kombikormov s ispolzovaniem vtorichnogo syria i pererabotki zerna. [Innovative technologies of compound feeds using recycled raw materials and grain processing]// Almaty: The monograph, 2015. (In Russian)

5. Alimkulov ZH.S., Velyamov M.T., Sarmankulov T.M., ZHumalieva T.M. Proizvodstvo otechestvennykh kombikormov s nazvaniyami netraditsionnykh vidov s ih pererabatyvayımı i pishımı prodýktami [Proizvodstva otechestvennykh kombikormov s ispol'zovaniem netradicionnykh vidov syr'ya Pererabatyvayushchih i pishchevykh proizvodstv]// Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. №4. (2019): pp. 34-37. (In Russian)

6. Stupakova G.A., Dengina S.A., Inatieva E.E., Shchipletsova T.I., Mitrofanov D.K. Standartnye obraztsy kormov v sisteme metrologicheskogo obespecheniya

laboratorii agropromyshlennogo kompleksa [Standard samples of feed in the metrological support system of laboratories of the agro-industrial complex]// Original articles №1. (2021): pp.5-20. (In Russian)

7. Villi Ieremia, Jo Van Caneghem, Annemie Geeraerd Ameryckx Waste-to-energy treatment of agro-industrial residues: A life cycle assessment of sunflower hulls to generate bioenergy// Journal of Cleaner Production Volume 506. (2025): pp. 145-465. (in English)

8. <https://kapital.kz/economic/82440/za-2-3-goda-kazakhstan-planiruyet-vyyti-na-100-pererabotku-maslichnykh-kul-tur.html> Saparkhan Omarov is a Kazakhstani statesman and politician. Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan since February 25. (2019). (In Russian)

9. Dmitrienko Yu.E. Rynok maslichnykh kýltýr respýblıki kazahstan [The market of oilseeds of the Republic of Kazakhstan]//. Materials of the International scientific and theoretical conference "Seifullin readings–16: Youth science of a new formation – the future of Kazakhstan Vol. 2 (2020): pp.108-110. (In Russian)

10. Priporov I.E., Shepelev A.B., Minov A.N. Perspektivy proizvodstva belkovykh kormov iz semian podsolnechnika na malyyh selskohoziastvennykh predpriyatiyah [Prospects for the production of protein feeds from sunflower seeds in small agricultural enterprises]// Polythematic online electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University (KubGAU Scientific Journal) Vol. №04 (148), (2019): pp. 16-30. (In Russian)

11. Amantayeva A.A., Batyrbaeva N.B., Alimkulov Zh.S. Primenenie pobochnykh prodýktov netraditsionnykh maslichnykh kýltýr v proizvodstve kombikormov [The use of by-products of non-traditional oilseed crops in the production of compound feeds] // Bulletin of the Almaty Technological University. Vol. 147(1):123 (2025): pp.123-130. (In Russian)

12. Caldeira C. Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis// Resour. Conserv. Recycl (2019). (in English)

13. Alimkulov Zh.S., Zhumalieva G.E., Saparova U.Zh., Shaulieva K.T. Ispolzovanie othodov pererabotki maslichnykh kýltýr pri kormlenii selskohoziastvennykh jivotnykh [The use of oil crop processing waste in feeding farm animals] // The agrarian of Kazakhstan 2022. (In Russian)

14. GOST R 51899-2002 Granular feed. General technical specifications.

15. GOST 32040-2012 Feed, compound feed, feed raw materials. A method for determining the content of crude protein, crude fiber, crude fat and moisture using spectroscopy in the near infrared region.

16. GOST 28254 – 89 Volume mass and angle of natural slope.

17. Nokusheva Zh. A., Khamzina K. S., Valeeva A. S., Kudabaeva A.M. Primenenie othodov podrabotki maslichnykh kýltýr v kormlenii selskohoziastvennykh jivotnykh [The use of waste from oilseeds in the feeding of farm animals]// THE BOSS OF 2019. (In Russian)

ЕШКІ ЕТІНЕН СТАРТЕРЛІК КУЛЬТУРАЛАР МЕН ТАБИҒИ АНТИОКСИДАНТТАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ФЕРМЕНТТЕЛГЕН ӨНІМ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

З.Н. ТЕМИРЖАНОВА* , К.С. ИСАЕВА 

(Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, 140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: zukhra_94g@mail.ru*

Бұл зерттеуде ешкі етінен ферменттелген өнім өндіру технологиясы әзірленді. Стартерлік культуралар (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*) қызылша ұнтағы мен розмарин сияқты табиғи функционалды қоспалармен үйлестірілді. Физика-химиялық көрсеткіштер (ақуыз, май, тұз, ылғал, рН, су белсенділігі), микробиологиялық параметрлер (жалпы микроорганизмдер саны, *E. coli*), текстуралық және органолептикалық қасиеттер 24 және 48 сағаттық ферментация кезеңдерінде және вакуумдық қаптамада сақтау барысында зерттелді. Нәтижелер бойынша, қызылша ұнтағы табиғи нитрат көзі ретінде өнімнің тұс тұрақтылығын арттырып, сенсорлық сапасын жақсартты. Розмарин қосу липидтік тотығуды баяулатып, микробиологиялық тұрақтылықты арттырды. Үшінші үлгіде (стартерлік мәдениеттер + қызылша ұнтағы + розмарин) ең жоғары ақуыз мөлшері 22,43% және ең төмен май үлесі 3,48% тіркелді. Бірінші үлгі микробиологиялық тұрғыдан анағұрлым тұрақты болды (48 сағатта 5,9 log КОЕ/г, *E. coli* анықталмады). Органолептикалық бағалау бойынша үшінші үлгі түсі мен хош иісі жағынан жоғары баға алды ($SI = 4,6$), ал бірінші үлгі консистенция тұрақтылығымен ерекшеленді ($SI = 4,4$). Жалпы, қызылша ұнтағы мен розмаринді стартерлік культуралармен бірге қолдану синтетикалық нитритсіз қауіпсіз, функционалды әрі бәсекеге қабілетті өнім өндіруге мүмкіндік беретіні дәлелденді.

Негізгі сөздер: ешкі еті, ферментация, стартер культуралар, қызылша, розмарин, физика-химиялық көрсеткіштер, су белсенділігі, органолептика, текстура, нитриттер.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ПРОДУКТА ИЗ КОЗЛЯТИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАРТЕРНЫХ КУЛЬТУР И НАТУРАЛЬНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ

З.Н. ТЕМИРЖАНОВА*, К.С. ИСАЕВА

(Торайғыров университет, 140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64)

Электронная почта автора-корреспондента: zukhra_94g@mail.ru*

В работе представлена разработка технологии ферментированного продукта из козлятины. Стартовые культуры (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*) сочетались с натуральными функциональными добавками — порошком свёклы и розмарином. Физико-химические показатели (белок, жир, влага, соль, рН, активность воды), микробиологические параметры (общее количество микроорганизмов, *E. coli*), текстурные и органолептические характеристики исследовались на 24-м и 48-м часах ферментации и после хранения в вакуумной упаковке. Результаты показали, что порошок свёклы как природный источник нитратов повышал стабильность окраски и улучшал сенсорные качества продукта. Добавление розмарина замедляло липидное окисление, увеличивало микробиологическую устойчивость и способствовало сохранению текстуры. В образце №3 (стартерные культуры + свёкла + розмарин) зафиксировано максимальное содержание белка (22,43%) и минимальная доля жира (3,48%). В образце №1 отмечена наилучшая микробиологическая безопасность (5,9 log КОЕ/г через 48 ч, *E. coli* не обнаружена). Органолептическая оценка выявила, что образец №3 получил наивысший сенсорный индекс ($SI = 4,6$) благодаря яркому цвету и аромату, в то время как образец №1 отличался плотной консистенцией ($SI = 4,4$). В целом показано, что использование порошка свёклы и розмарина совместно со стартерными культурами позволяет производить безопасные, функциональные и конкурентоспособные мясные продукты без синтетических нитритов.

Ключевые слова: козлятина, ферментация, стартовые культуры, свёкла, розмарин, физико-химические показатели, активность воды, органолептика, текстура, нитриты.

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR FERMENTED GOAT MEAT PRODUCT USING STARTER CULTURES AND NATURAL ANTIOXIDANTS

Z.N. TEMIRZHANOVA*, K.S. ISSAYEVA

(Toraighyrov University, Kazakhstan, 140008, Pavlodar, Lomov street, 64)

Corresponding author's e-mail: zukhra_94g@mail.ru*

*This study presents the development of a technology for producing fermented products from goat meat. Starter cultures (*Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus carnosus*) were combined with natural functional additives such as beetroot powder and rosemary. Physicochemical indicators (protein, fat, salt, moisture, pH, water activity), microbiological parameters (total viable count, *E. coli*), and textural and organoleptic characteristics were analyzed during 24 and 48 hours of fermentation and after vacuum storage. The results showed that beetroot powder, as a natural source of nitrates and antioxidants, enhanced color stability and improved sensory quality. Rosemary addition slowed lipid oxidation, increased microbiological stability, and supported textural integrity. In Sample 3 (starter cultures + beetroot + rosemary), the highest protein level (22.43%) and the lowest fat content (3.48%) were recorded. Sample 1 demonstrated the best microbiological safety (5.9 log CFU/g at 48 h, no *E. coli* detected). Organoleptic evaluation confirmed that Sample 3 achieved the highest sensory index (SI = 4.6) due to bright color and aroma, while Sample 1 had a stable, dense texture (SI = 4.4). Overall, combining starter cultures with beetroot powder and rosemary proved to be an effective approach for producing safe, functional, and competitive meat products without synthetic nitrites.*

Keywords: goat meat, fermentation, starter cultures, beetroot, rosemary, physicochemical parameters, water activity, sensory evaluation, texture, nitrites.

Kіpіcne

Ешкі еті тағамдық және диеталық құндылығы жоғары өнім болып саналады. Оның құрамында жеңіл сіңірілетін ақуыздар, қанықпаған май қышқылдары, темір, фосфор, калий және В тобы дәрумендері мол, ал холестерин мөлшері төмен [1,2]. Осыған байланысты ешкі еті салауатты өмір салтын ұстанатын тұтынушылар арасында ерекше сұранысқа ие. Дегенмен, оның технологиялық тұрақтылығы шектеулі: қанықпаған май қышқылдарының және миоглобиннің көп болуы липидтік және ақуыздық тотығу процестерін жылдамдатады, нәтижесінде еттің табиғи түсі өзгереді, дәмдік және иістік сапасы нашарлайды, сақтау мерзімі қысқарады [3].

Ет өнімдерінің сапасын сақтау мақсатында тоңазыту, тұздау, модификацияланған атмосферада қаптау, жоғары қысыммен өңдеу, сәулелендіру сияқты әдістер қолданылады [4–7]. Алайда бұл технологиялар қымбат жабдықты қажет етеді және өнімнің сенсорлық қасиеттеріне кері әсер етуі мүмкін. Осыған орай консерванттарды қолдану қолжетімді әрі тиімді әдіс ретінде қалыптасқан. Дәстүрлі консерванттар – натрий нитриті мен нитраттары – өнімнің түсін тұрақтандырып, *Clostridium botulinum* сияқты қауіпті микроорганизмдердің өсуін тежейді және тотығу процестерін баяулатады [8]. Бірақ нитриттердің артық мөлшері адам денсаулығына зиянды N-нитрозаминдердің түзілуіне себеп болуы мүмкін,

олар канцерогендік және генотоксикалық қасиеттерге ие [9,10]. 2010 жылы Халықаралық қатерлі ісік агенттігі (IARC) нитраттар мен нитриттерді «ықтимал канцерогендер» (2А топ) қатарына енгізді [11].

Осы факторлар синтетикалық қоспаларды табиғи баламалармен алмастыру қажеттілігін арттырды. Соңғы жылдары өсімдік текті табиғи ингредиенттердің (розмарин, тимьян, орегано, жасыл шай, жүзім сығындысы, жеміс-жидек ұнтақтары) антиоксиданттық және анти-микробтық қасиеттері белсенді түрде зерттелуде [12,13]. Сонымен қатар, Узаков және әріптестері (2019) жылқы етінен «Қанағат» ұлттық ет өнімін биотехнологиялық әдіспен жетілдіруде табиғи антиоксиданттарды (годжи жидегі экстракты мен қарақұмық ұны) қолданудың тиімділігін дәлелдеді. Зерттеу нәтижелері мұндай тәсілдің өнімнің тотығу тұрақтылығын арттырып, органолептикалық сапасын жақсартатынын көрсетті [23]. Әсіресе қызылша ұнтағы ерекше назарға ие, себебі ол табиғи нитрат көзі ғана емес, сонымен қатар беталаиндер мен фенолдық қосылыс-тардың арқасында қосымша антиоксиданттық әсер көрсетеді [14,15].

Биотехнологиялық тәсілдердің ішінде етті ферментациялау маңызды орын алады. Ферментация барысында қолданылатын стартерлік культуралар өнімнің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етіп қана қоймай, рН деңгейін төмендетіп, липолиз және протеолиз процестерін белсендендіреді, хош иіс пен дәм

калыптастырады, биогендік аминдердің түзілуін шектейді [1,9,16]. Сонымен қатар, LAB штамдары синтетикалық нитриттердің мөлшерін азайтып, табиғи нитраттардың нитритке биотрансформациясын күшейтеді, нәтижесінде нитрозаминдер түзілу қаупін төмендетеді [2,17].

Қазақстандық ғалымдар да осы бағытта бірқатар зерттеулер жүргізуде. Мәселен, Ахметова мен Машанова ешкі етін өсімдік текті қоспалармен үйлестіріп өңдеудің сапаға әсерін зерттеп, оның тағамдық және органолептикалық қасиеттерін жақсартуға болатынын дәлелдеді [20]. Казыбаева және әріптестері ешкі етінен деликатес өнім өндіріп, оның биологиялық құндылығын бағалады, нәтижесінде бұлшықет ақуызының жоғары биологиялық тиімділігі анықталды [21]. Таева және әріптестері ет өнімдерінде стартерлік культураларды биотехнологиялық тұрғыда қолданудың тиімділігін көрсетіп, олардың нитраттарды қалпына келтіру және пробиотикалық белсенділігін сипаттады [22]. Сонымен бірге, Орынбеков пен әріптестері ферменттік препараттарды пайдалану арқылы ет құрылымын жұмсартудың тиімділігін көрсетсе [23], Рыспаева мен Байтукенова стартерлік мәдениеттерді пайдалану нәтижесінде шұжық өнімдерінің аминқышқылдық құрамы мен органолептикалық сапасының артқанын дәлелдеді [24, 25].

Осыған байланысты ешкі етін өңдеуде стартерлік мәдениеттерді табиғи антиоксиданттармен және өсімдік текті нитрат көздерімен үйлестіріп қолдану – өнімнің сақтау тұрақтылығын арттырудың, органолептикалық қасиеттерін жақсартудың және тұтынушылардың «таза жапсырма» (clean label) талаптарына жауап берудің ғылыми тұрғыдан негізделген жолы болып табылады [18, 19].

Осы зерттеудің мақсаты – ешкі етінен ферменттелген өнім өндіру технологиясын жетілдіру. Бұл үшін стартерлік мәдениеттер (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*), табиғи антиоксидант ретінде розмарин және табиғи нитрат көзі ретінде қызылша ұнтағы қолданылды. Мұндай кешенді тәсіл ешкі етінің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, тотығу процестерін баяулатуға, сақтау мерзімін ұзартуға және дайын өнімнің сенсорлық сапасын арттыруға бағытталған.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде ешкінің мойын-жауырын бөлігі алынды. Бұл бөлік жоғары ақуыз мөлшерімен және орташа майлылығымен ерекшеленеді. Ақуыздың жоғары концентрациясы бұл етті ферменттелген өнімдер өндірісі үшін

перспективалы етсе, тығыз бұлшықет талшықтары қосымша технологиялық өңдеуді қажет етті. Ет артық май мен дәнекер тіндерден тазартылып, массасы 400–460 г кесектерге бөлінді.

Экспериментте «Ем Колбаски» фирмасының (Италия) дайын стартерлік культурасы «Стартер Флора» қолданылды, оның құрамына *Lactobacillus sakei* және *Staphylococcus carnosus* штамдары енеді. Бұл микроорганизмдер ферментация барысында рН деңгейін төмендетіп, липолиз және протеолиз процестерін белсендендіріп, дәм мен хош иісті қалыптастырып, патогенді микрофлораның өсуін тежеу қабілетімен сипатталады [Laranjo et al., 2019; Talon & Leroy, 2017]. Қосымша ингредиенттер ретінде қызылша ұнтағы мен розмарин пайдаланылды. Қызылша ұнтағы зертханалық жағдайда дайындалып, шикізат жуылып, 50–55 °С температурада кептіргіш шкафта 12 сағат кептірілді, кейін ұнтақталды. Розмарин құрғақ ұнтақ түрінде қолданылды. Стартерлік мәдениеттер ферментация алдында табиғи субстраттарда инкубацияланды: екінші үлгіде – қызылша ұнтағы бар ортада, үшінші үлгіде – қызылша ұнтағы мен розмарин қосылған ортада. Инкубация су моншасында 37–40 °С температурада 1–1,5 сағат бойы жүргізіліп, стартерлік мәдениеттер белсенділігінің алғашқы белгілері пайда болғанға дейін жалғастырылды [Da Silva et al., 2024; Nguyen et al., 2024]. Бұл тәсіл LAB-тың табиғи нитраттарды нитритке биотрансформациялау қабілетін күшейтуге бағытталды.

Мясницкий тұзының құрамында 0,6 % натрий нитриті болғандықтан, ол синтетикалық консервант ретінде қарастырылды. Бұл қоспа дәстүрлі түрде ет өнімдерінде түс тұрақтандыру, тотығуды баяулату және *Clostridium botulinum* өсуін тежеу үшін қолданылады [Majou & Christieans, 2018; Flores & Toldrá, 2020]. Дегенмен, нитриттердің артық мөлшері адам ағзасында канцерогенді N-нитрозаминдердің түзілуіне әкелуі мүмкін [IARC, 2010]. Осыған байланысты зерттеуде синтетикалық нитрит мөлшерін шектеу және оны табиғи көздерден алынған нитраттармен алмастырудың тиімділігі қарастырылды.

Ингредиенттер үлгілерге қолмен енгізіліп, беткі қабат бойынша біркелкі таратылды. Дайындалғаннан кейін үлгілер +4 °С температурада 18 сағат бойы пісіп-жетілді. Ферментация 32 °С температурада 48 сағат жүргізіліп, аралық бақылау 24 сағатта жүзеге асырылды. Ферментациядан кейін №1 және №3

үлгілер вакуумдық қаптамада $+4^{\circ}\text{C}$ температурада 15 тәулік сақталды. №2 үлгі вакуумдық қаптамаға салынған жоқ, себебі қызылша ұнтағы ғана қосылған жағдайда айқын қышқыл иіс байқалды. Ал розмариннің қосылуы қышқылдықты жұмсартып, дайын өнімнің хош иісін жақсартатыны тәжірибе барысында дәлелденді.

Ферментациядан кейін әр үлгіден ет кесіліп алынып, ет тартқышта тартылды. Эксперимент барысында үлгілердің ылғал, ақуыз, май және тұздың массалық үлесі, яғни физика-химиялық көрсеткіштер Шәкәрім университетінің тағам технологиясы кафедрасы, профессор Әмірханов Қ.Ж. атындағы зертханада. *Инфраллюм ФТ-12 БИК* (Ресей) құрылғысында анықталды. Су белсенділігі *Water Activity Meter HD-6* (Қытай) құрылғысында өлшенді. рН деңгейі *pH-meter «pH-150M»* (Россия) аспабында анықталды.

Үлгілердің жалпы микрофлорасы мен *E. coli*-дің болуы классикалық егу әдісі арқылы анықталды. ГРМ-агар коректік ортасы нұсқаулыққа сәйкес дайындалып, автоклавта 121°C -та 15 минут зарарсыздандырылды, Петри табақшаларына құйылып, $45-50^{\circ}\text{C}$ температурада қолданылды. Зерттеу үшін 10 г еттен бастапқы

суспензия дайындалып, пептонды суда ондық сұйылтулар жасалды. Әр сұйылту көлемі 0,1 мл мөлшерде Петри табақшаларына себіліп, $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ температурада инкубацияланды.

Жалпы мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер (КМАФАнМ) 24–48 сағаттан кейін есептелді. Колония саны 25–250 аралығында болған табақшалар есепке алынды. Нәтижелер КОЕ/г және $\log$ КОЕ/г түрінде берілді. Барлық талдау МЕМСТ 10444.15–94 және МЕМСТ 10444.2–94 талаптарына сәйкес жүргізілді.

Органолептикалық бағалау бес балдық шкала бойынша дегустациялық комиссиямен жүргізілді. Сенсорлық көрсеткіштер түс, дәм, иіс және консистенцияны қамтыды, нәтижелері сенсорлық индекс (SI) арқылы есептелді. Бағалау әдістемесі МЕМСТ 9959–2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» стандартына сәйкес жүргізілді. Текстуралық сипаттамалар СТ-2 құрылғысында (Brookfield, АҚШ) анықталды, бұл ретте максималды сығылу күші мен вариация коэффициенті тіркелді.

Зерттеу барысында үш үлгі дайындалды (Кесте 1).

Кесте 1. Зерттеу үлгілерін өңдеу ерекшеліктері

Үлгі №	Ет массасы	Стартерлік культура (<i>L. sakei</i> , <i>S. carnosus</i>)	Қосымша ингредиенттер (% массасына шаққанда)
1	450 г	0,7 %	Мясницкий тұзы – 3 %; Ас тұзы – 4 %; Розмарин – 0,5 %
2		0,7 %	Қызылша ұнтағы – 3 %; Ас тұзы – 4 %
3		0,7 %	Қызылша ұнтағы – 3 %; Розмарин – 0,5%; Ас тұзы – 4 %

Нәтижелер және оларды талқылау

Бастапқы физика-химиялық талдау нәтижелері ешкінің мойын-жауырын бөлігінде ақуыз – 19,88 %, ылғал – 67,73 %, май – 5,65 %, тұз – 1,17 %, рН – 5,7–6,0 және су белсенділігі – 0,489 деңгейінде болғанын көрсетті. Бұл деректер бастапқы шикізаттың жоғары тағамдық құндылығын дәлелдейді және ферментация процесінде жүретін өзгерістерді салыстыру үшін негіз ретінде алынды.

Ферментацияның 24 және 48 сағатында үлгілердің рН деңгейі, су белсенділігі (a_w) және физико-химиялық көрсеткіштердің бастапқы мәндермен салыстырғандағы өзгерістері тіркелді (2,3 кесте). рН динамикасы

бойынша ең айқын өзгеріс екінші үлгіде анықталды: бастапқы 6,0 деңгейінен 48 сағатта 5,3-ке дейін төмендеді, бұл сүтқышқылды бактериялардың белсенді метаболизміне дәлел болды. Үшінші үлгіде рН салыстырмалы тұрақты қалыпта 5,7 деңгейінде сақталса, бірінші үлгіде 24 сағатта уақытша 6,2-ге дейін көтеріліп, кейін 48 сағатта 5,9-ға дейін төмендеді. Су белсенділігі (a_w) динамикасы үлгілер арасында айтарлықтай айырмашылық көрсетті: бірінші үлгіде a_w 0,46-дан 0,45-ке дейін төмендеді, екінші үлгіде 0,48-ден 0,50-ге дейін сәл артты, ал үшінші үлгіде айқын өсім байқалып, 0,47-ден 0,65-ке дейін жетті. Мұндай жағдай өнімнің сақтау тұрақтылығына теріс әсер етуі мүмкін (Кесте 2).

Кесте 2. Ферментация процесіндегі рН және су белсенділігінің динамикасы

Үлгі №	рН			Aw		
	(бастапқы)	(24 сағ)	(48 сағ)	(бастапқы)	(24 сағ)	(48 сағ)
1	5,7	6,2	5,9	0,46	0,46	0,45
2	6,0	5,6	5,3	0,48	0,49	0,50
3	5,7	5,7	5,7	0,47	0,58	0,65

Ферментацияның 24 және 48 сағатынан кейінгі физика-химиялық көрсеткіштер үлгілер арасындағы, сондай-ақ бастапқыда ешкінің мойын-жауырын бөлігінде анықталған мәндермен салыстырғанда, айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетті (Кесте 3). Бірінші үлгіде ақуыз деңгейі жоғары күйінде сақталып, тұз мөлшері жеткілікті деңгейде тұрақты болды, бұл өнімнің жақсы микробиологиялық тұрақтылығын және айқын дәмін қамтамасыз етті. Екінші үлгіде салыстырмалы түрде тұз

концентрациясының төмен болуымен қатар май үлесінің жоғарылауы тіркелді, бұл дәмді жұмсартқанымен, хош иістің қарқындылығын төмендетіп, сенсорлық сипатта-маларға әсер етті. Үшінші үлгіде 48 сағатта ақуыз мөлшерінің айтарлықтай артуы (22,43%-ға дейін) және май үлесінің төмендеуі (3,48%) байқалды. Бұл үлгіні төмен калориялы әрі жоғары тағамдық құндылығы бар диеталық өнім алу үшін болашағы зор нұсқа ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Кесте 3. Ешкі етінің (мойын-жауырын бөлігі) бастапқы және 24, 48 сағаттық ферментациядан кейінгі физикалық-химиялық көрсеткіштері

Үлгі	Уақыт	Ақуыз (%)	Ылғал (%)	Май (%)	Тұз (%)
Ешкі еті	0 сағ	19,88	67,73	5,65	1,17
1	24 сағ	20,25	59,84	7,56	4,43
	48 сағ	20,15	57,48	11,27	4,72
2	24 сағ	18,06	64,60	10,57	2,94
	48 сағ	18,78	62,99	10,69	3,01
3	24 сағ	18,61	68,37	9,72	3,08
	48 сағ	22,43	67,06	3,48	2,60

Микробиологиялық талдау барысында дайындалған үлгілердің жалпы санитарлық жағдайы қанағаттанарлық деңгейде болды.

ГРМ-агарға егу әдісі арқылы алынған деректер үлгілердің микробиологиялық тұрақтылығы әртүрлі екенін көрсетті (Кесте 4).

Кесте 4. 48 сағаттық ферментациядан кейінгі үлгілердің микробиологиялық көрсеткіштері

Үлгі №	Жалпы микроорганизмдер саны, log КОЕ/г	<i>E. coli</i> анықталуы
1	5,9 ± 0,05	Анықталған жоқ
2	6,2 ± 0,04	Анықталған жоқ
3	6,5 ± 0,06	Анықталған жоқ

Сапа стандарттарына сәйкес (МЕМСТ 10444.15–94, МЕМСТ 10444.2–94), өнімнің санитарлық қауіпсіздігі үшін ішек таяқшасы тобының бактериялары (*coli-forms*) және *E. coli* анықталмауы тиіс. Біздің зерттеу нәтижелері бойынша барлық үлгілерде *E. coli* табылмады, бұл санитарлық-гигиеналық талаптардың сақталғанын дәлелдейді. Сонымен қатар, жалпы микрофлора деңгейінің айырмашылықтары ингредиенттердің құрамына және ферментация динамикасына байланысты екені анықталды.

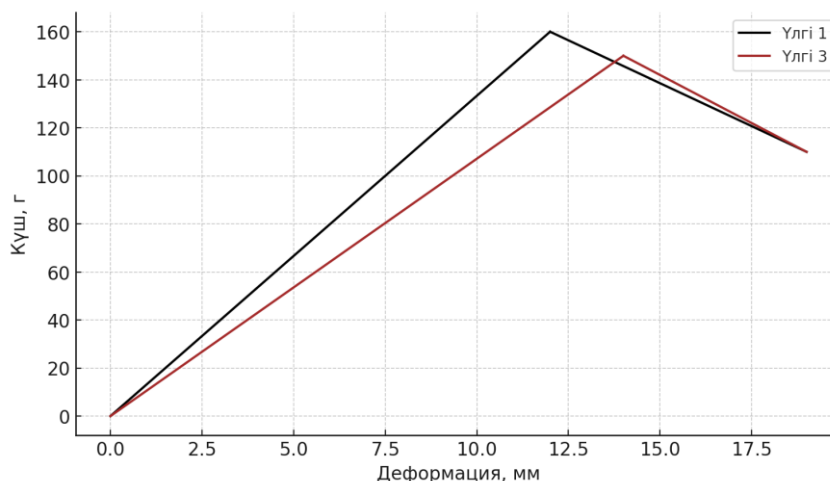
Органолептикалық бағалау нәтижелері үлгілердің сенсорлық қасиеттерінде айтарлықтай айырмашылық бар екенін көрсетті. Органолептикалық бағалау нәтижелері бойынша ең жоғары сенсорлық индекс ($SI = 4,6$) 3-үлгіде тіркелді, бұл оның айқын түсі мен қанық хош иісіне байланысты болды. Алайда бұл үлгінің текстуралық тұрақтылығы салыстырмалы түрде төмен болды. 1-үлгіде сенсорлық индекс $SI = 4,4$ деңгейінде болып, консистенциясы тығыз әрі біртекті болды, бұл оны технологиялық

тұрғыдан неғұрлым теңгерімді үлгіге айналдырды.

Сапалық сипаттамаларды талдағанда, 48 сағаттық ферментацидан кейін 1-үлгі жағымды иісімен ерекшеленсе, 2-үлгіде қышқыл иіс пен қышқылдау дәм сезілді. Ал 3-үлгіде айқын хош иіс байқалып, өнімнің органолептикалық тартымдылығын арттырды.

Текстуралық талдау нәтижелері үлгілердің сығылу кезіндегі механикалық қасиеттерін анық

көрсетті. 1-үлгіде максималды жүктеме 168 г деңгейінде тіркеліп, бұл оның құрылымының тығыз әрі механикалық тұрғыдан тұрақты екенін дәлелдейді. 3-үлгіде бұл көрсеткіш 153 г құрап, салыстырмалы түрде төмен нәтиже көрсетті. Орташа мән 160,5 г, ал вариация коэффициенті 4,7 % деңгейінде болды, бұл алынған деректердің жоғары сенімділігін растайды (Сурет 1).



Сурет 1. Текстуралық талдау нәтижелері

Графиктен көрініп тұрғандай, 1-үлгінің қисығы біртіндеп жоғары өрлеп, сығылуға қарсыласу қабілетінің жоғары екендігін байқатады. Ал 3-үлгінің сызығы салыстырмалы түрде төмен траектория көрсетіп, құрылымының жұмсақтығын және аздап серпімді екенін білдіреді. Бұл деректер органолептикалық талдау нәтижелерімен де сәйкес келеді: 1-үлгі тығыз әрі біртекті консистенцияға ие болса, 3-үлгіде шырындылығы жоғары болғанымен, құрылымдық беріктігі төмендеу.

Үлгілерді кешенді бағалау нәтижесінде органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштердің жиынтығы бойынша ең оңтайлысы 1-үлгі екені анықталды. Ол жоғары сапаны, төмен су белсенділігін, тұрақты рН деңгейін және жақсы қауіпсіздік

көрсеткіштерін үйлестірді. 3-үлгі органолептикалық тұрғыдан қызығушылық тудырғанымен, оның тұрақтылығын арттыру үшін су белсенділігін төмендету қажет болды.

Ферментацияның 48 сағатынан кейін 1 және 3-үлгілер вакуумдық қаптамаға салынып, +4 °C температурада 15 тәулік сақталды. 2-үлгі вакуумдалған жоқ, себебі тек қызылша ұнтағы қолданылған жағдайда айқын қышқыл иіс пайда болды. Сақтау нәтижесінде 1-үлгі тығыз құрылымын және жағымды иісін сақтап қалды, оның көрсеткіштері: $a_w = 0,53$, $pH = 6,1$ болды. 3-үлгіде керісінше ылғалдырақ консистенция байқалды ($a_w = 0,61$), $pH = 5,4$, түсі қанығырақ болғанымен, сақтау кезінде тұрақтылығы төмендеді (Кесте 5).

Кесте 5. Вакуумдық сақтауда 15 тәуліктен кейінгі көрсеткіштер

Көрсеткіштер	Үлгі 1	Үлгі 3
Ақуыз, %	23,13	17,45
Ылғал, %	59,13	57,49
Май, %	7,42	17,36
Тұз, %	4,66	3,30
a_w	0,53	0,61
pH	6,1	5,4

Осылайша, зерттеу нәтижелері стартерлік культуралардың комбинациясы, мясницкий тұзы және розмариннің бірге қолданылуы ешкі етінен алынған ферменттелген өнімнің сапасын оңтайлы деңгейде қамтамасыз ететінін көрсетті. Ал мясницкий тұзын қызылша ұнтағымен алмастыру су белсенділігін тұрақтандыру және сақтау мерзімін ұзарту үшін технологиялық режимді қосымша оңтайландыруды талап етеді.

Қорытынды

1 және 3 үлгілерді салыстырмалы талдау ешкі етінің (мойын-жауырын бөлігі) ферменттелген деликатесінің сапасына әртүрлі ингредиенттердің ықпалын бағалауға мүмкіндік берді. Мясницкий тұзы қолданылған 1-үлгі тұрақты рН (6,1) мәнімен, төмен су белсенділігімен (0,53), түс тұрақтылығымен және тығыз құрылымымен ерекшеленді. Оның органолептикалық сипаттамаларына құрғақ консистенция, жағымды иіс және тұрақты сыртқы түр жатты. Текстуromетриялық талдау нәтижесінде қысу кезіндегі максималды жүктеме 168 г болды, бұл үлгінің құрылымдық тығыздығын дәлелдеді. Вариация коэффициенті 4,7 % құрап, алынған деректердің қайталанымдылығын растады.

3-үлгіде табиғи ингредиенттер — қызылша ұнтағы мен розмарин стартерлік мәдениеттермен (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*) бірге қолданылды. Бұл үлгіде су белсенділігінің оңтайлы деңгейі (0,61), рН 5,4, қанық қызыл түс және шырындырақ консистенция байқалды. Қаттылығы төмен болғанымен (максималды жүктеме 153 г), құрылымы біртекті, ал дәмі мен хош иісі айқын әрі тартымды болды. Бұл органолептикалық көрсеткіштердің жақсарғанын, бірақ текстуралық тығыздықтың сәл төмендегенін көрсетті. Өнімнің визуалды және сенсорлық қасиеттері дегустациялық комиссия тарапынан оң қабылданды.

Осылайша, табиғи ингредиенттер — қызылша ұнтағы мен розмарин сығындысы, сүтқышқылды бактериялармен бірге қолданылған жағдайда, өнімнің тұтынушылық қасиеттерін жақсартты. Алайда микробиологиялық қауіпсіздік және текстуралық тұрақтылық тұрғысынан мясницкий тұзы қосылған өнім анағұрлым сенімді болып қала береді.

Табиғилық, дәм және өнім қауіпсіздігі арасындағы тепе-теңдікке қол жеткізу үшін келесі кезеңде қызылша ұнтағының оңтайлы пропорцияларын (2%, 3%, 5%) анықтау ұсынылады, бұл оның консерванттық

қасиеттерін күшейтуге және сақтау тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, қызылша ұнтағы, розмарин және *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus* негізіндегі стартерлік мәдениеттерді қолдану ешкі етінен алынатын ферменттелген деликатестің жаңа технологиясын жасауға жол ашады. Бұл технология қазіргі тұтынушылардың табиғилыққа, функционалдылыққа және жоғары органолептикалық сапаға деген сұраныстарына толық сәйкес келеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Bošković M, Šojić B, Petrović L, et al. The role of lactic acid bacteria in meat fermentation. *Food Technol Biotechnol*. 2017;55(4):518–530.
2. Laranjo M, Potes ME, Elias M. Role of starter cultures on the safety of fermented meat products. *Front Microbiol*. 2019;10:853.
3. Domínguez R, et al. Effect of storage time on physicochemical and sensory properties of cooked meat. *Foods*. 2019;8(11):495.
4. Gagaoua M, et al. Advances in meat preservation using emerging technologies. *Meat Sci*. 2021;181:108607.
5. Gagaoua M, et al. Innovative approaches to prolong meat shelf life. *Trends Food Sci Technol*. 2022;119:240–252.
6. Lamri M, et al. Modified atmosphere packaging and storage of meat products: A review. *Food Packag Shelf Life*. 2021;29:100721.
7. Ren X, et al. High pressure treatment for meat preservation: A review. *J Food Sci Technol*. 2021;58(2):389–397.
8. Majou D, Christieans S. Mechanisms of action of nitrite in curing of meat products. *Meat Sci*. 2018;145:273–284.
9. Flores M, Toldrá F. Chemistry, safety, and regulatory considerations of nitrites and nitrates in meat products. *Meat Sci*. 2020;163:108085.
10. Aro A, Nyam-Osor P, Tsuji K, et al. The role of LAB starter cultures on the quality and safety of fermented meat products. *Food Sci Technol Res*. 2010;16(3):233–238.
11. IARC. Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: WHO; 2010.
12. Pisoschi AM, Pop A, Georgescu C, et al. An overview of natural antimicrobials' role in food. *Eur J Med Chem*. 2018;143:922–935.
13. López C, Saraiva JA, Aubourg SP, et al. Application of non-thermal atmospheric plasma for meat preservation: A review. *Meat Sci*. 2019;147:108–120.
14. Da Silva DC, et al. Natural nitrate sources in meat fermentation: Functional role and consumer perception. *Food Chem*. 2024;426:137155.

15. Nguyen MH, et al. Application of beetroot in meat fermentation as a natural nitrate and antioxidant source. *J Food Sci Technol*. 2024;61(3):1452–1462.
 16. Talon R, Leroy S. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Sci*. 2017;137:275–279.
 17. Silva CC, Silva SP, Ribeiro SC. Application of bacteriocins and protective cultures in dairy food preservation. *Front Microbiol*. 2018;9:594.
 18. Egan M, Doran G, Ross RP, Hill C. A review: bacterial stress response during food fermentation. *Int J Food Microbiol*. 2016;220:17–25.
 19. Gálvez A, Abriouel H, López RL, Omar NB. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol*. 2007;120(1-2):51–70.
 20. Ахметова В.Ш., Машанова Н.С. Совершенствование технологии мясного продукта на основе козьего мяса с растительными компонентами. //Вестник С. Сейфуллин атындағы ҚАТУ. 2021;2:45–52.
 21. Kazhybayeva G, Agibayeva A, Kuderinova N, Zhumanova G, Bakirova L. Development of technology and assessment of nutritional value of a delicacy goat meat product. *Int J Innov Technol Explor Eng*. 2019;8(5):239–242.
 22. Таева А.М., Орынбеков Д.Р., Жуманова Г.Т., Асенова Б.К. Функциональные стартовые культуры для мяса: исследование технологической и пробиотической характеристики. //Вестник Алматинского технологического университета. 2024;3:129–135.
 23. Орынбеков Д.Р., Жуманова Г.Т., Асенова Б.К. Биотехнологические методы повышения качества мясного сырья с использованием ферментных препаратов. //Вестник Шәкәрім университеті. 2020;2:112–118.
 24. Рыспаева У.А., Байтуkenова Б.Т. Применение заквасочных культур в технологии мясных изделий. // Вестник АТУ. 2022;1:75–82.
 25. Байтуkenова Б.Т., Рыспаева У.А., Орынбеков Д.Р. Использование пропионкислых бактерий в технологии колбасных изделий. // Вестник АТУ. 2022;2:66–72.
 26. Узаков Я.М., Калдарбекова М.А., Акилова Ф.Е. Повышение качества национального мясного продукта нового поколения. //Вестник Алматинского технологического университета. 2019;4:61–65.
 27. Talon R, Leroy S. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Sci*. 2017;137:275–279.
 28. Da Silva DC, et al. Natural nitrate sources in meat fermentation: Functional role and consumer perception. *Food Chem*. 2024;426:137155.
 29. Nguyen MH, et al. Application of beetroot in meat fermentation as a natural nitrate and antioxidant source. *J Food Sci Technol*. 2024;61(3):1452–1462.
 30. Majou D, Christeians S. Mechanisms of action of nitrite in curing of meat products. *Meat Sci*. 2018;145:273–284.
 31. Flores M, Toldrá F. Chemistry, safety, and regulatory considerations of nitrites and nitrates in meat products. *Meat Sci*. 2020;163:108085.
- ### REFERENCES
1. Bošković M, Šojić B, Petrović L, et al. The role of lactic acid bacteria in meat fermentation. *Food Technol Biotechnol*. 2017;55(4):518–530.
 2. Laranjo M, Potes ME, Elias M. Role of starter cultures on the safety of fermented meat products. *Front Microbiol*. 2019;10:853.
 3. Domínguez R, et al. Effect of storage time on physicochemical and sensory properties of cooked meat. *Foods*. 2019;8(11):495.
 4. Gagaoua M, et al. Advances in meat preservation using emerging technologies. *Meat Sci*. 2021;181:108607.
 5. Gagaoua M, et al. Innovative approaches to prolong meat shelf life. *Trends Food Sci Technol*. 2022;119:240–252.
 6. Lamri M, et al. Modified atmosphere packaging and storage of meat products: A review. *Food Packag Shelf Life*. 2021;29:100721.
 7. Ren X, et al. High pressure treatment for meat preservation: A review. *J Food Sci Technol*. 2021;58(2):389–397.
 8. Majou D, Christeians S. Mechanisms of action of nitrite in curing of meat products. *Meat Sci*. 2018;145:273–284.
 9. Flores M, Toldrá F. Chemistry, safety, and regulatory considerations of nitrites and nitrates in meat products. *Meat Sci*. 2020;163:108085.
 10. Aro A, Nyam-Osor P, Tsuji K, et al. The role of LAB starter cultures on the quality and safety of fermented meat products. *Food Sci Technol Res*. 2010;16(3):233–238.
 11. IARC. Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: WHO; 2010.
 12. Pisoschi AM, Pop A, Georgescu C, et al. An overview of natural antimicrobials' role in food. *Eur J Med Chem*. 2018;143:922–935.
 13. López C, Saraiva JA, Aubourg SP, et al. Application of non-thermal atmospheric plasma for meat preservation: A review. *Meat Sci*. 2019;147:108–120.
 14. Da Silva DC, et al. Natural nitrate sources in meat fermentation: Functional role and consumer perception. *Food Chem*. 2024;426:137155.
 15. Nguyen MH, et al. Application of beetroot in meat fermentation as a natural nitrate and antioxidant source. *J Food Sci Technol*. 2024;61(3):1452–1462.
 16. Talon R, Leroy S. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Sci*. 2017;137:275–279.

17. Silva CC, Silva SP, Ribeiro SC. Application of bacteriocins and protective cultures in dairy food preservation. *Front Microbiol.* 2018;9:594.
18. Egan M, Doran G, Ross RP, Hill C. A review: bacterial stress response during food fermentation. *Int J Food Microbiol.* 2016;220:17–25.
19. Gálvez A, Abriouel H, López RL, Omar NB. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol.* 2007;120(1-2):51–70.
20. Akhmetova V.Sh., Mashanova N.S. Sovershenstvovanie tekhnologii myasnogo produkta na osnove kozego myasa s rastitelnymi komponentami [Improvement of technology of goat meat product with plant components]. *Vestnik S. Seifullin ATU.* 2021;2:45–52. (In Russian)
21. Kazhybayeva G, Agibayeva A, Kuderinova N, Zhumanova G, Bakirova L. Development of technology and assessment of nutritional value of a delicacy goat meat product. *Int J Innov Technol Explor Eng.* 2019;8(5):239–242.
22. Taeva A.M., Orynbeckov D.R., Zhumanova G.T., Asenova B.K. Funktsionalnye startovye kultury dlya myasa: issledovanie tekhnologicheskoi i probioticheskoi kharakteristiki [Functional starter cultures for meat: study of technological and probiotic characteristics]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta.* 2024;3:129–135. (In Russian)
23. Orynbeckov D.R., Zhumanova G.T., Asenova B.K. Biotekhnologicheskie metody povysheniya kachestva myasnogo syrya s ispolzovaniem fermentnykh preparatov [Biotechnological methods of improving the quality of meat raw materials using enzyme preparations]. *Vestnik Shakarim universiteta.* 2020;2:112–118. (In Russian)
24. Ryspaeva U.A., Baitu kenova B.T. Primenenie zakvasochnykh kultur v tekhnologii myasnykh izdelii [Application of starter cultures in the technology of meat products]. *Vestnik ATU.* 2022;1:75–82. (In Russian)
25. Baitu kenova B.T., Ryspaeva U.A., Orynbeckov D.R. Ispolzovanie propionkislykh bakterii v tekhnologii kolbasnykh izdelii [Use of propionic acid bacteria in sausage technology]. *Vestnik ATU.* 2022;2:66–72. (In Russian)
26. Uzakov Ya.M., Kaldarbekova M.A., Akilova F.E. Povyshenie kachestva natsionalnogo myasnogo produkta novogo pokoleniya [Improving the quality of the new generation national meat product]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta.* 2019;4:61–65. (In Russian)
27. Talon R, Leroy S. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Sci.* 2017;137:275–279.
28. Da Silva DC, et al. Natural nitrate sources in meat fermentation: Functional role and consumer perception. *Food Chem.* 2024;426:137155.
29. Nguyen MH, et al. Application of beetroot in meat fermentation as a natural nitrate and antioxidant source. *J Food Sci Technol.* 2024;61(3):1452–1462.
30. Majou D, Christieans S. Mechanisms of action of nitrite in curing of meat products. *Meat Sci.* 2018;145:273–284.
31. Flores M, Toldrá F. Chemistry, safety, and regulatory considerations of nitrites and nitrates in meat products. *Meat Sci.* 2020;163:108085.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ

С.У. ЕРКЕБАЕВА , А.М. ТАСПОЛАТОВА* 

(Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М. Ауэзова, 160000,
Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке Хана, 5)

Электронная почта автора-корреспондента: lmh.chlmh@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования влияния инфракрасной сушки на сохранность биологически активных веществ и минеральных элементов в бахчевых культурах — арбузе сорта «Асар», дыне сорта «Колхозница» и тыкке сорта «Афродита», выращенных в условиях юга Казахстана. Определены основные показатели химического состава до и после сушки: содержание сухих веществ, общих сахаров, витамина С, ликопина, β-каротина и фенольных соединений, пересчитанные на сухое вещество. Установлено, что степень сохранности фенольных соединений составила 88–93%, β-каротина – 86–87%, витамина С – 75–80%, что свидетельствует о щадящем характере инфракрасной сушки и высокой сохранности антиоксидантных компонентов. Дополнительно исследован минеральный состав высушенного растительного сырья. Показано, что арбуз, дыня и тыква сохраняют значительные количества макро- и микроэлементов (K, Ca, Mg, Fe, Zn), при этом концентрация минералов в пересчёте на сухое вещество возрастает в 6–10 раз по сравнению со свежими образцами вследствие удаления влаги. Результаты исследования демонстрируют, что инфракрасная сушка является эффективным методом получения концентрированных и стабильных по составу порошков из бахчевых культур, сохраняющих биологически ценное и минеральное сырьё. Полученные данные могут быть использованы при разработке технологий функциональных пищевых продуктов и натуральных ингредиентов на основе местного растительного сырья Казахстана.

Ключевые слова: арбуз, дыня, тыква, инфракрасная сушка, бахчевые культуры, температура, биоактивные вещества, макроэлементы, микроэлементы.

STUDY OF CHANGES IN PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MELON CROPS UNDER INFRARED DRYING CONDITIONS

S. U. YERKEBAYEVA, A.M. TASPOLATOVA*

(M. Auezov South Kazakhstan Research University, 160000, Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5)

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

This paper presents the results of a study examining the effect of infrared drying on the preservation of biologically active substances and minerals in melons—watermelon of the 'Asar' variety, melon of the 'Kolkhoznitsa' variety, and pumpkin of the 'Aphrodite' variety—grown in southern Kazakhstan. Key chemical composition parameters were determined before and after drying, including dry matter content, total sugars, vitamin C, lycopene, β-carotene, and phenolic compounds, calculated on a dry matter basis. The preservation rate of phenolic compounds was found to be 88–93%, β-carotene—86–87%, and vitamin C—75–80%, demonstrating the gentle nature of infrared drying and the high preservation of antioxidant components. The mineral composition of the dried plant materials was also studied. It was shown that watermelon, melon, and pumpkin retain significant amounts of macro- and microelements (K, Ca, Mg, Fe, Zn), while the mineral concentration on a dry matter basis increases 6-10 times compared to fresh samples due to moisture removal. The study results demonstrate that infrared drying is an effective method for producing concentrated and stable powders from melons, preserving their biologically valuable and mineral components. The data obtained can be used in the development of technologies for functional foods and natural ingredients based on local plant materials from Kazakhstan.

Keywords: watermelon, melon, pumpkin, infrared drying, melons, temperature, bioactive substances, macronutrients, micronutrients.

ИНФРАҚЫЗЫЛ КЕПТІРУ ЖАҒДАЙЫНДА БАҚША ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӨЗГЕРІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

*С.У. ЕРКЕБАЕВА, А.М. ТАСПОЛАТОВА**

(М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, 160000, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы,5)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: lmh.chlmh@mail.ru*

Бұл мақалада Оңтүстік Қазақстанда өсірілетін қауындардағы биологиялық белсенді заттар мен минералдардың сақталуына инфрақызыл кептіру әсерін зерттейтін зерттеу нәтижелері берілген: қауын – «Асар» сортының қарбызы, «Колхозница» сортының қауыны және «Афродита» сортының асқабағы. Құрғақ заттың құрамы, қанттың жалпы мөлшері, С витамині, ликопен, β-каротин және фенолды қосылыстар сияқты құрғақ зат негізінде есептелген кептіру алдында және кептіруден кейін химиялық құрамның негізгі параметрлері анықталды. Фенолды қосылыстардың сақталу деңгейі 88-93%, β-каротин - 86-87% және С витамині - 75-80% болды, бұл инфрақызыл кептірудің жұмсақ сипатын және антиоксиданттық компоненттердің жоғары сақталуын көрсетеді. Кептірілген өсімдік материалдарының минералдық құрамы да зерттелді. Қарбыз, қауын және асқабақта макро- және микроэлементтердің (К, Са, Mg, Fe, Zn) айтарлықтай мөлшерін сақтайтыны, ал құрғақ зат негізіндегі минералды концентрация жаңа үлгілермен салыстырғанда ылғалды кетіру есебінен 6-10 есе артады. Зерттеу нәтижелері инфрақызыл кептіру биологиялық құнды және минералды құрамдастарын сақтай отырып, қауындардан концентрленген және тұрақты ұнтақтарды алудың тиімді әдісі екенін көрсетеді. Алынған мәліметтерді Қазақстанның жергілікті өсімдік материалдары негізінде функционалды тамақ өнімдері мен табиғи ингредиенттерінің технологияларын әзірлеуде пайдалануға болады.

Негізгі сөздер: қарбыз, қауын, асқабақ, инфрақызыл кептіру, бақша дақылдары, температура, биоактивті заттар, макронутриенттер, микроэлементтер.

Введение

Сушка пищевых продуктов является одним из наиболее эффективных методов консервирования, основанным на удалении влаги для подавления микробиологических и ферментативных процессов. Этот способ позволяет увеличить срок хранения продукции, сохранив при этом её питательные и органолептические свойства. Наиболее распространёнными методами сушки являются конвекционная, лиофильная, микроволновая и инфракрасная [1,2].

Инфракрасная сушка представляет собой метод, при котором используется инфракрасное излучение для нагрева продукта. Это позволяет быстро и эффективно удалять влагу, что сокращает время обработки и снижает вероятность потерь питательных веществ. В отличие от традиционных методов сушки, инфракрасная сушка позволяет достичь нужного эффекта при меньших температурах, что способствует сохранению питательных веществ, витаминов и минералов [3-5].

Сушка плодов бахчевых культур, таких как дыня, тыква и арбуз представляет собой важный этап в послеуборочной обработке, направленный на продление срока хранения, снижение массы при транспортировке и обеспечение микробиологической стабильности

продукции. Традиционные методы сушки, включая конвективную и солнечную, часто сопровождаются длительным временем обработки и неравномерностью высушивания, что может негативно сказываться на качестве конечного продукта.

В последние годы инфракрасная сушка привлекает внимание исследователей и производителей благодаря своей высокой энергоэффективности, сокращению времени обработки и способности сохранять питательные и органолептические свойства продуктов. Например, исследование, посвящённое инфракрасной сушке ломтиков дыни, показало, что использование средне- и коротковолнового инфракрасного излучения позволяет оптимизировать кинетику сушки и улучшить качество продукта [6]. Кроме того, комбинированные методы сушки, объединяющие инфракрасное излучение с другими технологиями, демонстрируют потенциал в повышении эффективности и сохранении качества сушёных продуктов [7,8].

Содержание воды во фруктах и овощах составляет от 60 до 98% по массе [9]. Влажность продукта является основным элементом в формировании физико-химических, биологических, питательных и органолептических свойств продукта, выступая средой для переноса и взаимодействия ионов, витаминов, сахаров,

белков, липидов и ферментов. В процессе обезвоживания структура и динамика воды существенно влияют на эффективность сушки, ход химических и биохимических реакций, а также на конечные качественные характеристики продукта [10].

Макро- и микроэлементы играют ключевую роль в поддержании нормального функционирования организма. Микроэлементы, включая железо, цинк, медь, йод и селен, играют важную роль в ферментативных реакциях, поддержании иммунной системы и гормонального баланса [11].

В данной работе впервые проведена комплексная оценка сохранности биологически активных веществ (сахаров, витамина С, ликопина, β -каротина, фенольных и минеральных веществ) в арбузе сорта «Асар», дыне сорта «Колхозница» и тыкве сорта «Афродита» после инфракрасной (ИК) сушки с пересчётом на сухое вещество. Установлены количественные закономерности изменения химического состава и сохранности нутриентов при ИК-сушке, что ранее не рассматривалось в совокупности для данных сортов бахчевых культур, выращенных в условиях юга Казахстана.

В отличие от ранее опубликованных работ, где изучалось влияние конвективной или солнечной сушки, в настоящем исследовании впервые показано, что инфракрасная сушка обеспечивает высокую степень сохранности фенольных соединений (88–93%) и β -каротина (86–87%) при незначительных потерях витамина С (20–25%), что свидетельствует о щадящем характере данного метода.

Научная новизна также заключается в том, что полученные результаты представлены в пересчёте на сухое вещество, что позволило объективно сравнить концентрационные изменения биологически активных соединений и оценить их реальную сохранность независимо от снижения влажности продукта. Такой подход даёт возможность более точно характеризовать эффективность ИК-сушки как метода мягкой дегидратации растительного сырья.

Материалы и их методы исследований

В качестве объектов исследования использовались образцы бахчевых культур, выращенных в условиях южного Казахстана (Туркестанская и Кызылординская области), отличающихся высокой солнечной инсоляцией, засушливым климатом и большими колебаниями дневных температур. Для экспериментов были отобраны сорта,

районированные и рекомендованные для возделывания в данных регионах, характеризующиеся повышенным содержанием сахаров, витаминов и биологически активных веществ, что делает их перспективными для сушки и переработки.

В исследовании использованы образцы арбуза (*Citrullus lanatus*) сорта «Асар», дыни (*Cucumis melo* L.) «Колхозница», тыквы (*Cucurbita maxima* Duch.) сорта «Афродита», распространённые в фермерских хозяйствах Туркестанской области. Выбор указанных сортов обусловлен их адаптацией к климатическим условиям юга Казахстана, высоким содержанием биологически активных веществ и широким использованием в переработке и пищевой промышленности региона. Применение этих сортов в исследовании позволяет объективно оценить влияние инфракрасной сушки на сохранность питательных и органолептических свойств типичных для региона бахчевых культур.

Методика инфракрасной сушки и физико-химических анализов.

Исследования по сушке образцов проводились в лабораторных условиях (ЮКУ имени М.Ауэзова) с использованием инфракрасной сушильной установки «Универсал СД-4» с электрическим нагревом, работающей на основе трубчатых электронагревателей (ТЭНы) с принудительной конвекцией воздуха, оснащённой системой регулирования температуры, мощности излучения и скорости подачи воздуха. Образцы бахчевых культур предварительно нарезались на пластины толщиной 5–7 мм для обеспечения равномерного обезвоживания. Сушка проводилась при температурах 45–60 °С, при интенсивности излучения 0,2–0,6 Вт/см² и скорости воздушного потока 0,5 м/с. Продолжительность процесса составляла до 10 часов в зависимости от сорта и начальной влажности сырья. Исследования физико-химических параметров были проведены по общепринятым стандартным методикам.

Методика органолептической оценки.

Органолептическая оценка проводилась по ГОСТ 8756.1–2017 «Продукты пищевые. Методы органолептической оценки» с целью определения потребительских свойств высушенных образцов арбуза сорта «Асар», дыни сорта «Колхозница» и тыквы сорта «Афродита» после инфракрасной сушки. Оценка выполнялась дегустационной комиссией из 5–7 экспертов, прошедших предварительное обучение по методике сенсорного анализа

пищевых продуктов [12]. Анализ проводили при комнатной температуре (20 ± 2 °C) при естественном рассеянном освещении, без посторонних запахов и шумов.

Результаты и их обсуждение

Исследование свежих бахчевых культур для определения оптимальной температуры сушки в инфракрасном шкафу.

Арбуз сорта «Асар» характеризуется наибольшим содержанием влаги и низкой кислотностью, что делает его наиболее чувствительным к условиям сушки. При инфракрасной сушке высокая влажность способствует интенсивному испарению влаги на начальной стадии, но может вызывать неравномерность

дегидратации без оптимизации температурного режима. Дыня сорта «Колхозница» имеет относительно высокое содержание сахаров и витамина С, что требует щадящих режимов сушки (умеренная температура, короткое время воздействия), чтобы избежать карамелизации и разрушения витаминов. Тыква сорта «Афродита» отличается наибольшим содержанием сухих веществ, пектинов и каротиноидов, что определяет её высокую питательную ценность и устойчивость к термической обработке. При инфракрасной сушке она лучше сохраняет структурно-механические свойства и цвет [13].

Таблица 1. Физико-химические свойства свежих бахчевых культур

Показатель	Арбуз «Асар»	Дыня «Колхозница»	Тыква «Афродита»
Содержание влаги, %	91,5±1,2	88,5±1,0	85,5±0,9
Содержание сахаров, %	7,3±0,4	7,4±0,5	7,0±0,4
pH	4,1±0,10	5,5±0,12	6,3±0,15

Таким образом, различия в физико-химических свойствах (табл. 1) определяют индивидуальные технологические режимы инфракрасной сушки: для арбуза – мягкий температурный градиент (45–50 °C), для дыни – сушка при 50–55 °C, для тыквы – более высокая температура (55–60 °C) с контролем остаточной влажности.

Анализ физико-химических показателей свежих и высушенных образцов бахчевых культур.

Полученные результаты о предельной влажности позволяют оценить степень испарения воды и анализировать методы

сушки в зависимости от типа бахчевой культуры.

С целью оценки влажности в бахчевых культурах, таких как дыня, тыква и арбуз, использовался метод инфракрасной сушки, который позволяет эффективно и быстро определить содержание влаги в образцах. Исходные массы плодов были следующими: для арбуза - 1200 грамм, для дыни - 800 грамм, для тыквы - 200 грамм. В процессе сушки масса плодов измерялась через каждый час, что позволило отслеживать изменения массы и на основе этих данных вычислить конечную влажность (табл. 2).

Таблица 2. Изменение массы и влажности образцов бахчевых культур в процессе инфракрасной сушки (10 ч, 45-60 °C)

Культура	Исходная масса, г	Конечная масса, г	Исходная влажность, %	Конечная влажность, %	Потеря массы, %
Арбуз «Асар»	1200±60	106±3	91,5±1,2	8,0±0,4	91,2±1,2
Дыня «Колхозница»	800±40	94±2	88,5±1,0	11,7±0,5	88,3±1,0
Тыква «Афродита»	200±10	32±1	85,5±0,9	14,0±0,6	84,0±1,3

Значения приведены как среднее ± стандартное отклонение, n = 3

Инфракрасная сушка в диапазоне температур 45–60 °C в зависимости от вида бахчевых культур и продолжительности до 10 часов обеспечивает эффективное их обезвоживание.

Полученные результаты свидетельствуют, что процесс сопровождается интенсивным удалением влаги при сохранении

структурной целостности продукта; наибольшая скорость сушки наблюдается у арбуза, наименьшая – у тыквы; полученные показатели остаточной влажности (8-14%) соответствуют оптимальным значениям для дальнейшего хранения и переработки сушёных продуктов.

При этом установлено, что скорость потери влаги наиболее интенсивна в первые часы сушки, после чего процесс стабилизируется вследствие снижения диффузионной подвижности влаги внутри тканей.

Наиболее низкая конечная влажность отмечена у арбуза (8,0 %), что связано с его более высокой исходной влажностью и пористой структурой мякоти, способствующей испарению влаги под действием ИК-излучения. Тыква характеризуется наибольшим остаточным содержанием влаги (14,0%), что объясняется более плотной клеточной структурой и высоким содержанием пектиновых веществ, замедляющих испарение воды.

Данные по биологически активным веществам представлены в пересчёте на сухое вещество (мг/100 г) для корректного межвидового сравнения и оценки фактической деградации компонентов при ИК-сушке и показаны в таблице 3. Значения на 100 г свежего продукта приведены в дополнительной таблице 4 для практической интерпретации. Сохранность (%) рассчитана на сухое вещество, как отношение содержания после и до обработки.

Исследование физико-химических показателей арбуза сорта «Асар», дыни сорта «Колхозница» и тыквы сорта «Афродита» до и после инфракрасной сушки показало значительные изменения в содержании влаги и биологически активных веществ (табл. 3).

Таблица 3. Исследование основных биоактивных веществ в пересчёте на сухое вещество арбуза сорта «Асар», дыни сорта «Колхозница» и тыквы сорта «Афродита» до и после инфракрасной сушки и их сохранность после ИК-сушки

Показатель на 100 г сух. в-ва	Арбуз (до/после)	Сохранность, %	Дыня (до/после)	Сохранность, %	Тыква (до/после)	Сохранность, %
Общие сахара, г/100 г	10,51± 0,49/ 9,20 ±0,40	87,6 ± 3,2	15,00± 0,60/ 13,79 ± 0,51	91,9 ± 3,0	9,19 ± 0,40/ 9,77 ± 0,30	106,3 ± 2,8
Витамин С, мг/100 г	6,80 ± 0,40 / 5,10 ± 0,30	75,0 ± 3,5	18,50± 0,80/ 14,80 ± 0,60	80,0 ± 3,2	12,00 ± 0,60/ 9,30 ± 0,50	77,5 ± 3,4
Ликопин, мг/100 г	4,80 ± 0,20 / 4,20 ± 0,20	87,5 ± 2,9	н/о	–	н/о	–
β-каротин, мг/100 г	н/о	–	2,00 ± 0,08/ 1,73 ± 0,07	86,5 ± 2,7	10,00 ± 0,40/ 8,70 ± 0,31	87,0 ± 2,6
Фенольные соединения, мг ГКЭ/100 г	125,06±5,10 /110,00±4,00	88,0 ± 2,5	140,00±4,90 /130,00±5,00	92,9 ± 2,1	154,34± 6,00/ 140,00 ± 5,00	90,7 ± 2,3

Значения приведены как среднее ± стандартное отклонение, n = 3

Переход от свежего продукта к сухому сопровождается не только концентрацией веществ вследствие удаления влаги, но и частичной деградацией термолабильных соединений. Представление данных в пересчёте на сухое вещество позволяет исключить влияние влагосодержания и объективно оценить фактические изменения химического состава.

Общие сахара сохранялись на уровне 87,6–106,3% в зависимости от культуры. Незначительное увеличение концентрации сахаров у тыквы (106,3%) может быть связано с термическим гидролизом сложных углеводов до моно- и дисахаридов в процессе ИК-сушки.

Витамин С, как термочувствительное соединение, показал более выраженные потери — от 20 до 25%. Однако даже при этих потерях эффективность ИК-сушки остаётся высокой, так как при традиционной конвективной сушке разрушение аскорбиновой кислоты обычно достигает 40–60%. Наиболее высокая сохранность витамина С отмечена у дыни (80%), что может объясняться меньшей длительностью процесса при оптимальном тепловом режиме.

Ликопин и β-каротин проявили высокую термостабильность. У арбуза содержание ликопина после сушки снизилось всего на 12,5%, а у дыни и тыквы β-каротин сохранился на 86–87%. Это подтверждает, что инфра-

красное излучение обеспечивает мягкое удаление влаги без глубокого окислительного разрушения каротиноидов.

Фенольные соединения продемонстрировали сохранность на уровне 88–93%, что указывает на высокую устойчивость антиоксидантных компонентов при ИК-сушке.

Таблица 4. Исследование основных биоактивных веществ (на 100 г свежего продукта) арбуза сорта «Асар», дыни сорта «Колхозница» и тыквы сорта «Афродита» до и после инфракрасной сушки и их сохранность после ИК-сушки

Показатель на 100 г свежего продукта	Арбуз «Асар» (до/после ИК-сушки)	Дыня «Колхозница» (до/после ИК-сушки)	Тыква «Афродита» (до/после ИК-сушки)
Сухие вещества, г/100 г	8,50 ± 0,12 г / 92,00 ± 0,37 г	11,50 ± 0,12 г / 88,30 ± 0,26 г	14,5 ± 0,13 г / 86,0 ± 0,26 г
Общие сахара, г/100 г	0,893 ± 0,042 г / 8,464 ± 0,368 г	1,725 ± 0,069 г / 12,185 ± 0,448 г	1,334 ± 0,058 г / 8,4 ± 0,258 г
Витамин С, мг/100 г	0,578 ± 0,034 мг / 4,692 ± 0,276 мг	2,128 ± 0,092 мг / 13,068 ± 0,538 мг	1,740 ± 0,087 мг / 7,998 ± 0,430 мг
Ликопин, мг/100 г	0,408 ± 0,017 мг / 3,864 ± 0,184 мг	н/о	н/о
β-каротин, мг/100 г	н/о	0,230 ± 0,009 мг / 1,523 ± 0,063 мг	1,450 ± 0,058 мг / 7,482 ± 0,270 мг
Фенольные соединения, мг ГКЭ/ 100 г	10,63 ± 0,43 мг / 101,20 ± 3,68 мг	16,10 ± 0,57 мг / 114,79 ± 4,48 мг	22,48 ± 0,87 мг / 120,40 ± 4,30 мг

Значения приведены как среднее ± стандартное отклонение, n = 3

Как видно из таблицы, после ИК-сушки наблюдается резкое увеличение содержания сухих веществ во всех образцах, что связано с удалением влаги. К примеру, у арбуза - более чем в 10 раз (8,50 → 92,00 г/100 г), у дыни - примерно в 7,7 раз (11,50 → 88,30 г/100 г), у тыквы - примерно в 5,9 раз (14,5 → 86,0 г/100 г). Наибольшая концентрация сухих веществ после сушки зафиксирована у арбуза (92,0 г/100 г), что отражает наиболее интенсивное обезвоживание мякоти. После сушки концентрация сахаров значительно возрастает за счёт уменьшения влаги и перехода сахаров в более концентрированное состояние. Наибольшее содержание сахаров после сушки у дыни «Колхозница» (12,185 г/100 г), что определяет её высокую сладость и потенциальную привлекательность как сырья для концентратов и сухих порошков. Витамин С концентрируется после сушки в связи с потерей влаги, однако важно отметить, что часть его могла разрушиться под действием температуры. Тем не менее, дыня и тыква сохраняют высокий уровень витамина С, что говорит о мягком воздействии ИК-сушки.

Наибольшее абсолютное содержание фенолов наблюдалось у тыквы «Афродита» (140,0 мг ГКЭ/100 г сухого вещества после сушки), что делает её перспективным сырьём для получения функциональных порошков с высоким антиоксидантным потенциалом.

В арбузе ликопин увеличился с 0,408 до 3,864 мг/100 г (~в 9,5 раза). Это связано с концентрацией пигмента при удалении влаги; термическое разрушение оказалось незначительным. Дыня содержит β-каротин - рост с 0,230 до 1,523 мг/100 г (~в 6,6 раза). Тыква лидирует по содержанию β-каротина (7,482 мг/100 г после сушки), что указывает на её высокую антиоксидантную активность и ценность как функционального ингредиента. Фенольные соединения концентрируются пропорционально уменьшению влаги. Максимальное содержание фенолов после ИК-сушки отмечено у тыквы «Афродита» (120,40 мг ГКЭ/100 г), что делает её перспективным сырьём для обогащённых антиоксидантных продуктов.

Особый интерес представляет динамика фенольных соединений, которые после сушки уменьшились лишь незначительно (в среднем на 10 %). Сохранность фенольного комплекса подтверждает, что ИК-сушка не приводит к глубокой деградации антиоксидантных веществ и позволяет получить продукт с высокой биологической ценностью.

Таким образом, инфракрасная сушка бахчевых культур обеспечивает эффективное удаление влаги при минимальных потерях функционально значимых компонентов; наиболее устойчивыми к термическому воздействию оказались каротиноиды и фенольные соединения, что делает данный метод перспективным для производства концентрированных и порошкообразных полуфабрикатов с повышенной антиоксидантной активностью.

Органолептическая оценка полученного продукта.

Нами был проведен органолептический анализ сушеных бахчевых культур (рис. 1).

Определяли по следующие показатели: вкус и запах, цвет, внешний вид, консистенция.

В процессе инфракрасной сушки дыни и арбуза: не приторный вкус, выраженный запах, свойственный данным типам бахчевых культур; твердая, умеренно сухая консистенция; цвет свойственен данным типам бахчевых культур; неоднородные по форме, с ровной поверхностью внешнего вида, без обломанных граней. Результаты тыквы: вкус и запах выраженный, не приторный; твердая, сухая, нелипкая консистенция; цвет ярко-выраженный, сочный; неоднородные по форме, без обломанных граней.

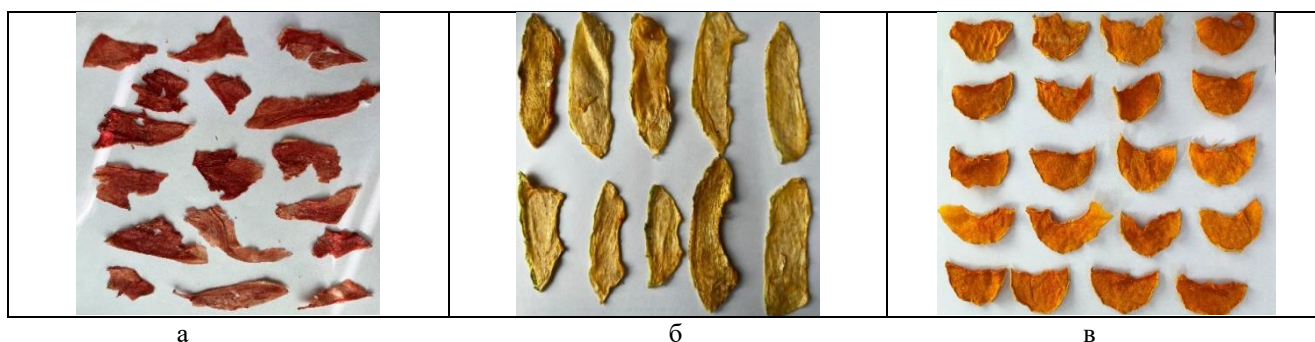


Рисунок 1. Готовые сушеные бахчевые культуры (а) арбуз, (б) дыня, (в) тыква

Анализ на макро- и микроэлементный состав. Инфракрасная сушка использует высокочастотное излучение, которое быстро и эффективно прогревает продукты, что позволяет уменьшить продолжительность

термической обработки и, как следствие, потери витаминов и минералов.

Далее представлены результаты (рис.2,3,4) на содержание макро- и микроэлементов в сушеных бахчевых культурах.

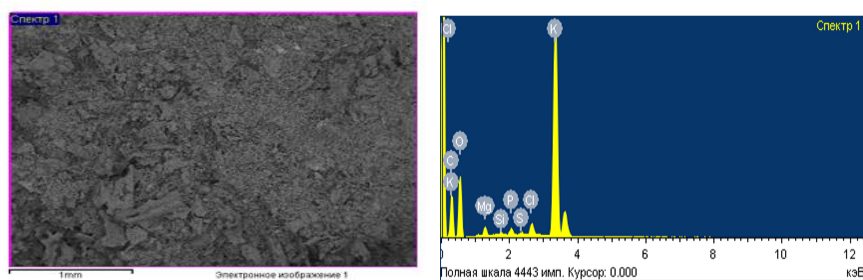


Рисунок 2. Зола сушеного арбуза «Асар»

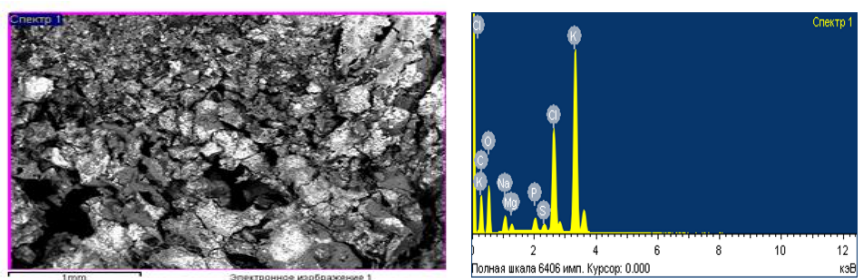


Рисунок 3. Зола сушеной дыни «Колхозница»

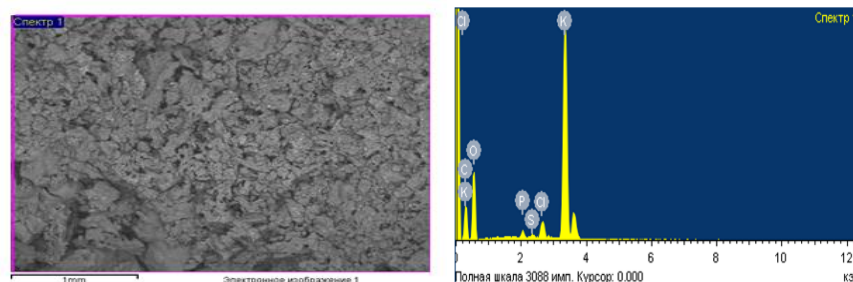


Рисунок 4. Зола сушеной тыквы «Афродита»

В золе были выявлены различные макроэлементы, включая калий, натрий, магний, фосфор, хлор, сера, кислород и углерод, а также микроэлементы, такие как кремний. Особое внимание было уделено соотношению макро- и микроэлементов, что

позволило провести сравнительный анализ между различными бахчевыми культурами. В таблице 4 показаны результаты содержания макро- и микроэлементного состава для каждого сырья.

Таблица 4. Результаты содержания макро- и микроэлементного состава бахчевых культур (дыня, тыква и арбуз)

Наименование бахчевой культуры	C	O	Na	Mg	P	Si	S	Cl	K
Арбуз «Асар»	17,97 ± 0,90	45,65 ± 2,28	—	—	0,72 ± 0,04	—	0,28 ± 0,01	1,99 ± 0,10	33,38 ± 1,67
Дыня «Колхозница»	34,77 ± 1,74	27,40 ± 1,37	2,39 ± 0,12	0,69 ± 0,03	1,10 ± 0,06	—	0,56 ± 0,03	9,93 ± 0,50	23,16 ± 1,16
Тыква «Афродита»	22,89 ± 1,14	41,22 ± 2,06	—	1,04 ± 0,05	0,70 ± 0,04	0,16 ± 0,01	0,29 ± 0,01	1,34 ± 0,07	32,36 ± 1,62

Значения приведены как среднее ± стандартное отклонение, n = 3

Результаты показали, что каждый из этих плодов имеет свои характерные особенности в составе минеральных веществ, что отражает различия в их биохимической структуре и реакции на процесс сушки. Так, в золе сушеной тыквы и арбуза был зарегистрирован высокий уровень калия, углерода и кислорода, чем в золе сушеной дыни.

Магний присутствовал в золе сушеной дыни и арбуза, в то время как в золе сушеной тыквы не был обнаружен. А также в золе сушеного арбуза был выявлен кремний, а в золе сушеных образцов дыни и тыквы его не было.

Сравнение результатов по минеральному составу образцов бахчевых культур, высушенных в инфракрасном шкафу при температуре 45-60 °C, с литературными данными показало хорошее согласование по ключевым направлениям. Так, калий является доминирующим элементом во всех образцах дыни, тыквы, арбуза и после сушки остается

наиболее высокой фракцией. Аналогичные результаты отмечены в исследованиях по сушке тыквы, где калий сохраняет наибольшее значение независимо от метода обработки. Содержание натрия в исследованных образцах остается низким, что также подтверждается литературными данными, что для бахчевых культур этот элемент не является значимым. Магний и фосфор занимают промежуточное положение и, согласно опубликованным данным, при вакуумной и микроволновой сушке их относительная концентрация на сухую массу возрастает [14,15]. Таким образом, сушка в инфракрасном шкафу сочетает высокую сохранность минерального состава с технологической и экономической целесообразностью, что делает ее перспективным способом получения функциональных ингредиентов из бахчевых культур.

Заключение

Проведённые исследования показали, что инфракрасная сушка обеспечивает

эффективное обезвоживание бахчевых культур с сохранением основной массы биологически активных веществ. В пересчёте на сухое вещество установлено, что степень сохранности общих сахаров составила 87–106%, витамина С – 75–80%, фенольных соединений – 88–93%, β -каротина – 86–87%, ликопина – около 87%. Это свидетельствует о минимальных потерях нутриентов при использовании инфракрасной сушки по сравнению с традиционными методами дегидратации. Наибольшая сохранность антиоксидантных соединений отмечена у дыни сорта «Колхозница» и тыквы сорта «Афродита», что указывает на их перспективность в качестве сырья для получения функциональных сухих продуктов. Инфракрасная сушка позволила сохранить до 90% суммарных фенольных соединений, что подтверждает щадящее воздействие данного метода на термолабильные компоненты. По минеральному составу образцы высушенных бахчевых также показывают высокое содержание.

Полученные результаты обосновывают возможность использования инфракрасной сушки для производства концентрированных и порошкообразных полуфабрикатов из бахчевых культур с высоким содержанием природных антиоксидантов и витаминов. Это открывает перспективы для создания функциональных пищевых ингредиентов и расширения ассортимента здоровых продуктов питания на основе местного растительного сырья Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванкина В.В. Физико-химические методы консервирования продуктов // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016020194> (дата обращения: 21.10.2025).
2. Calín-Sánchez, Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, A., & Figiel, A. (2020, September 26). Traditional and Novel Drying Techniques. <https://doi.org/10.3390/foods9091261> <https://encyclopedia.pub/entry/2195>
3. Эргашев Б.А., Шадиев З.И. Роль сушильного оборудования в производстве сушки сельскохозяйственных и пищевых продуктов // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2023. 11(116). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16249> (дата обращения: 21.10.2025).
4. Aboud, Salam & Altemimi, Ammar & Al-Hilphy, Asaad & Lee, Yi-Chen & Cacciola, Francesco. (2019). A Comprehensive Review on Infrared Heating Applications in Food Processing. *Molecules*. 24. 2-21. DOI:10.3390/molecules24224125
5. Huang, Dan & Pei, Yang & Tang, Xiaohong & Luo, Lei & Sunden, Bengt. (2021). Application of infrared radiation in the drying of food products. *Trends in Food Science & Technology*. 110. DOI:10.1016/j.tifs.2021.02.039
6. Chang, Antai & Zheng, Xia & Xiao, Hong-Wei & Yao, Xuedong & Liu, Decheng & Li, Xiangyu & Li, Yican. (2022). Short- and Medium-Wave Infrared Drying of Cantaloupe (*Cucumis melon* L.) Slices: Drying Kinetics and Process Parameter Optimization. *Processes*. 10. 114. DOI:10.3390/pr10010114
7. Obajemihi OI, Cheng JH, Sun DW. Novel sequential and simultaneous infrared-accelerated drying technologies for the food industry: Principles, applications and challenges. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2023;63(11):1465-1482. DOI: 10.1080/10408398. 2022. 2126963.
8. Polat, Ahmet & Taşkın, Onur & İzli, Nazmi. (2022). Intermittent and continuous infrared drying of sweet potatoes. *Heat and Mass Transfer*. 58. 1-13. DOI:10.1007/s00231-022-03212-3
9. Jovanovic, Jelena & Adnadjevic, Borivoj. (2023). Introductory Chapter: A Comprehensive Review of the Versatile Dehydration Processes. DOI:10.5772/intechopen.111481
10. Zhang, Min & Chen, Huizhi & Mujumdar, Arun & Tang, Juming & Miao, Song & Wang, Yuchuan. (2017). Recent Developments in High-quality Drying of Vegetables, Fruits and Aquatic Products. *Critical reviews in food science and nutrition*. 57. DOI:10.1080/10408398.2014.979280
11. Zimmermann MB, Köhrle J. The impact of iron and selenium deficiencies on iodine and thyroid metabolism: biochemistry and relevance to public health. *Thyroid*. 2002 Oct;12(10):867-78. DOI: 10.1089/105072502761016494
12. Сенсорный анализ: методические указания по выполнению лабораторных работ /Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: М.Б. Пикалова. Курск, 2017. 45 с. Библиогр.: с. 43. https://swsu.ru/sveden/files/Metod_B1.V.DV.05.01_19.04.02_25.02.2020_lab.pdf
13. Айтбаев Т.Е., Бабаев С.А., Токбергенова Ж.А., Мамырбеков Ж.Ж., Нусупова А.О., Алпысбаева В.О., Ибрагимова Г.М., Тайшибаева Э.У., Манабаева У.А. технология выращивания картофеля и овощебахчевых культур (рекомендации по весенне-полевому РАБОТАМ). Алматы, 2024 https://nasec.kz/sites/default/files/2024-04/10.%20Рекомендации_КазНИИПО%202024.pdf?utm_source=chatgpt.com
14. Arslan, D., & Özcan, M. M. (2011). Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioprocesses Processing*, 89(4), 504–513. DOI:10.1016/j.fbp.2010.09.009
15. Kara, C., Doymaz, İ. Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of drying curves of apple pomace. *Heat Mass Transfer* 51,

983–989 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00231-014-1470-6>

REFERENCES

1. Fiziko-khimicheskiye metody konservirovaniya produktov [physicochemical methods of food preservation] // proceedings of the viii international student scientific conference "student scientific forum" url: https://scienceforum.ru/2016/article/2016020194 (date of access: 21.10.2025). (in russian)
2. Calín-sánchez, lipan, l., cano-lamadrid, m., kharaghani, a., masztalerz, k., carbonell-barrachina, a., & figiel, a. (2020, september 26). Traditional and novel drying techniques. <https://doi.org/10.3390/foods9091261> <https://encyclopedia.pub/entry/2195>
3. Ergashev b.a., shadiyev z.i. rol' sushil'nogo oborudovaniya v proizvodstve sushki sel'skokhozyaystvennykh i pishchevykh produktov [the role of drying equipment in the production of drying agricultural and food products] // // universum: technical sciences: electronic. Scientific journal. 2023. 11(116). Url: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16249> (date of access: 21.10.2025). (in russian)
4. Aboud, salam & altemimi, ammar & al-hilphy, asaad & lee, yi-chen & cacciola, francesco. (2019). A comprehensive review on infrared heating applications in food processing. *Molecules*. 24. 2-21. Doi:10.3390/molecules24224125
5. Huang, dan & pei, yang & tang, xiaohong & lu, lei & sunden, bengt. (2021). Application of infrared radiation in the drying of food products. *Trends in food science & technology*. 110. Doi:10.1016/j.tifs.2021.02.039
6. Chang, antai & zheng, xia & xiao, hong-wei & yao, xuedong & liu, decheng & li, xiangyu & li, yican. (2022). Short- and medium-wave infrared drying of cantaloupe (cucumis melon l.) Slices: drying kinetics and process parameter optimization. *Processes*. 10. 114. Doi:10.3390/pr10010114
7. Obajemihi oi, cheng jh, sun dw. Novel sequential and simultaneous infrared-accelerated drying technologies for the food industry: principles, applications and challenges. *Crit rev food sci nutr*. 2023;63(11):1465-1482. Doi: 10.1080/10408398.2022.2126963 .
8. Polat, ahmet & taşkın, onur & izli, nazmi. (2022). Intermittent and continuous infrared drying of sweet potatoes. *Heat and mass transfer*. 58. 1-13. Doi:10.1007/s00231-022-03212-3
9. Jovanovic, jelena & adnadjevic, borivoj. (2023). Introductory chapter: a comprehensive review of the versatile dehydration processes. Doi:10.5772/intechopen.111481
10. Zhang, min & chen, huizhi & mujumdar, arun & tang, juming & miao, song & wang, yuchuan. (2017). Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits and aquatic products. *Critical reviews in food science and nutrition*. 57. Doi:10.1080/10408398.2014.979280
11. Zimmermann mb, köhrle j. The impact of iron and selenium deficiencies on iodine and thyroid metabolism: biochemistry and relevance to public health. *Thyroid*. 2002 oct;12(10):867-78. Doi: 10.1089/105072502761016494
12. Sensornyy analiz: metodicheskiye ukazaniya po vypolneniyu laboratornykh rabot / [sensory analysis: guidelines for performing laboratory work] / south-west state university; compiled by: m.b. pikalova. Kursk, 2017. 45 p. Bibliography: p. 43. https://swsu.ru/sveden/files/metod_b1.v.dv.05.01_19.04.02_25.02.2020_lab.pdf (in russian)
13. Aitbaev t.e., babaev s.a., tokbergenova zh.a., mamyrbekov zh.zh., nusupova a.o., alpysbaeva v.o., ibragimova g.m., taishibaeva e.u., manabaeva u.a. tekhnologiya vyrashchivaniya kartofelya iovoshchebahchevyh kul'tur (rekommendacii po vesennepolevym rabotam) [technology for growing potatoes and vegetables (recommen-dations for spring field work)]. Almaty, 2024 https://nasec.kz/sites/default/files/2024-04/10.%20рекомендации_казниипо%202024.pdf?utm_source=chatgpt.com (in russian)
14. Arslan, d., &özcan, m. M. (2011). Dehydration of red bell-pepper (capsicum annuum l.): change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and bioproducts processing*, 89(4), 504–513. Doi.org/10.1016/j.fbp.2010.09.009
15. Kara, c., doymaz, i. Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of drying curves of apple pomace. *Heat mass transfer* 51, 983–989 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00231-014-1470-6>

БИДАЙ СҰРЫПТАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПОТЕНЦИАЛЫН ҚҰРЫЛЫМДЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ НЕГІЗІНДЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕР АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ

¹М.Р. РАХЫМБАЕВА , ¹Т.К. КУЛАЖАНОВ , ¹А.И. ИЗТАЕВ ,
¹М.А. ЯКИЯЕВА , ²В.Я. ЧЕРНЫХ , ¹Ш.А. ТУРСУНБАЕВА 

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

²Нан өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты, 107553, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.,
Б. Черкизовская көшесі, 26А)

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

Бұл мақалада бидай сұрыптарының физика-химиялық, технологиялық қасиеттерін сипаттайтын көрсеткіштерінің саны отыздан асып отыр. Олардың өзара қатынастарының ерекшеліктері бар. Жеке дәннің өзгешеліктері бар. Жеке дәннің ерекшеліктері өздеріне сәйкес көрсеткіштердің шамаларына байланысты қасиеттеріндегі өзгерістерді көрсетеді. Әр түрлі сипаттағы көрсеткіштердің өзара байланысын математикалық регрессиялық модельдік теңдеулер арқылы біріктіретін, әдістемелік тұрғыдан потенциал шамасын оның дәні, ұны, қамыры және наны бойынша анықтап, сапалық деңгейін көрсету арқылы салыстыру мүмкіндігін тудырады. Оның практикалық маңыздылығы өте жоғары. Осыған байланысты бидай сұрыптарының технологиялық есептеу олардың сапалық деңгейіне байланысты ранжировка жасаудың мүмкіншілігін болдырады. Отандық бидай сұрыптарының дән, ұн, қамыр және нан көрсеткіштеріне байланысты жекелеген технологиялық потенциалдары есептелініп, әрбір бидай сұрыптарының толық сапалық дәрежесі зерттелді. Жұмсақ жаздық және күздік бидай сұрыптарының технологиялық потенциалы бойынша жоғары көрсеткіш Жұмсақ жаздық бидай Алмекен-3,699, технологиялық потенциалы төмен жұмсақ жаздық бидай Казахстанская 10-2,025 сұрыпы құрады. Дәннің түрлі сұрыптарының физикалық, биохимиялық, ұн тарту және наубайханалық қасиеттерін белгілейтін көрсеткіштер байланысын анықтау мақсатында көптік корреляция коэффициенттері есептелді. Көптік корреляция коэффициентті, Фишер коэффициенті, Стюдент коэффициенттері бір-біріне әсер ету коэффициенттері болып табылады. R-studio программасының көмегімен есептеп шығарылды.

Негізгі сөздер: күздік бидай сұрыптары, жаздық бидай сұрыптары, дән, ұн, қамыр, нан, технологиялық потенциал.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

¹М.Р. РАХЫМБАЕВА, ¹А.И. ИЗТАЕВ, ¹М.А. ЯКИЯЕВА*,
²В.Я. ЧЕРНЫХ, ¹Ш.А. ТУРСУНБАЕВА

(¹Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, 050012, Алматы, ул. Төле би, 100

²Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, 107553, Российская Федерация,
Москва, ул. Б.Черкизовская, д.26А)

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

В данной статье рассматриваются более тридцати показателей, характеризующих физико-химические и технологические свойства сортов пшеницы. Эти показатели имеют определённые особенности во взаимосвязях. Каждое отдельное зёрнышко обладает своими уникальными свойствами, которые отражаются на изменениях соответствующих характеристик. Связь между различными типами показателей была объединена посредством математических регрессионных моделей, что позволяет методически определить величину потенциала по зерну, муке, тесту и хлебу, а также провести сравнительную оценку их качественного уровня. Практическое значение таких расчетов весьма высоко. Это дает возможность проводить технологическую оценку сортов пшеницы с последующей их ранжировкой по качественным показателям. Были рассчитаны индивидуальные технологические

потенциалы отечественных сортов пшеницы на основе показателей зерна, муки, теста и хлеба, что позволило определить полную качественную характеристику каждого сорта. Наивысший технологический потенциал был выявлен у сорта мягкой яровой пшеницы «Алмекен» — 3,699, а самый низкий — у сорта «Казахстанская 10» — 2,025. Для выявления взаимосвязи между физическими, биохимическими, мукомольными и хлебопекарными свойствами различных сортов зерна были рассчитаны коэффициенты множественной корреляции. Также использовались коэффициенты Фишера и Стьюдента как показатели взаимного влияния. Все расчёты были выполнены с использованием программы R-Studio.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, сорта яровой пшеницы, зерно, мука, тесто, хлеб, технологический потенциал.

ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF WHEAT VARIETIES USING MATHEMATICAL MODELS BASED ON STRUCTURAL INDICATORS

¹ M.N. RAKHYMBAYEVA, ¹ A.I. IZTAYEV, ¹ T.K. KULAZHANOV, ¹ M.A. YAKIYAEVA*,
² V. Y. CHERNYKH, ¹ SH.A. TURSUNBAYEVA

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

² Research Institute of Bakery Industry, 107553, Russia, Moscow, B. Cherkizovskaya St., 26A)

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

This article examines over thirty indicators that characterize the physicochemical and technological properties of wheat varieties. These indicators exhibit specific interrelationships. Each individual grain has unique features that influence changes in the corresponding properties. The interconnection of various types of indicators was integrated using mathematical regression models, allowing for a methodological assessment of the potential based on the grain, flour, dough, and bread, as well as enabling comparative evaluation of their quality level. The practical significance of this approach is substantial. It enables the technological evaluation of wheat varieties and their ranking based on quality indicators. The technological potential of domestic wheat varieties was calculated individually based on grain, flour, dough, and bread characteristics, allowing for a comprehensive quality assessment of each variety. The highest technological potential was found in the soft spring wheat variety Almeken — 3.699, while the lowest was observed in Kazakhstanskaya 10 — 2.025. To identify the relationships between physical, biochemical, milling, and baking properties of different wheat varieties, multiple correlation coefficients were calculated. Fisher's and Student's coefficients were also used as indicators of mutual influence. All calculations were performed using the R-Studio software.

Keywords: winter wheat varieties, spring wheat varieties, grain, flour, dough, bread, technological potential.

Kіpіcne

Қазіргі жағдайда бидайдың ұнтақтау партияларын қалыптастыру кезінде орташа өлшемді анықтау үшін көптеген есептеулер жүргізіледі партиялардың сандық-сапалық жай-күйін сипаттайтын мәндер өндірістік технологиялық зертханада талдаулар негізінде орындалады. Ұнтақтау партияларын қалыптастырудың технологиялық маңыздылығы өзінің биологиялық әсері тұрғысынан негіз ретінде қарастырылады астықты ұнтақтауға дайындаудың кезеңінен бастап, қаншалықты тиімді ұнтақтау партиялары құрылды, бұл технологиялық процестің одан әрі жүруіне байланысты өндірілетін ұнның сапасы мен МемСТ талаптарын қанағаттандыратын нан өнімдері құндылығы қарастырылады [1]. Ұнтақтау

партияларын қалыптастыру процесін жеделдету және жеңілдету үшін, астықты пайдалану дәрежесін арттыру ұн мөлшерін қолданбалы әдістердің бірінің алгоритмдерін компьютерлерді қолдана отырып бағдарламалауға болады. Соңғы жылдары қазақстандық селекционерлер 25-тен астам күздік және 56 жаздық бидай сорттарын құрды олардың көпшілігі Қазақстан Республикасында пайдалануға арналған өнімдер. Дән егістікте өсіріледі, жиналған өнім элеваторларда сақталады, диірмендерде ұн өндіріледі, бірақ түрлі тағам өнімдері ретінде, ұннан нан алу ретінде пайдаланады. Осыған байланысты тарту кезінде алынған ұнның және нанның көрсеткіштерін ескеруге мүмкіндік беретін бидай сұрыптарының потенциалдық мүмкін-

діктерін бағалайтын әдісті дайындау қажеттілігі туындайды [2].

Ұн өндірушілердің тәжірибесі дәнді ұсақтау өнімдерін бөлшектердің ірілігі бойынша арнайы жіктеуді қажет етті. Мұндай классификацияны 150-жыл бұрын бидайды сұрыптық тарту технологиясының принцип-иалды негіздері дайындалған кезде-ақ пайдаланыла бастады. Технологиялық потенциал - өзара тығыз байланыста және тәуелділікте болатын дәннің табиғи биологиялық ерекшеліктері мен оның түрлі қасиеттерінің кешенді көрінісі болып табылатын дәннің технологиялық сапасының негізгі мазмұндық көрсеткіші. Дәннің технологиялық потенциалы егісте, сұрыптың генетикалық ерекшеліктерінің, топырақтық-климаттық жағдайлардың және агротехника тәсілдерінің әсерімен оның өндірісі барысында қалыптасады [3].

Жұмсақ бидай (*Triticum aestivum*) сорттары ұн мен нанның сапасын анықтайтын жинақты көрсеткіш – ұнның «күшіне» қарай күшті, орташа және осал (әлсіз) болып үш топқа бөлінеді.

Күшті бидай белогінің көптігі, уызының жиырымдылығы созылымдығы жағынан көзге түседі. Мұндай ұннан пісірілген нан көмпиіп тұрады, түрі өте ұнамды, бүйір қабығы жұқа немесе тор көзді, жұмсақ созылмалы келеді, сондай-ақ өте дәмді, сүйкімді иісі болады. Сонымен қатар күшті бидайдың байытушылық қасиеті бар: осал бидайдың ұнына аздап күшті бидайдың ұнын қосқанда одан шығатын нанның сапасы анағұрлым жақсарады. Күшті бидай ең таңдаулы бидай болып саналады, сондықтан ішкі және халықаралық нарықта оған деген сұраныс жоғары [4].

Зерттеу әдістері мен материалдары

Бұл зерттеуде отандық жаздық бидай сұрыптары: Алмекен, Казахстанская ранне-спелая, Казахстанская 10, Егемен, Мереке және күздік бидай сұрыптары: Стекловидная 24, Сапалы, Богарная 56, Степная 75, Алмакен алынды.

Функцияның технологиялық талабына байланысты қолданылатын шектеулер және оны есептейтін тендеулер дән, ұн, қамыр және нанның келесі көрсеткіштерін пайдаланған: ылғалдылық, шөп-шалаң, дәндік қоспалар, натурасы, жалпы шынылығы, толық шынылығы, дәннің күлділігі, ақуыз, дәннің

желімшесі, ұнның желімшесі, ұнның күлділігі, қамырдың беріктігі, қамыр деформациясының меншікті жұмысы [5].

Бидай дәндерінің ылғалдығын МемСТ 13856.4-90 стандартына сәйкес анықтайды.

9353—91 МемСТ стандарты бойынша бидай дәнінің сапасы келесі көрсеткіштер бойынша бағаланады: түсі, иісі, ылғалдығы, астық дәндері және арам шөп қоспалары, зақымдалуы, типтік құрамы, сыртқы түрі, шынылығы, желімшенің мөлшері мен сапасы.

Бидай дәндерінің шынылығы диафанаскопта анықталды МемСТ 10987-76.

Бидай дәндерінің шыны тәрізділігін 10987-76 МемСТ бойынша анықтайды [6,7].

Дәннің натурасы 10840-64 МемСТ бойынша оның сапа көрсеткіштерінің бірі анықталады. Ұндағы шикі желімшенің мөлшерін МемСТ 27839-88 бойынша анықтайды.

Ұнның ылғалдылығы МемСТ 9404-88 бойынша тездетілген әдіспен анықталды және пайызбен көрсетілді.

Ұнның күлділігі МемСТ 27494-84 бойынша азот қышқылы арқылы анықталды және пайызбен көрсетілді.

Бидай дәндерінің күлділігін МемСТ 10847-74 бойынша анықтайды [8,9].

Нәтижелері және оларды талқылау.

Жаздық және күздік бидай сұрыптарының дәндерінің технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша нәтижелері 1-кестеде берілген дән массасының ең басты физикалық көрсеткіштерінің бірі болып 1 литр көлемде дәннің салмағын сипаттайтын натура болып табылады. Дән функциясы үшін сағыз мөлшерінің натураға қатынасын (Жд/Н) аламыз, яғни (желімше саны /натура). Берілген қатынастың физикалық мәні натура көрсеткішіне байланысты сағыздың мөлшері жайында деректі информация береді. Бидайдың дәндік қасиеттері бойынша дәннің ылғал-дылығы, жалпы және толық шынылығы, шөп-шалаң, дәндік қоспа, ақуыз құрамы есептелінді. Алынған нәтижелер бойынша математикалық модель құрастырылып, дәннің технологиялық потенциалы шығарылды [10]. 1-кестеде бидай дәнінің технологиялық потенциалдық шамасын анықтау моделі берілген.

Кесте 1. Бидай дәнінің технологиялық потенциалдық шамасын анықтау моделі

№	Бидай сұрыптарының үлгілері	Функция	Аргументтер				
		$F_1(\text{Жд/Н}), y$	$X_1=\text{Шк/}W_d$	$X_2=\text{Дк/}W_d$	$X_3=\text{Шк/Дк}$	$X_4=\text{Шт/Шж}$	$X_5=\text{А/Жд}$
1	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская 10»	0,042	0,1	0,36	0,29	0,44	0,47
2	Жұмсақ жаздық бидай «Алмекен»	0,039	0,18	0,21	0,85	0,5	0,55
3	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская раннеспелая»	0,04	0,1	0,29	0,34	0,51	0,46
4	Жұмсақ жаздық бидай «Егемен»	0,038	0,11	0,27	0,4	0,35	0,57
5	Жұмсақ жаздық бидай «Мереке»	0,037	0,13	0,33	0,39	0,25	0,59
6	Күздік бидай «Сапалы»	0,036	0,13	0,48	0,27	0,28	0,56
7	Күздік бидай «Стекловидная 24»	0,04	0,12	0,28	0,49	0,48	0,49
8	Күздік бидай «Богарная 56»	0,037	0,12	0,36	0,35	0,29	0,57
9	Күздік бидай «Степная 75»	0,039	0,12	0,28	0,47	0,45	0,51
10	Күздік бидай «Алмакен»	0,037	0,12	0,36	0,37	0,32	0,55

1-кестедегі берілген дәндердің технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша талдау жасалынып сұрыптардың өздеріне байланысты жекешеленген мынадай сипаттамасын талдаймыз.

Мұндағы: Жд-дәннің желімше саны, Н- дәннің натурасы, Шк- шөп-шалаң қоспасы, Дк-дәндік қоспа, Шт- толық шынылық, Шж- жалпы шынылық, А- ақуыз құрамы.

$$F_1(C_3/H)=0,078-0,041X_1-0,004X_2+0,012X_3-0,018X_4-0,059X_5$$

$\sum t_i = 0,329+0,155+0,494+0,717+1,339 = 3,035$ қосындысын табу үшін, R-studio программасы есептеп берген $t_1=0,329$; $t_2=0,155$; $t_3=0,494$; $t_4=0,717$; $t_5=1,339$ мәндерін қосамыз.

$$m_1=0,109 + m_2=0,051+ m_3=0,163 +m_4=0,236 +m_5=0,441=1\text{болады.}$$

$$m_1 = \text{табу үшін } t_1=0,329 / \sum t_i = 3,035 = 0,109$$

Көптік корреляция коэффициенті $R=0,841$,

Дисперсиялық қатынас (Фишер коэффициенті) $F=4,224$

Студент коэффициенттері $t_1=0,329$; $t_2=0,155$; $t_3=0,494$; $t_4=0,717$; $t_5=1,339$

$$\sum t_i = 0,329+0,155+0,494+0,717+1,339=3,035$$

Дәннің технологиялық потенциалын есептеу формуласы

$$ТП_d=0,109 \text{ Шк/}W_d+0,051 \text{ Дк/}W_d+0,163 \text{ Шк/Дк}+0,236 \text{ Шт/Шж} + 0,441 \text{ А/Жд (1)}$$

Астық қабылдау өнеркәсібіндегі бидайдың наубайханалық партия сапасының технологиялық потенциалы комплексті көрсеткіштер, яғни мынадай біріккен параметрлер бойынша анықталынады: дән үшін - ылғалдық, шөп-шалаң және дәнді қоспалар, натура, жалпы және толық шынылық, күлділік, ақуыз, шикі сағыз саны [11].

Жаздық және күздік бидай сұрыптарының

дәндерінің ұнның потенциалдық көрсеткіштері бойынша нәтижелері 2-кестеде берілген Бидайдың ұндық қасиеттеріне негізінен - ұнның шығу көлемі мен сапасы, оның күлділігі, реңі, сағыздығының саны мен сапасы жатады. Бұл факторлар бидай дәннің ірілігіне, эндоспермінің мөлшеріне және де оның құрылысына, ылғалдылығына тікелей

байланысты болады.

Ұн үшін де дәннің потенциалдық шамасын шығарған әдістемені қолданамыз. Бұдан ұн функциясы үшін ұнның желімше мөлшерінің натураға қатынасын ($J_{\text{у}}/H$) аламыз, яғни

(желімше саны, %/натура, г/л) [12,13].

Осы әдіспен ұнның функция аргументтері үшін басқа физикалық өзара сыбайлас көрсеткіштердің қатынасын қолданып көрсетеміз:

Кесте 2. Ұнның потенциалдық шамасы

№	Бидай сұрыптарының үлгілері	Функция $F_2(J_{\text{у}}/H)$	Аргументтер			
			$X_1 = \text{Шт}/\text{Шж}$	$X_2 = A/J_{\text{д}}$	$X_3 = K_{\text{у}}/K_{\text{д}}$	$X_4 = J_{\text{д}}/J_{\text{у}}$
1	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская 10»	0,048	0,44	0,47	0,38	0,88
2	Жұмсақ жаздық бидай «Алмакен»	0,045	0,5	0,55	0,51	0,88
3	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская раннеспелая»	0,04	0,51	0,46	0,44	1
4	Жұмсақ жаздық бидай «Егемен»	0,044	0,35	0,57	0,014	0,87
5	Жұмсақ жаздық бидай «Мереке»	0,045	0,25	0,59	0,4	0,82
6	Күздік бидай «Сапалы»	0,04	0,28	0,56	0,32	0,9
7	Күздік бидай «Стекловидная 24»	0,044	0,48	0,49	0,44	0,92
8	Күздік бидай «Богарная 56»	0,041	0,29	0,57	0,24	0,86
9	Күздік бидай «Степная 75»	0,044	0,45	0,51	0,33	0,9
10	Күздік бидай «Алмакен»	0,042	0,32	0,55	0,35	0,87

2-кестедегі берілген ұнның технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша талдау жасалынып сұрыптардың өздеріне байланысты жекешеленген мынадай сипаттамасын талдаймыз.

Мұндағы: $K_{\text{у}}$ -ұнның күлділігі, % $K_{\text{д}}$ -дәннің күлділігі, %

$$F_2(J_{\text{у}}/H) = 0,13 + 0,017X_1 - 0,043X_2 - 0,002X_3 - 0,079X_4$$

Көптік корреляция коэффициенті $R = 0,896$

Дисперсиялық қатынас (Фишер коэффициенті) $F = 10,723$

Студент коэффициенттері $t_1 = 2,685$; $t_2 = 2,750$; $t_3 = 0,605$; $t_4 = 6,302$

$$\sum t_i = 2,685 + 2,750 + 0,605 + 6,302 = 12,342$$

$$m_1 = 0,217; m_2 = 0,223; m_3 = 0,049; m_4 = 0,511$$

Ұнның технологиялық потенциалын есептеу формуласы

$$ТП_{\text{у}} = 0,217 \text{ Шт}/\text{Шж} + 0,223 A/J_{\text{д}} + 0,049 K_{\text{у}}/K_{\text{д}} + 0,511 J_{\text{д}}/J_{\text{у}} \quad (2)$$

Функцияны есептеу барысында ұнның желімшесіне дәннің натурасына қатынасын аламыз. Аргументтерді алу үшін X_1 табу үшін толық шынылықтың жалпы шынылыққа қатынасы. X_2 ақуыз құрамы дәннің желімшесіне қатынасы. X_3 ұнның желімшесі мен дәннің желімшесіне, X_4 дәннің желімшесі мен

ұнның желімшесіне қатынасымен табамыз [14,15].

Жаздық және күздік бидай сұрыптарының қамырының технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша нәтижелері 3-кестеде берілген Бұдан қамыр функциясы үшін қамырдың сағыз мөлшерінің натураға қатынасын (A/H) аламыз.

Кесте 3. Қамырдың потенциалдық шамасы

№	Бидай сұрыптарының үлгілері	Функция	Аргументтер			
		$F_3(A/H)$	$X_1=Жд/Жұ$	$X_2=Кұ/Кд$	$X_3=A/Жұ$	$X_4=P/L$
1	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская 10»	0,29	0,44	0,47	0,38	0,02
2	Жұмсақ жаздық бидай «Алмекен»	0,34	0,5	0,55	0,51	0,08
3	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская раннеспелая»	0,19	0,51	0,46	0,44	0,03
4	Жұмсақ жаздық бидай «Егемен»	0,37	0,35	0,57	0,014	0,01
5	Жұмсақ жаздық бидай «Мереке»	0,3	0,25	0,59	0,4	0,01
6	Күздік бидай «Сапалы»	0,32	0,28	0,56	0,32	0,017
7	Күздік бидай «Стекловидная 24»	0,27	0,48	0,49	0,44	0,04
8	Күздік бидай «Богарная 56»	0,33	0,29	0,57	0,24	0,01
9	Күздік бидай «Степная 75»	0,29	0,45	0,51	0,33	0,03
10	Күздік бидай «Алмакен»	0,38	0,32	0,55	0,35	0,019

3-кестедегі берілген қамырдың технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша талдау жасалынып математикалық моделін құрамыз.

Мұндағы: P/L - қамырдың серпімділігі мен созылғыштығына қатынасы, мм

$$F_3(A/H) = 1,241 - 1,056X_1 - 0,948X_2 - 0,399X_3 + 4,397X_4$$

$$\text{Көптік корреляция коэффициенті } R = 0,757$$

$$\text{Дисперсиялық қатынас (Фишер коэффициенті) } F = 0,899$$

$$\text{Студент коэффициенттері: } t_1 = 1,533; t_2 = 0,827; t_3 = 2,083; t_4 = 1,803$$

$$\sum t_i = 1,533 + 0,827 + 2,083 + 1,803 = 6,246$$

$$m_1 = 0,245; m_2 = 0,132; m_3 = 0,334; m_4 = 0,289$$

Қамырдың технологиялық потенциалын есептеу формуласы

$$ТПТ = 0,245 Жд/Жұ + 0,132 Кұ/Кд + 0,334 A/Жұ + 0,289 P/L \quad (3)$$

4-кестедегі берілген нанның технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша талдау жасалынып сұрыптардың өздеріне байланысты жекешеленген мынадай сипаттамасын талдаймыз.

Кесте 4. Нанның потенциалдық шамасы

№	Бидай сұрыптарының үлгілері	Функция	Аргументтер			
		$F_4(V/H)$	$X_1 = P/L$	$X_2 = Шт/Шж$	$X_3 = A/Жд$	$X_4 = Жз/Жұ$
1	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская 10»	0,95	0,3	0,44	0,47	0,44
2	Жұмсақ жаздық бидай «Алмекен»	0,92	4	0,5	0,55	0,5
3	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская раннеспелая»	0,95	1,3	0,51	0,46	0,51
4	Жұмсақ жаздық бидай «Егемен»	0,89	1,1	0,35	0,57	0,35
5	Жұмсақ жаздық бидай «Мереке»	0,92	1,2	0,25	0,59	0,25
6	Күздік бидай «Сапалы»	0,96	1,8	0,28	0,56	0,28
7	Күздік бидай «Стекловидная 24»	0,95	1,8	0,48	0,49	0,48
8	Күздік бидай «Богарная 56»	0,92	1,3	0,33	0,57	0,29
9	Күздік бидай «Степная 75»	0,92	1,6	0,45	0,51	0,45
10	Күздік бидай «Алмакен»	0,93	1,5	0,33	0,55	0,32

4-кестедегі берілген нанның технологиялық потенциал көрсеткіштері бойынша талдау жасалынып математикалық моделін құрамыз.

$$F_4(V/H)=1,761+0,028X_2-0,196X_3-1,268X_4-0,319X_5$$

Көптік корреляция коэффициенті $R=0,9465$

Дисперсиялық қатынас (Фишер коэффициенті) $F=22.11$

Стьюдент коэффициенттері $t_2=6.421$; $t_3=1.032$; $t_4=8.$; $t_5=1.663$

$$\sum t_i=6.421+1.032+8.927+1.663=18.043$$

$$m_2=0.355; m_3=0.060; m_4=0.494; m_5=0.091$$

Нанның технологиялық потенциалын есептеу формуласы

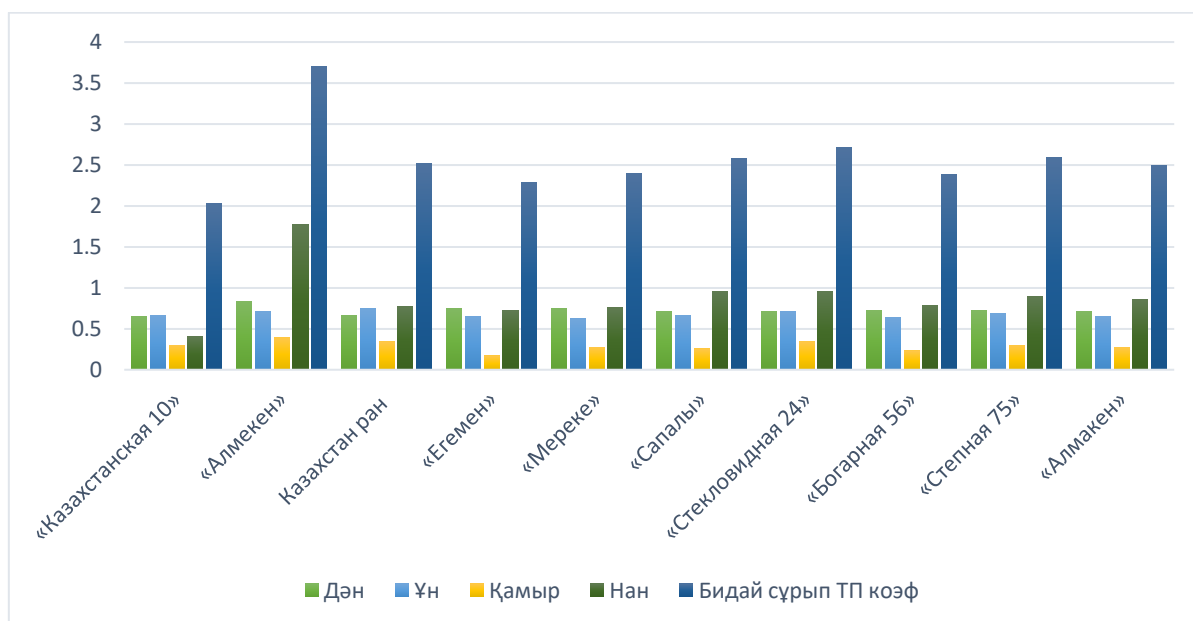
$$ТП_x=0,355 P/L + 0,060 Шт/Шж + 0,494 A/Жд + 0,091 Жд/Жұ \quad (4)$$

Жоғарыда алынған дән, ұн, камыр және нан үшін есептеу формулаларын (1,2,3,4) пайдаланып, әрбір бидай сұрыптары бойынша, олардың құрылымдарының технологиялық потенциалдары есептелінді. Есептемелердің

нәтижесі құрылымдар және жалпы толық сұрыптар бойынша 5-кестеде берілді, ал диаграммадағы көрінісі суретте көрсетілген.

Кесте 5. Бидай сұрыптарының дән, ұн, қамыр және нан бойынша технологиялық потенциалының жалпылама коэффициенттері

№	Бидай сұрыптарының үлгілері	Жалпылама коэффициенттер				Бидай сұрыптарының ТП коэффициенттері
		Дән	Ұн	Қамыр	Нан	
1	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская 10»	0,650	0,668	0,302	0.405	2,025
2	Жұмсақ жаздық бидай «Алмекен»	0,837	0,706	0,389	0.767	3,699
3	Жұмсақ жаздық бидай «Казахстанская раннеспелая»	0,661	0,746	0,341	0.766	2,514
4	Жұмсақ жаздық бидай «Егемен»	0,744	0,648	0,269	0.725	2,286
5	Жұмсақ жаздық бидай «Мереке»	0,744	0,624	0,276	0.755	2,399
6	Күздік бидай «Сапалы»	0,709	0,661	0,254	0.958	2,582
7	Күздік бидай «Стекловидная 24»	0,711	0,705	0,341	0.954	2,711
8	Күздік бидай «Богарная 56»	0,727	0,641	0,230	0.789	2,387
9	Күздік бидай «Степная 75»	0,720	0,687	0,296	0.888	2,591
10	Күздік бидай «Алмакен»	0,717	0,654	0,273	0.853	2,497



Сурет 1. Технологиялық потенциалының жалпылама коэффициенттері

Жұмсақ жаздық және күздік бидай сұрыптарының ішінен 10- түрлі бидай сұрыптарының дән, ұн, қамыр, нандық қасиеттерін зерттеп технологиялық потенциалы анықталды. Құрылымдардың технологиялық потенциалдарының үлкен, орташа және кіші шамаларға ие. Кестедегі келтірілген потенциал шамасы дәндерге 0,650-0,837; ұнға 0,604-

0,746; қамырға 0,169-0,389; нанға 0,405-0,958, ал жалпы сұрыптарға байланысты 2,025-3,699 өзгерістері байқалады. Дәндердің технологиялық потенциалдарын өзара салыстырғанда ең үлкен потенциалға 0,837 жұмсақ бидай Алмекенге қатысты орташасы Егемен, Мереке, Стекловидная 24, Богарная 56, Степная 75, Алмакен, төменгісі

Казахстанская 10 және Казахстанская раннеспелая болып тұр. Орташа шамадағы дәндердің технологиялық потенциалы 7-ге тән, кіші деңгейдегі 2- сұрыпта, ең үлкені бір сұрыпта екені көрініп тұр. Осы дән бойынша технологиялық потенциалын талдау, жалпы жұмсақ күздік және жаздық сұрыптарының сапалық деңгейлерінің көп айырмашылығы көрінбейді.

Осындай талдауды ұнның, қамырдың бидай сұрыптарының құрылымдары бойынша жүргізу арқылы, технологиялық потенциалдарының айырмашылықтарын көреміз. Дәннің үлкен потенциалына қарағанда ұндыке төменірек сұрып Егемен (0,744 дән 0,648 ұн), дәнінің кіші потенциалына ұнның потенциалы жоғарырақ сұрып Казахстанская раннеспелая (0,661 дән 0,746 ұн). Ұнның жақсы қасиеттері қамырға берілетіні, технологиялық потенциалдарына байланысты болатындығы байқалады сұрып Алмекен (0,706 ұн 0,389 қамыр), Казахстанская раннеспелая 0,746 ұн, 0,341 қамыр; Егемен 0,648 ұн, 0,269 қамыр, Богарная 56 641 ұн, 230 қамыр т.б.

Нанның технологиялық потенциалы сұрыптар бойынша қамырдың потенциалына тікелей байланыстылығы көрінбейді. Мысалы Казахстанская раннеспелая 0,341 қамыр, 0,766 нан, сұрып Сапалы 0,254 қамыр, 0,958 нан; сұрып Богарная 56 0,230 қамыр, 0,789 нан; сұрып Стекловидная 24 0,341 ұн, 0,954 нан. Сұрыптардың дәндері, ұндары, қамыры және нандары бойынша олардың сипаттайтын толық технологиялық потенциалдарының шамалар-ының есептелген деңгейі көрсетілген. Осы сұрыптардың толық технологиялық потенциалдары бойынша ранжировка жасап сапалық жағынан белсенділік анықтауға болады.

Қорытынды

Бидай сұрыптарынан біртұтас ұндарды алудың стандарттық жүйесін қалыптастыруда олардың өзара технологиялық потенциалын салыстыру арқылы 10-бидай сұрыптарының ішінен үш топқа бөлуді қарастырылды: жоғарғы I, орта II және төменірек III. Осы бөлінген топтар бойынша жекеленген біртұтас ұндарды ірілігіне қарай: үлкен, орта және кіші деп әрбір сұрыптан үш түрлі біртұтас ұндардың түрлері шығарылды. Жалпы зерттеудің қортындысы бойынша, біртұтас ұнды бидай сұрыптарынан алудың және технологиялық потенциалдарына байланысты ғылыми тұрғыдан құрастырудың тиімділігі жоғары болатынын көрсетеді.

Біртұтас бидай ұндарының стандарттық сұрыптарын қалыптастыра отырып, нан өнімдерінің стандарттық талаптарға сәйкес рецептураларының негізін қалайды.

Зерттеу нәтижелерін талдау бойынша дән, ұн, қамыр, нан бойынша математикалық, көптік корреляция, Фишер, Стюдент коэффициенттері есептелініп технологиялық потенциал шығарылды.

Бидай сұрыптарының дән, ұн, қамыр және нан бойынша технологиялық потенциалының жалпылама коэффициенттері бойынша жоғары көрсеткіш жаздық бидай сұрыптары бойынша I-топ Алмекен -3,699, казахстанская раннеспелая- 2,514, күздік бидай сұрыптары бойынша Стекловидная 24-2,711, Степная 75-2,591 жоғары технологиялық потенциалға ие. Орташа көрсеткіш жаздық бидай сұрыптарында II-топ Мереке -2,286, Егемен- 2,399 күздік бидай бойынша Сапалы -2,497, Алмекен -2,582 төменгі көрсеткіш III-топ жаздық бидай Казахстанская 10-2,025, күздік бидай Богарная 56-2,387 көрсеткішті құрады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Урозалиев Р. А., Изтаев А. И., Кулажанов Т. К., Есимбекова М. А., Аширбаева С. А., Онгарбаева Н. О., Исакова Г. К., Якияева М. А. Селекция, производство, переработка пшеницы и тритикале: монография. – Алматы: ТОО «Издательство Фортуна Полиграф», 2023. – 1048 с.
2. Онгарбаева Н. О., Аскарбеков Э. Б. Ұн технологиясы: оқулық / Г. А. Егоровтың қолдауымен. – Алматы: АТУ, 2014. – 143 б.
3. Исакова Г. К., Мулдабекова Б. Ж. Макарон өндірісінің технологиясы. Шикізаттар мен материалдар: оқу құралы. – Алматы: Полиграфия-сервис и К, 2014. – 166 б.
4. Онгарбаева Н., Нургожина Ж. К. Астық сапасын анықтау тәсілдері : оқу құралы. – Алматы: АТУ, 2014. – 98 б.
5. Байысбаева М. П. Наубайхана өндірісінде қолданылатын шикізаттар мен материалдар: оқу құралы. – Алматы, 2016. – 74 б.
6. Велекжанин В. С. Источники селекционно-ценных признаков в селекции интенсивных и полунтенсивных сортов яровой мягкой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 11 (121). – С. 5–9.
7. Волкова Н. А. Технологические и биохимические показатели качества зерна сортов озимых культур в Северном Зауралье: автореф. Дис. канд. техн. наук: 06.01.05 / Волкова Наталья Алексеевна; Гос. аграр. ун-т Сев. Зауралья. – Тюмень, 2015. – 198 с.

8. Баубеков С., Сейтпанов П. Өнім сапасын бақылау : оқу құралы. – Астана: Фолиант, 2014. – 152 б.

9. Ковальской Л. П. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / под ред. – М.: Агропромиздат, 2011. – 336 с.

10. Тутов Н. Г., Авроров Г. В., Авроров В. А. Производство хлеба и хлебобулочных изделий на малых предприятиях: монография. – М.: Издательство ТНТ, 2021. – 231 с.

11. Онгарбаева Н. О., Батырбаева Н. Б., Нургожина Ж. К. Дәннің ұнның және жарманың сапасын бақылау: оқулық. – Алматы, 2016. – 99 б.

12. Сергеева И. Ю., Кардашева М. В. Физико-химические основы и общие принципы переработки растительного сырья: лабораторный практикум. – Кемерово, 2020. – 204 с.

13. Рубец В. С., Ворончихина И. Н., Пыльнев В. В., Ворончихин В. В., Маренкова А. Г. Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (*Triticum L.*) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – Вып. 5. – С. 89–108.

14. Манжесов В. И., Тертычная Т. Н., Калашникова С. В. Технология хранения продукции растениеводства. – СПб.: ГИОРД, 2018. – 464 с.

15. Черных В. Я., Иванов В. С. Регулирование сахарообразующей способности хлебопекарной муки: монография. – М.: Буки Веди, 2019. – 142 с.

REFERENCES

1. Urozaliev R. A., Istaev A. I., Kulazhanov T. K., Esimbekova M. A., Ashirbaeva S. A., Ongarbaeva N. O., Iskakova G. K., Yakiyaeva M. A. Seleksiya, proizvodstvo, pererabotka pshenitsy i tritikale: monografiya. [Selection, production, processing of wheat and triticale: monograph] – Almaty: TOO “Izdatel’stvo Fortuna Poligraf”, 2023. – 1048 s. (In Russian)

2. Ongarbaeva N. O., Askarbekov E. B. Un tekhnologiyasy: oku’lyk [Flour technology: textbook] / G. A. Egorovtyn qoldauymen. – Almaty: ATU, 2014. – 143 b. (In Kazakh)

3. Iskakova G. K., Muldabekova B. Zh. Makaron ondirisinin tekhnologiyasy. Shikizatlar men materialdar: oku’ quraly [Pasta production technology. Raw materials and materials: a textbook]. – Almaty: Poligrafiya-servis i K, 2014. – 166 b. (In Kazakh)

4. Ongarbaeva N., Nurgozhina Zh. K. Astyk sapasyn anyqtau tasilderi: oku’ quraly [Methods for determining grain quality: a textbook]. – Almaty: ATU, 2014. – 98 b. (In Kazakh)

5. Bayysbaeva M. P. Naubaykhana ondirisinde qoldanylatyn shikizatlar men materialdar: oku’ quraly [Raw materials and materials used in bakery production: a textbook]. – Almaty, 2016. – 74 b. (In Kazakh)

6. Valekzhanin V. S. Istochniki selektsionno-sennyykh priznakov v selektsii intensivnykh i poluintensivnykh sortov yarovoy myagkoy pshenitsy [Sources of valuable breeding traits in the selection of intensive and semi-intensive varieties of spring soft wheat] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 11 (121). – S. 5–9. (In Russian)

7. Volkova N. A. Tekhnologicheskiye i biokhimicheskiye pokazateli kachestva zerna sortov ozimyykh kul’tur v Severnom Zaural’ye [Technological and biochemical indicators of grain quality of winter crop varieties in the Northern Trans-Urals]: avto-ref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 06.01.05 / Volkova Natalia Alekseevna; Gos. agrar. un-t Sevr. Zauralya. – Tyumen’, 2015. – 198 s. (In Russian)

8. Baubekov S., Seitpanov P. Үнім сапасын бақылау: оқу қуралы [Product quality control: a training manual]. – Астана: Фолиант, 2014. – 152 б. (In Kazakh)

9. Koval’skoy L. P. Laboratornyy praktikum po obshchey tekhnologii pishchevykh proizvodstv [Laboratory workshop on general technology of food production] / pod red. – M.: Agropromizdat, 2011. – 336 s. (In Russian)

10. Tutov N. G., Avrorov G. V., Avrorov V. A. Proizvodstvo khleba i khlebobulochnyykh izdeliy na malyykh predpriyatiyakh: monografiya [Production of bread and bakery products in small enterprises: monograph]. – M.: Izdatel’stvo TNT, 2021. – 231 s. (Rus)

11. Ongarbaeva N. O., Batyrbaeva N. B., Nurgozhina Zh. K. Dәннің, ұнның және жарманың сапасын бақылау: оқулық [Quality control of grain, flour and cereals: textbook]. – Almaty, 2016. – 99 б. (In Kazakh)

12. Sergeeva I. Yu., Kardasheva M. V. Fiziko-khimicheskiye osnovy i obshchiye printsipy pererabotki rastitel’nogo syrya: laboratornyy praktikum [Physicochemical foundations and general principles of processing plant materials: laboratory practical training]. – Kemerovo, 2020. – 204 s. (In Russian)

13. Rubets V. S., Voronchikhina I. N., Pylneyev V. V., Voronchikhin V. V., Marenkova A. G. Vliyanie meteorologicheskikh usloviy na kachestvo zerna yarovoy pshenitsy (*Triticum L.*) [The influence of meteorological conditions on the quality of spring wheat grain (*Triticum L.*)] // Izvestiya Timiryazevskoy sel’skokhozyaystvennoy akademii. – 2021. – Vyp. 5. – S. 89–108. (In Russian)

14. Manzhesov V. I., Tertychnaya T. N., Kalashnikova S. V. Tekhnologiya khraneniya produktov rastenievodstva [Technology of storage of plant products]. – SPb.: GIORД, 2018. – 464 s. (In Russian)

15. Chernykh V. Ya., Ivanov V. S. Regulirovaniye sakharoobrazuyushchey sposobnosti khlebopekarnoy muki: monografiya [Regulation of sugar-forming capacity of bakery flour: monograph]. – M.: Buki Vedi, 2019. – 142 s. (In Russian)

ӨСКЕН ДӘНДІ ДАҚЫЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ НАННЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

¹Г.Н. НҰРЫМХАН , ¹Е.К. ЖИЕНБАЕВА *, ²А.И. МАТИБАЕВА 

¹«Шәкәрім университеті» Қазақстан Республикасы, 071410, Семей қ., Глинка көшесі 20А

²«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы, 050012,
Алматы қ., Алмалы ауданы, Төле би көшесі 100)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: minzi007@mail.ru*

Теңгерімді және дұрыс тамақтану – қазіргі адамның өмірінде маңызды рөл атқарады. Адамдар ақуыздар, дәрумендер мен минералды заттарды аз тұтынған жағдайда, олардың тамақтану құрылымы өзгереді, бұл өз кезегінде құрамында осы жетіспейтін заттары бар өнімдерді жасау қажеттілігін туындатады. Мұндай жағдайлардың туындау себептері әртүрлі: әлеуметтік жағдайға, адамдардың өмір сүру салты мен ең бастысы – дұрыс тамақтану туралы білімнің аздығына байланысты. Қазіргі кезде өндірісте арзан, жаппай тұтынуға арналған нан өнімдері басым. Ал емдік-диеталық және алдын алу мақсатындағы өнімдер жеткіліксіз көлемде шығарылады, бұл нан-тоқаш бұйымдарын өндіру көлемінің төмендеуі аясында алаңдаушылық тудырады. Функционалды тамақ өнімдерін өндірудің тиімді бағыттарының бірі – құрамында қосымша қоректік заттары бар дәнді дақыл өнімдерін шығару. Шикізат бағасының төмен болуына байланысты мұндай өнімдер халықтың кең тобына қолжетімді және дәстүрлі өнімдерді алмастыра алады. Өндірісте өскен дәндердің нарықтағы жағдайын және даму болашағын талдай отырып, таңдалған өнім нанның тағамдық құндылығын арттырып, оның дәмдік қасиеттерін жақсартып алады. Мақалада өскен жасыл қарақұмық қосылған нанның рецептурасы, органолептикалық және физика-химиялық қасиеттері толық қарастырылады.

Негізгі сөздер: нан, жасыл қарақұмық, өскен дәндер, физика-химиялық көрсеткіштер, тағамдық құндылық, биологиялық құндылық.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОРОЩЕГО ЗЕРНА

¹Г.Н. НУРЫМХАН, ¹Е.К.ЖИЕНБАЕВА*, ²А.И.МАТИБАЕВА

¹«Университет Шакарима», Республика Казахстан, 071410, г. Семей, ул. Глинки, 20А

²АО «Алматинский технологический университет», Республика Казахстан, 050012,
г. Алматы, Алмалинский район, ул. Толе би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: minzi007@mail.ru*

Правильное и сбалансированное питание играет ключевую роль в поддержании здоровья человека. В условиях снижения потребления белков, витаминов и минералов меняется структура питания, что делает актуальным создание продуктов, дополненных недостающими веществами. Причины подобных нарушений связаны с образом жизни, социальными условиями и, в первую очередь, с недостаточной информированностью населения о принципах здорового питания. На рынке преобладает дешевый хлеб массового производства, в то время как продукция с лечебно-профилактическими свойствами выпускается в недостаточном объеме, особенно на фоне общего снижения производства хлебобулочных изделий. Одним из перспективных направлений в развитии функционального питания является выпуск обогащенных зерновых продуктов. Благодаря доступности сырья такие изделия могут заменить традиционные аналоги и быть востребованы широким кругом потребителей. Учитывая состояние рынка и потенциал использования пророщенного зерна, выбранный продукт способен повысить питательную ценность хлеба и улучшить его вкусовые качества. В статье представлены рецептура и характеристики хлеба с добавлением пророщенной зелёной гречки, включая его органолептические и физико-химические свойства.

Ключевые слова: хлеб, зеленая гречка, пророщенные зерна, физико-химические показатели, пищевая ценность, биологическая ценность.

TECHNOLOGY OF PRODUCING BREAD USING SPROUTED GRAIN

¹G.N. NURYMKHAN, ¹ E.K.ZHIENBAEVA, ²A.I.MATIBAEVA

(¹"Shakarim University", Kazakhstan, 071410, Semey, st. Glinki, 20A

² JSC "Almaty Technological University", Kazakhstan, 050012, Almaty, Almaly district, Tole bi str., 100)

Corresponding author's e-mail: minzi007@mail.ru*

Rational and balanced nutrition plays an important role in the life of a modern person. With a decrease in the consumption of proteins, vitamins and minerals by the population, the structure of their diet changes, which leads to the need to create products enriched with these missing components. The causes of the disorder can be different and depend on social factors, people's habits and, most importantly, on the lack of knowledge about proper nutrition. The main share in production is made up of inexpensive varieties of mass-produced bread. In the context of a decline in the production of bakery products, insufficient production of these products for dietary, therapeutic and prophylactic purposes is of particular concern. One of the progressive directions in the development of the production of functional foods is the creation of fortified grain products, since due to the low cost of raw materials, they are available to a wide range of people and can replace it. Having analyzed the existing market for sprouted grain and the prospects for its development, the selected product will increase the nutritional value of bread and improve its consumer qualities. The article presents the recipe, organoleptic and physicochemical properties of bread enriched with sprouted green buckwheat grains.

Keywords: bread, green buckwheat, sprouted grains, physical and chemical indicators, nutritional value, biological value.

Kіpіcne

Тамақтану – халықтың денсаулығын анықтайтын негізгі факторлардың бірі. Дұрыс тамақтану әртүрлі аурулардың алдын алуға көмектеседі, өмір сүру ұзақтығын арттырады және өнімділікті арттырады. Қазақстандықтардың рационнда нан ерекше орын алады, өйткені ол негізгі тағам. Мәліметтер бойынша, нан өнімдері ағзаның энергияға қажеттілігінің шамамен 30%, сондай-ақ өсімдік ақуыз-дарының 20-30% және көмірсулардың 30% дейін қамтамасыз етеді [1].

Нан өнімдерін өндіру саласындағы болашағы зор бағыттардың бірі – өскен дәндерді пайдалану болып табылады. Бұл әдіс дәннің табиғатынан берілген қоректік заттардың барлығын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Дәннің өну процесі кезінде оның антиоксиданттық белсенділігі айтарлықтай артады, бұл оны функционалды өнімдер құрамында ерекше құнды етеді [2].

Өскен дәндер нанның құрамын дәрумендермен, минералдармен және тағамдық талшықтармен байытып қана қоймай, өнімдегі майлардың тотығу процесін баяулатып, сақтау мерзімін ұзартуға және сапасын жақсартуға септігін тигізеді. Бұл технология синтетикалық қоспаларды қолданбай-ақ, нан сапасын арттыруға мүмкіндік береді [3,4].

Зерттеудің практикалық маңыздылығы – өскен дәндерді пайдалану арқылы нан өнімдерін дайындаудың жаңа технологиясын әзірлеуде. Жұмыс аясында өскен дән нарығының қазіргі

жағдайы талданып, тұтынушылардың бұл өнім жайлы хабардар болу деңгейі бағаланды. Сонымен қатар, дәннің биологиялық белсенділігін жоғарылататын әрі технологиялық тұрғыдан тиімді өну режимдері анықталды.

Осылайша, өнімнің өзіндік құны сәл жоғарылағанымен, өскен дән қосылған нан нарықта бәсекеге қабілетті болып, тұтынушылар арасында сұранысқа ие бола алады. Бұл бағыт функционалды нан өнімдерінің асортиментін кеңейтіп, олардың адам денсаулығына оң әсер етіп, аурулардың алдын алуға мүмкіндік береді [5].

Лукин А.А. мен Меренкова С.П. мақаласында өнген бидай ұнын пайдалану арқылы нан-тоқаш өнімінің технологиясын жетілдіру мәселесі қарастырылады. Авторлар пісірілген нанның сапасына әртүрлі мөлшерде (5–20%) өнген бидай ұнын қосудың әсерін зерттеген. Нәтижесінде, бидай ұнының 10%-ына дейін өнген ұнмен алмастырғанда, өнімнің тағамдық құндылығы айтарлықтай артады: В тобының дәрумендері, антиоксиданттар, тағамдық талшықтар және ферменттердің мөлшері көбейеді. Сонымен қатар, нанның дәмі, құрылымы және сыртқы түрі жақсы деңгейде сақталады. Алайда, өнген ұнның мөлшері 15%-дан асқанда, қамырдың иілімділігі төмендеп, дайын өнімнің көлемі кішірейіп, органолептикалық көрсеткіштері нашарлайды [6].

Науменко Н.В., Паймулина А.В. және Велямов М.Т. мақаласында өнген бидайдан алынған ұн бөлшектерінің өлшемі қамыр

қасиеттері мен нан сапасына қалай әсер ететіні қарастырылады. Зерттеуде дән ультрадыбыс-тық әдіспен өндіріліп, ұсақталып, орташа бөлшек өлшемі шамамен 177 мкм болатын ұн алынды. Зерттеу нәтижесінде мұндай ұнды бірінші сортты бидай ұнына 20% мөлшерінде қосқанда, қамырдың ашу процесі белсенді-рілетіні, қант пен газ түзілуі жақсаратыны және дайын нанның тағамдық құндылығы артатыны анықталды. Сонымен қатар, нанның дәмі мен сыртқы түрі де жақсы деңгейде сақталады [7].

А.Л. Вебер, Л.В. Белан, Л.Г. Швед жүргізген зерттеу жұмысының мақсаты – өскен фасоль дәндерінің өсімдік дисперсиясын пайдалана отырып, құнарлылығы жоғары бидай нанын өндіру технологиясын әзірлеу. Зерттеу әдістемесінде фасоль дәндері өніп шыққаннан кейін ұсақталып, паста тәрізді өсімдік қоспасы дайындалып, ол бидай нан қамырына әртүрлі мөлшерде қосылды. Тәжірибелер нәтижесінде мұндай қоспаның оңтайлы мөлшері шамамен ұн массасының 10%-ын құрайтыны анықталды. Дәл осы дозада нанның қоректік қасиеттері едәуір жақсарады: нанның ақуыз мөлшері артты (әсіресе бидайда тапшы лизин аминқышқылы көбейді), ал энергиялық құндылығы сәл төмендеді. Оптималды қосымшасы бар нанның дәмі, иісі және құрылымы дегустацияда жоғары баға алды – жұмсағы жұмсақ, хош иісті, жағымды сәл жаңғақ тәрізді дәмімен ерекшеленді. Ал қосылатын мөлшер шектен тыс көбейгенде нан сапасы төмендей бастады: қамырдың көтерілуі нашарлап, нан тығыздау және ылғалдылау болып шықты, дәмінде бұршақтың анық білінетін дәмі пайда болды. Сондықтан өскен фасоль негізді қоспаны белгіленген оптималды деңгейде қолдану нанның ең жоғары пайдалы және жағымды сапаларын қамтамасыз етеді [8].

Е. Н. Черненко, Е. И. Кощина, А. А. Черненко мақаласында нан-тоқаш өнімдерін дайындауда өнген бұршақ тұқымдас дәндерді (жасымықты) пайдалану мүмкіндіктері қарастырылады. Авторлардың зерттеуі бойынша, өнген бұршақ дақылдарын нанға қосу өнімнің құнарлылығын айтарлықтай арттырып, ақуыздың, дәрумендердің және минералды заттардың мөлшерін көбейтеді. Сонымен қатар дайын нанның дәмдік және хош иістік көрсеткіштері де жақсарады. Осылайша, өнген бұршақ тұқымдас дәндерді нан өндірісінде пайдалану өнімнің тағамдық құндылығын жоғарылатып, сапасын жақсартудың тиімді тәсілі болып саналады [9].

Гаэтано Кардоне, Паоло Д'Инчекко, Мария Амбродина Пагани, Алессандра Марти

зерттеуінде пайдаланылған жағдайларда (48 сағ, 20 °C және 90% салыстырмалы ылғал-дылық), тұтас дәнді ұнды пайдаланған кезде өну нан биіктігін (~20%), меншікті көлемді (~15%) және үгіндінің жұмсақтығын (24 сағат сақтаудан кейін ~200%) жақсартты [10].

Рэйчел Джонстон, Джон М. Мартин, Джастин М. Вик, Кармен Байкер-Шанкс зерттеуіндегі бидайдың ылғалдылығы ~200% дейін өсірілуі нанның көлемін арттырады және тұтас дәнді нанның тұтынушылық тартымдылығын арттырады. Тұтынушылардың қызығушылығының артуы тұтас дәнді нанды тұтынудың артуына әкелуі мүмкін [11].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеуде өнген жасыл қаракұмық ұнтағымен байытылған нан өнімдері зерттеу нысаны ретінде таңдалды. Нан дайындауға қолданылатын барлық шикізат нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сай тексерілді. Нан сапасы келесі көрсеткіштер бойынша талданды: органолептикалық қасиеттер (сыртқы түрі, дәмі, иісі) МЕМСТ 5667-65 бойынша анықталды; ылғалдылық көрсеткіші МЕМСТ 21094-75 бойынша өлшенді; қышқылдылық деңгейі МЕМСТ 5670-5 бойынша тексерілді; ал ұн құрамындағы бөгде қоспалар мөлшері МЕМСТ 20239-74 бойынша анықталды [12].

Зерттеу нәтижесінде өскен жасыл қарқұмық дәнінің бақыланатын өну процесі ұнтақ алудың негізі болып табылатыны және негізгі міндеті гидролитикалық ферменттерді белсендіру есебінен пайдалы заттардың максималды жинақталуы екені белгілі болды. Астық массасының тым жоғары ферментативті белсенділігі белгілі бір дәрежеде өнім сапасына кері әсер етеді. Астық массасының автолитикалық белсенділігінің біршама төмендеуі өнімнің сапасына оң әсер ететіні анық.

Өскен дәннен нан өндіруде дәннің су сіңіру және өсу кезеңдері ерекше орын алады. Температура мен өну ұзақтығының бидай дәнінің өнгіш қасиеттеріне әсері зерттелді.

Астық 4 сағат бойы 1:3 суға қатынасында 40°C температурада суға малынған. Содан кейін суланған дәнді 26 °C-тан 30 °C-қа дейінгі температурада 24-тен 48 сағатқа дейін мезгіл-мезгіл ылғалдандырдық. Астық массасының қасиеттері өскен дәндердің саны (%) және өскіндердің ұзындығы бойынша бағаланды (Кесте 1 – Өскен дәннің сипаттамасына температура мен өсу ұзақтығының әсері).

Кесте 1. Өскен дәннің сипаттамасына температура мен өсу ұзақтығының әсері

Көрсеткіштер	Өсіру ұзақтығы, сағат			
	12	24	36	48
Температура, °C	20	22	25	30
Астық қасиеттері				
Өскен дәндердің саны, %	90	95	95	95
Өскіндердің ұзындығы, мм	2,5	3	3,5	4

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде өсіп шыққан жасыл қарақұмық дәндік массасының ең жақсы көрсеткіштеріне өну ұзақтығы 36 сағат және 25°C температурада, ал өскіндердің ұзындығы 3,5 мм-ге жететіні анықталды [13].

Өскен дәндер ұнтағын қосу арқылы тағамдық және биологиялық құндылығы артылған өнім құрамында: 48% қарабидай ұны; 24% өскен жасыл қарақұмық ұнтағы; 1% тұз; 2,5% қант; 1,0% ашытқы; 0,5% өсімдік майы, 23,0% су [14].

Компоненттерді таңдау кезінде олардың технологиялық қасиеттері, физика-химиялық көрсеткіштері ескеріледі. Жасыл қарақұмық жоғары тағамдық құндылыққа ие және құрамында: 13,85% ақуыз; 5% май; 44,93% көмірсулар, 6,5% талшық.

Табиғи жармадағы пайдалы ингредиенттердің жоғары мөлшері денсаулық жағдайына оң әсер етеді. Бүкіл әлемдегі диетологтар бұл өнімді профилактикалық, қалпына келтіретін, қалыпқа келтіретін және тазартатын құрал ретінде ұсынады, ол сонымен қатар ас қорыту жолынан оңай сіңеді және органикалық түрде шығарылады. 2-кестеде 100 г жасыл қарақұмыққа шаққанда тағамдық заттарының мөлшері келтірілген. Жасыл қарақұмық өсіріліп, кептіріліп, үгітілген түрінде де өзінің пайдалы қасиеттерін жоғалтпай ғана қоймай, жақсара түседі. Сол сияқты құрамындағы макро- және микроэлементтер: магний, кальций, темір, мырыш, натрий, калий, марганец, фосфор болып табылады (Кесте 2 – Жасыл қарақұмықтың химиялық құрамы) [15].

Кесте 2. Жасыл қарақұмықтың химиялық құрамы

Құрамы	Мөлшері, мг
Ақуыздар	12,6
Майлар	3,3
Көмірсулар	60
Тағамдық талшықтар	1,3
Су	14
Дәрумендер	
Дәрумен В1, тиамин	0,4
Дәрумен В2, рибофлавин	0,4
Дәрумен В3	7,0
Дәрумен Е, альфа токоферол	6,7
Дәрумен РР	4,2
Макроэлементтер	
Кальций	20,7
Кремний	81,0
Натрий	3
Калий	380
Магний	200
Фосфор	296
Микроэлементтер	
Темір	6,7
Марганец	1,56
Мырыш	2,05

Өскен жасыл қарақұмық қарабидай ұнына 25, 35, 50 қатынасында қосылды. Қарабидай мен өскен жасыл қарақұмық ұнтағы қоспасынан пісірілген нан-тоқаш өнімдерінің сынамалары пісіргеннен кейін 4, 24, 72 сағаттан кейін органолептикалық көрсеткіштер бойынша баллдық және профильдік-рангтық әдістерге сәйкес талданды.

Зерттеуде шикізат пен дайын өнімнің сапасы органолептикалық көрсеткіштер

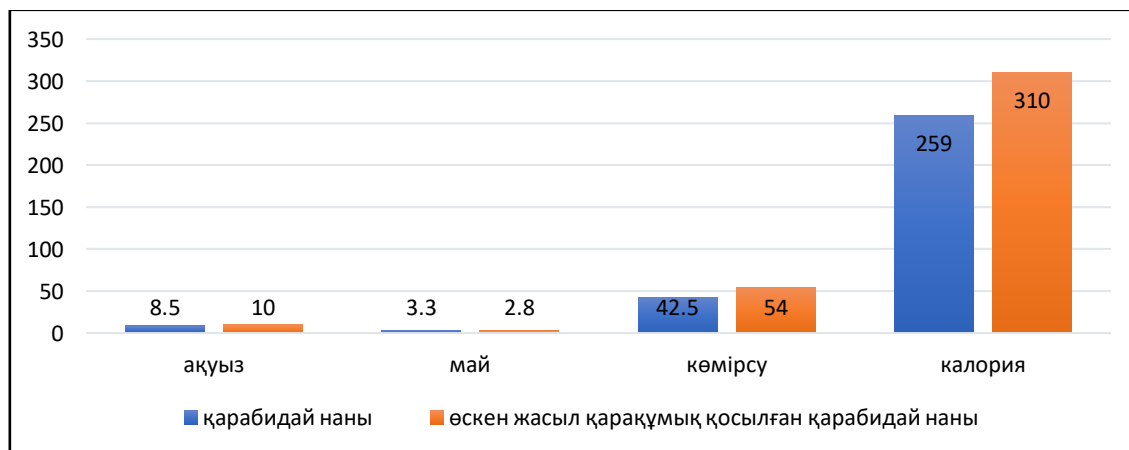
бойынша бағаланды. Өнімді дайындау барысында оның сапалық қасиеттерінің өзгеру динамикасына ерекше назар аударылды. Дайын өнімнің сапасын тексеру үшін дегустация жасалып, әр көрсеткіш бойынша дегустаторлар берген балдардың орташа мәні есептелді. Зерттеу нәтижесінде ең жоғары бағаны 2-ші үлгі алды. Алынған нәтижелер Кесте 3 - Дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштері берілген.

Кесте 3. Дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштері

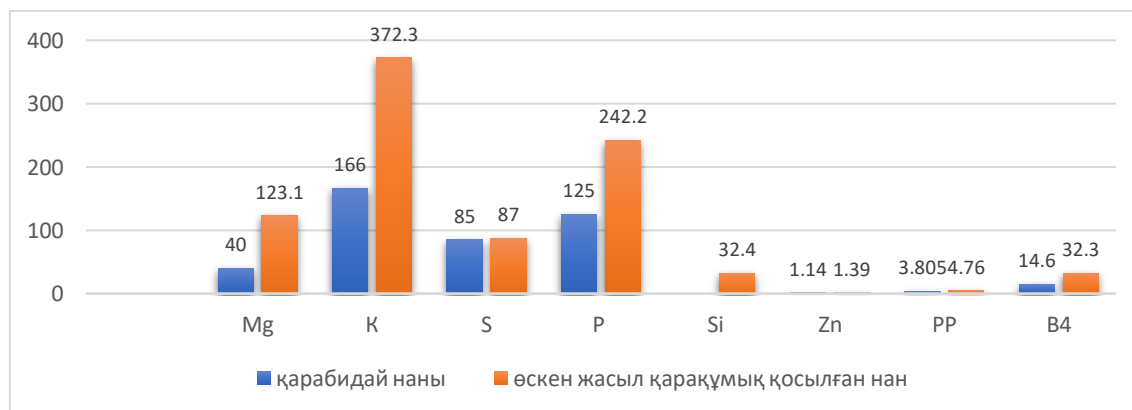
Үлгі	Түрі	Дәмі	Иісі	Консистенциясы	Орташа балы
1	4.1	4.3	4.4	4	4.2
2	4.5	4.8	4.5	4	4.5
3	5	5	5	5	5

Өнімнің калориялылығы аздап жоғарылғанмен (Сурет 1 - Жасыл қарақұмықтың тағамдық құндылығы мен химиялық құндылығы), ал бірақ тағам құрамындағы адам ағзасына қажетті макро және

микроэлементтер, дәрумендер мөлшері өсетіні байқалады (Сурет 2 - Нанның тағамдық құндылығы мен химиялық құрамы).



Сурет 1. Жасыл қарақұмықтың тағамдық құндылығы мен химиялық құндылығы



Сурет 2. Нанның тағамдық құндылығы мен химиялық құрамы

Нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу жүргізуде қолданылған әдістер мен материалдар арнайы белгіленген МЕМСТ талаптарына сәйкес таңдалып, талдау жұмыстары осы нормативтер негізінде іске асырылды. Атап айтқанда, дайын өнімнің микробиологиялық және физика-химиялық сапа көрсеткіштері зерттелді.

Органолептикалық талдау жасау үшін әр өнім түрінен массасы 300 г болатын үлгілер дайындалды. Ал физика-химиялық зерттеулер үшін өнімнің әрбір үлгісінен салмағы 150 г сынама алынды. Микробиологиялық сынама алу үшін өнімнің әртүрлі нүктелерінен бөлек-бөлек үлгілер жиналып, кейіннен олар біріктіріліп, жалпы салмағы 150 г құрайтын сынама дайындалды.

Алынған зерттеу нәтижелерін салыстырмалы талдау барысында, өнген жасыл қарақұмық қосылған қарабидай нанының тағамдық және биологиялық құндылығы дәстүрлі өнімдермен салыстырғанда айтарлықтай жоғары екені анық байқалды. Бұл өнімнің пайдалы компоненттерге бай, сапасы жоғары екендігін дәлелдейді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жасыл қарақұмықтың өскен дәндері және оларды өңдеу арқылы алынған өнімдерді қосып дайындаған нан-тоқаш өнімдерінің құрамында биологиялық жолмен оңай сіңірілетін дәрумендер мен минералдардың мөлшері жоғары екені анықталды.

Осыған байланысты, табиғи тағамдық қоспаларды нан өнімдерін өндіруде пайдалану заманауи дұрыс тамақтану қағидаларына толық сәйкес келеді. Мұндай табиғи қоспалар арқылы тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары функционалды нан-тоқаш өнімдерінің түрлерін көбейтуге мүмкіндік мол. Бұл бағытты дамыту болашақта адамдардың денсаулығын нығайтуға, тамақтану сапасын жақсартуға және жалпы тамақ өнеркәсібін жаңа деңгейге көтеруге көмектеседі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kulushtaeva, B., Nurymkhan, G. Composite flour production and assessment of the safety quality of gluten-free bread. Food Science and Technology Brazil - 2023, 43.
2. Пономарева, Е.И. Эффективность применения нетрадиционных видов сырья в технологии хлеба функционального назначения / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, Е.В. Зубкова, Т.А. Кучменко // Международный журнал прикладных и

фундаментальных исследований. – 2015. – №11-5. – С.605-608.

3. Гаврилова, О.М. Разработка технологии хлебобулочных изделий с применением гречневой муки. – 2008, М.,- 2008.

4. Тимербулатова, Э.И. Совершенствование технологии хлебобулочных изделий функционального назначения / В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Сборник докладов XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых. – 2018. – С. 140-145.

5. Киселева, Т.Л. Гречиха с позиции традиционной медицины и современных научных представлений: химические, пищевые, энергетические и лечебно-профилактические свойства. Аллергологические риски / Т.Л. Киселева, М.А. Киселева // Традиционная медицина. – 2016. – №3(46). – С. 16-41.

6. Лукин А.А., Меренкова С.П. Разработка технологии производства хлебобулочного изделия с использованием муки из пророщенного зерна пшеницы // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2016.

7. Науменко Н.В., Паймулина А.В., Велямов М.Т. Влияние размеров частиц муки из пророщенного зерна на ее технологические свойства и качество готовых изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019.

8. Вебер А.Л., Белан Л.В., Швед Л.Г. Разработка технологии хлеба пшеничного с использованием растительной дисперсии из пророщенного зерна фасоли / Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ во Омский ГАУ. – 2021. – с. 276-277.

9. Черненко Е.Н., Кошина Е.И., Черненко А.А. Применение пророщенных зернобобовых культур в хлебобулочных изделиях // Российский электронный научный журнал. – 2020. - №4(38) – с. 93-103.

10. Gaetano Cardone, Paolo D'Incecco, Maria Ambrogina Pagani, Alessandra Marti. Sprouting improves the bread-making performance of whole wheat flour. Society of Chemical Industry - 2020.

11. Rachel Johnston, John M. Martin, Justin M. Vetch. Controlled Sprouting in Wheat Increases Quality and Consumer Acceptability of Whole Wheat Bread. Cereal Chemistry – 2019.

12. Романов, А.С. Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырье, технологии, ассортимент: учеб. пособие / А.С. Романов, О.А. Ильина, С.В. Краус, В.С. Иунихина. – М.: ДеЛи плюс, 2016. – 635 с.

13. Гончаров, Ю.В. Инновационные аспекты разработки технологии хлеба из пророщенного зерна пшеницы: дис. канд. техн. наук: 05.18.01 / Ю.В. Гончаров. - Орел, 2008. -175 с.

14. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства /Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб.: Профессия, 2003. – 416с.

15. Бычкова, Е.С. Оценка пищевой ценности хлебцев из нетрадиционных видов муки / Е.С. Бычкова, Д.В. Госман, З.А. Акименко, А.Л. Бычков, О.И. Ломовский, Т.Я. Гусельникова, А.А. Черносос, Н.Ф. Бейзель // Пищевая промышленность. – 2017. – №7. – С.22-25.

REFERENCES

1. Kulushtaeva B., Nurymkhan G. Composite flour production and assessment of the safety quality of gluten-free bread [Composite Flour Production and Safety Evaluation of Gluten-Free Bread]. Food Science and Technology (Brazil), 2023, 43.
2. Ponomareva E.I., Lukina S.I., Zubkova E.V., Kuchmenko T.A. Effektivnost' primeneniya netraditsionnykh vidov syr'ya v tekhnologii khleba funktsional'nogo naznacheniya [Efficiency of Using Non-Traditional Raw Materials in Functional Bread Technology]. International Journal of Applied and Fundamental Research, 2015, 11(5): 605–608.
3. Gavrilo O.M. Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy s primeneniem grechnevoy muki [Development of Bakery Technology Using Buckwheat Flour]. Moscow, 2008.
4. Timerbulatova E.I. Sovershenstvovanie tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya [Improvement of Functional Bakery Product Technology]. In: Scientific and Technical Progress in Agricultural Production, 2018, pp. 140–145.
5. Kiseleva T.L., Kiseleva M.A. Grechikha: khimicheskiye, pishchevyye, lechebno-profilakticheskiye svoystva. Allergologicheskiye riski [Buckwheat: Chemical, Nutritional and Therapeutic Properties; Allergenic Risks]. Traditional Medicine, 2016, 3(46): 16–41.
6. Lukin A.A., Merenkova S.P. Razrabotka tekhnologii proizvodstva khlebobulochnogo izdeliya s ispol'zovaniyem muki iz prorozhennogo zerna pshenitsy [Development of Bakery Technology Using Sprouted Wheat Grain Flour]. Bulletin of South Ural State University. Food and Biotechnology Series, 2016.
7. Naumenko N.V., Paimulina A.V., Velyamov M.T. Vliyaniye razmerov chastits muki iz prorozhennogo zerna na tekhnologicheskiye svoystva i kachestvo izdeliy [Influence of Sprouted Grain Flour Particle Size on Technological Properties of Bakery Products]. Bulletin of South Ural State University. Food and Biotechnology Series, 2019.
8. Veber A.L., Belan L.V., Shved L.G. Razrabotka tekhnologii khleba pshenichnogo s ispol'zovaniyem rastitel'noy dispersii iz prorozhennogo zerna fasoli [Development of Wheat Bread Technology Using Plant Dispersion from Sprouted Bean Grain]. Catalogue of Scientific and Innovative Developments of Omsk SAU, 2021, pp. 276–277.
9. Chernenkov E.N., Koshchina E.I., Chernenkova A.A. Primeneniye prorozhennykh zernobovyykh kul'tur v khlebobulochnykh izdeliyakh [Use of Sprouted Legume Grains in Bakery Products]. Russian Electronic Scientific Journal, 2020, 4(38): 93–103.
10. Cardone G., D'Incecco P., Pagani M.A., Marti A. Sprouting improves the bread-making performance of whole wheat flour [Sprouting Improves the Technological Performance of Whole Wheat Flour]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020.
11. Johnston R., Martin J.M., Vetch J.M. Controlled sprouting in wheat increases quality and consumer acceptability of whole wheat bread [Controlled Sprouting Improves Quality of Whole Wheat Bread]. Cereal Chemistry, 2019.
12. Romanov A.S., Il'ina O.A., Kraus S.V., Iunikhina V.S. Khleb i khlebobulochnye izdeliya: syr'ye, tekhnologii, assortiment [Bread and Bakery Products: Raw Materials, Technology and Assortment]. Moscow: DeLi Plus, 2016.
13. Goncharov Yu.V. Innovatsionnyye aspekty razrabotki tekhnologii khleba iz prorozhennogo zerna pshenitsy [Innovative Aspects of Developing Sprouted Wheat Bread Technology]. Orel, 2008.
14. Auerman L.Ya. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva [Technology of Bakery Production]. St. Petersburg: Professiya, 2003.
15. Bychkova E.S., Gosman D.V., Akimenko Z.A., Bychkov A.L., Lomovskiy O.I., Gusel'nikova T.Ya., Chernosov A.A., Beyzel' N.F. Otsenka pishchevoy tsennosti khlebtsev iz netraditsionnykh vidov muki [Evaluation of Nutritional Value of Crispbreads from Non-Traditional Flours]. Food Industry, 2017, 7: 22–25.

СЕМЕЙ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ҚҰС ФАБРИКАЛАРЫНАН АЛЫНҒАН ҚҰС ҰШАЛАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

А.К. СУЙЧИНОВ , Г.Е. СЫДЫКОВА , З.Т. СМАГУЛОВА ,
Е.Н. МОЙСЕЕВА , Э.К. ОКУСХАНОВ , Г.Е. ЖҮЗЖАСАРОВА* 

(Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты, Қазақстан Республикасы, 071410, Семей қаласы, Байтұрсынов көш., 29)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: gulnur900607@gmail.com*

Бұл зерттеуде құс ұшаларының химиялық құрамы, олардың тағамдық құндылығы мен технологиялық қасиеттері кешенді түрде қарастырылды. Зерттеу нысандары ретінде бройлер балапандары мен үй құстары (тауық, қаз, үйрек, күрке тауық) пайдаланылды. Үлгілер Қазақстандағы бірнеше құс фабрикаларынан алынып, стандартталған әдістемелер бойынша зерттелді. Сонымен қатар, еттің функционалды-технологиялық көрсеткіштері: ылғал байланыстыру қабілеті, ылғал мен май ұстау қабілеті, эмульгациялау қасиеті, эмульсия тұрақтылығы және құрылымдық-механикалық сипаттамалар (кесу күші) зерттелді. Нәтижелер бойынша бройлер етінің тағамдық құндылығы мен технологиялық қасиеттері жоғары екендігі дәлелденді. Ақуыз мөлшері 20%-дан асты, май үлесі 1–2% шегінде болды, ал аминқышқылдық құрамы толыққанды екендігі анықталды. Үй құстарының етінде тағамдық құндылық көрсеткіштері салыстырмалы түрде төмендеу, бірақ майлылығы жоғарырақ. Зерттеу нәтижелері бойынша бройлер етінің жоғары ылғал байланыстыру қабілеті мен эмульсия тұрақтылығы оның ұсақ тартылған ет өнімдері технологиясында тиімді қолданылуына мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен қатар, әртүрлі құс түрлерінен алынған ет те ұқсас технологиялық сипаттамаларға ие болып, оларды қолдану дайын өнімнің құрылымдық-механикалық және органолептикалық көрсеткіштерін жақсартатыны анықталды. Алынған нәтижелер құс етінен сапалы әрі бәсекеге қабілетті өнімдер өндірісіне негіз бола алады.

Негізгі сөздер: құс еті, бройлер, химиялық құрам, тағамдық құндылық, функционалды-технологиялық көрсеткіштер.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТУШЕК ПТИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПТИЦЕФАБРИК ГОРОДА СЕМЕЙ

А.К. СУЙЧИНОВ, Г.Е. СЫДЫКОВА, З.Т. СМАГУЛОВА,
Е.Н. МОЙСЕЕВА, Э.К. ОКУСХАНОВА, Г.Е. ЖҮЗЖАСАРОВА*

(«Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан, 071410, г. Семей, ул. Байтұрсынова, 29)
Электронная почта автора-корреспондента: gulnur900607@gmail.com*

В данном исследовании комплексно рассмотрены химический состав тушек птицы, их пищевая ценность и технологические свойства. Объектами исследования выступили бройлеры и сельскохозяйственная птица (курица, гусь, утка, индейка). Образцы были получены с нескольких птицефабрик Казахстана и исследованы по стандартным методикам. Химический состав оценивался по массовой доле влаги, белка, жира и золы. Также изучались функционально-технологические показатели мяса: влагосвязывающая способность, влаго- и жиросодерживающая способность, эмульгирующая способность, стабильность эмульсии и структурно-механические характеристики (усилие среза). Результаты показали, что мясо бройлеров обладает более высокой пищевой ценностью и лучшими технологическими свойствами. В их тушках выше доля мышечной ткани и ниже количество костной и соединительной тканей. Содержание белка превышало 20%, доля жира находилась в пределах 1–2%, аминокислотный состав был полноценным. У домашней птицы пищевая ценность оказалась несколько ниже, но уровень жирности выше. Результаты исследования показали, что высокая влагоудерживающая способность и стабильность эмульсии мяса бройлеров обеспечивают его эффективное использование в

технологии измельчённых мясных изделий. Кроме того, установлено, что мясо различных видов птицы обладает сходными технологическими характеристиками, что способствует улучшению структурно-механических и органолептических показателей готовой продукции. Полученные результаты могут служить основой для производства качественной и конкурентоспособной продукции из мяса птицы.

Ключевые слова: мясо птицы, бройлеры, химический состав, пищевая ценность, функционально-технологические показатели.

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF POULTRY CARCASSES OBTAINED FROM POULTRY FARMS IN SEMEY CITY

A.K. SUICHINOV, G.E. SYDYKOVA, Z.T. SMAGULOVA,
E.N. MOISEEVA, E.K. OKUSKHANOVA, G. E. ZHUZZHASAROVA*

(Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry, Kazakhstan, 071410,
Semey Baitursynov str., 29)

Corresponding author's e-mail: gulnur900607@gmail.com*

This study comprehensively examined the chemical composition of poultry carcasses, their nutritional value, and technological properties. The research objects included broiler chickens and domestic poultry (chicken, goose, duck, and turkey). Samples were obtained from several poultry farms in Kazakhstan and analyzed using standardized methods. The chemical composition was assessed by measuring the mass fractions of moisture, protein, fat, and ash. In addition, the functional-technological properties of meat were evaluated, including water-binding capacity, water- and fat-holding capacity, emulsifying ability, emulsion stability, and structural-mechanical characteristics (shear force). The results demonstrated that broiler meat has higher nutritional value and better technological properties. Their carcasses contained a greater proportion of muscle tissue and less bone and connective tissue. Protein content exceeded 20%, fat content ranged between 1–2%, and the amino acid profile was found to be complete. In domestic poultry, nutritional indicators were relatively lower, but fat content was higher. The research results showed that the high water-holding capacity and emulsion stability of broiler meat enable its effective use in the production technology of minced meat products. In addition, it was found that meat from different poultry species possesses similar technological properties, which contribute to the improvement of the structural, mechanical, and organoleptic characteristics of the final products. The results obtained can serve as a basis for producing high-quality and competitive poultry meat products.

Keywords: poultry meat, broilers, chemical composition, nutritional value, functional-technological parameters.

Kіpіcne.

Елімізде құс шаруашылығы ауыл шаруашылығының маңызды салаларының бірі болып табылады және халықты жоғары сапалы тағамдық өнімдермен қамтамасыз етуде елеулі рөл атқарады. Құс шаруашылығы саласының тиімді дамуы мен тұрақты жұмыс істеуі үшін бәсекеге қабілеттілікті арттыру бағытында инновациялық бизнес-модельдер мен басқару механизмдерін енгізу, қолданылатын ресурстардың ұтымды үйлесімін қамтамасыз ету, оларды тиімді бөлу және заманауи технологияларды пайдалану қажеттілігі туындайды. Өндірістегі бәсекелестік деңгейінің жоғары болуы экономикалық тиімділікті арттырып, өнім сапасын жақсартуға ықпал ететіні дәлелденген [1, 2]. Осыған байланысты құс шаруашылығы кешендерінің тұрақты дамуын

қамтамасыз ету және саланың жалпы бәсекеге қабілеттілігін арттыру өзекті мәселелердің бірі болып саналады.

Құс шаруашылығы кешенінің экономикалық тиімділігін арттыру — өндірістік үдерістерді ресурстарды үнемдейтін инновациялық технологиялар негізінде жетілдіру, сапалы әрі бәсекеге қабілетті өнім өндіру арқылы республика халқын құс еті мен жұмыртқамен толық қамтамасыз ету нәтижесінде жүзеге асырылады. Сонымен қатар, әлемдік нарықтың даму үрдістерін ескере отырып, экспорттық әлеуетті арттыру және құс еті өнімдерін шетел нарықтарына жеткізу көлемін ұлғайту — саланың экономикалық дамуын қамтамасыз етудің стратегиялық бағыты болып табылады.

Құс еті және оны қайта өңдеу өнімдері адамның ұтымды тамақтануының маңызды

компоненттерінің бірі болып табылады. Бұл тағамдар жоғары сапалы ақуыздың, дәрумендердің, поликанықпаған май қышқылдарының және дененің қалыпты дамуы үшін қажет басқа заттардың көзі болып табылады [3].

Халықтың жоғары сапалы азық-түлікке деген қажеттіліктерін қанағаттандыру қазіргі қоғамның маңызды әлеуметтік міндеті болып табылады.

Соңғы жиырма жылдықта жалпы экономикалық дағдарыс жағдайында біздің елімізде ауылшаруашылық өндірісінің, атап айтқанда құс шаруашылығының құлдырауы байқалады, ол қазіргі уақытта халықты жұмыртқа мен етпен толық қамтамасыз ете алмайды.

Осыған байланысты азық-түлік нарығы импорттық өндірістің мал өнімдерімен, соның ішінде құс етімен толтырыла бастады. Біздің елге ет өнімдерінен тауық ветчиналары шексіз мөлшерде импортталады, олардың салыстырмалы арзандығына байланысты, олар халықтың ең көп бөлігі үшін ең қолжетімді және тұтынылатын ет өнімдері болып табылады [4].

Халықтың қажеттіліктерін қанағаттандыратын жоғары сапалы және экологиялық таза өнімдерді өндіру бүгінгі күні ауыл шаруашылығымен айналысатын мамандардың алдында тұрған негізгі мәселелердің бірі болып табылады [5].

Құс етін өңдеу процесінде тірі салмақтың шамамен 10–13%-ын субөнімдері бауыр, жүрек, тері, асқорыту жүйесіне қатысты бұлшықеттер және басқа да қосалқы өнімдер құрайды. Бұл көрсеткіш құстың еттілік деңгейіне байланысты өзгеріп отырады: еттің үлесі артқан сайын, алынатын негізгі және жанама өнімдердің мөлшері де көбейеді [6,7].

Өңдеу кезінде құс өнімдері тағамдық, техникалық және жемдік өнімдерге өңделеді. Азық-түлік өнімдеріне сатуға және өнеркәсіптік өңдеуге арналған құс еті (ұшасы), өңделген өнімге (бауыр, жүрек, қарын, мойын, бас, аяқ) жатады. Таза техникалық өнімдерге қауырсын және мамық шикізаты, иіс майы, безді иірімдер жатады. Дегенмен, экономикалық тиімділікке өнімді жинау және оларды белгілі бір мақсат-тына сәйкес өңдеу арқылы қол жеткізіледі, яғни азық-түлік өнімдерін азық-түлік өнімдерін өндіру үшін, техникалық өнімдерді техникалық өнімдерді өндіру үшін және жем өнімдерін өндіру үшін пайдалану.

Құс шаруашылығының өсу мен даму үшін орасан зор маңызға ие. Құс шаруашы-

лығын дамытудың объективті басты шарттары оның жоғары экономикалық тиімділігі мен тағамдық құндылығы болып табылады. Құс ұшасын бөлшектеу және сүйектен тазарту механизмдері туралы заманауи ғылыми әдіс тәсілдер бар.

Өнімді құстың негізгі түрлеріне тауық, күркетауық, үйрек, қаз жатады. Барлығы тез жетілуімен, 2-3 айлығында сойыс салмағына жетуімен және тірі салмақтың жеуге жарамды бөліктерінің жоғары шығымдылығымен (55-65%) ерекшеленеді. Ішінен тазартылған құс ұшаларының сою шығымы 57-60%-ға, ал жартылай тазартылған құстардың 77-80%-ға жетеді. [8, 9].

Кез-келген технологияның тиімділігінің негізі технологиялық процесс барысында қолданылатын шикізаттың қасиеті өзгеруінің барлық заңдылықтарын білу болып табылады. Ет өнімдерінің технологиясында функционалдық-технологиялық көрсеткіштер аса маңызды болып табылады: ылғал сақтау қабілеті, еттің ылғал байланыстыру қабілетін, ет шикізатының май сақтайтын қабілеті, сондай-ақ эмульгациялау қабілеті мен эмульсияның тұрақтылығы (әсіресе ұсақ ұсақталған ет өнімдерінің технологиясында). Осы көрсеткіштердің барлығы белгілі бір дәрежеде дайын өнімдердің сапалық сипаттамаларын анықтайды [10, 11].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу объектілері: Семей қаласындағы құс еттерін құс фабрикаларынан алынған: «Прииртыш бройлер» құс фабрикасы ЖШС, «Восток бройлер» балапандары, «Шығыс-құс» шаруа қожалығы, «Приречное» агрофирмасы ЖШС.

Морфологиялық және химиялық құрамын зерттеу үшін өңделген құс ұшалары сатып алынды: жоғарыда көрсетілген 4 құс фабрикасының әр біреуінен 20 дана алынды.

Экспериментке арналған құс ұшалары белгіленген үлгіге сәйкес бөлшектеніп, содан кейін бұлшықет тіндері, тері, сүйектер және көрінетін сіңірлер мен шеміршектер анатомиялық түрде бөлінді және зерттеуге алынды.

Зерттеу жұмысына арналған шикізат ретінде әртүрлі құс түрлерінің еті — тауық, үйрек, қаз және күркетауық — пайдаланылды. Алдымен құс еттері сыртқы ластанудан мұқият тазартылып, ағын сумен жуылды және бұлшықет тіндерінің бүтіндігін сақтай отырып, зерттеу жұмысына дайындалды. Әр үлгі бірдей жағдайларда өңделіп, бастапқы ылғалдылық пен температура көрсеткіштері тіркелді.

Дайындалған еттер кейіннен еттартқыштан өткізіліп, ұсақталып тартылған масса алынды. Бұл тартылған ет үлгілері зерттеу жұмыстарының негізгі нысаны болып саналды және олардың физика-химиялық көрсеткіштері — атап айтқанда, ылғал байланыстыру қабілеті (ЫБҚ) мен ортаның белсенді қышқылдығы (рН) анықталды.

Сонымен қатар, ет талшықтарының беріктігін және құрылымдық-механикалық қасиеттерін бағалау мақсатында кесу кернеуі зерттелді. Бұл үшін алдын ала жуылған, бірақ бөлшектенбеген табиғи ет және субөнім үлгілері пайдаланылды. Мұндай тәсіл үлгінің табиғи құрылымын сақтауға және алынған нәтижелердің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Физика-химиялық зерттеу әдістері

Еттің химиялық құрамын анықтау кезінде үлгінің бір бөлігі алынып, оның құрамындағы негізгі компоненттер — ылғал, май, күл және ақуыз мөлшері анықталды. Бұл көрсеткіштер өнімнің тағамдық және технологиялық қасиеттерін бағалауда маңызды рөл атқарады. Зерттеу арнайы аспаптар арқылы жеделдетілген әдіспен жүргізілді. Әдістің мәні әр компонентті жеке анықтап, алынған нәтижелерді салыстыру арқылы өнімнің жалпы химиялық сипаттамасын белгілеуге негізделген [12].

Ортаның белсенді қышқылдығын (рН) анықтау. рН көрсеткіші еттің биохимиялық күйін және сақтау тұрақтылығын сипаттайтын маңызды параметр болып табылады. Ол потенциометриялық әдіспен анықталды. Бұл үшін рН-метр-150МИ құрылғысы қолданылып, электродтар алдын ала дайындалған ет сүзіндісіне (ет пен судың қатынасы 1:10) батырылды. Ерітінді 20 °С температурада 30 минут тұндырылғаннан кейін рН мәні құрылғы шкаласында тіркелді. Бұл әдіс еттің қышқылдық деңгейін жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді және өнімнің балғындық дәрежесін бағалау үшін де қолданылады [13].

Еттің ылғал байланыстыру қабілетін (ЫБҚ) анықтау. Еттің технологиялық сапасын сипаттайтын маңызды көрсеткіштердің бірі — ылғал байланыстыру қабілеті. Ол Р. Грау және Р. Хамм әдісі бойынша анықталды. Зерттеу

барысында ет үлгісі сүзгі қағазының арасына салынып, үстінен белгілі бір қысым түсірілді. Үлгіден бөлінген судың мөлшері сүзгі қағазында қалдырған дақтың ауданы арқылы бағаланды. Бұл әдіс еттің құрылымындағы судың байланысу дәрежесін, яғни сыртқы күш әсерінен ылғалды сақтап қалу қабілетін сипаттайды. ЫБҚ жоғары болған сайын, өнімнің шырындылығы мен консистенциясы жақсырақ болады [14, 15].

Еттің механикалық беріктігі мен құрылымдық тығыздығын анықтау үшін кесу кернеуі өлшенді. Зерттеу арнайы механикалық құрылғыда жүргізілді. Алдымен өнім үлгілері айналмалы құбырлы пышақ көмегімен цилиндр пішінінде (диаметрі шамамен 0,01 м) кесілді. Егер арнайы құрылғы болмаған жағдайда, үлгілер қолмен $0,02 \times 0,02$ м шаршы түрінде дайындалды.

Үлгі үстел бетіне дұрыстап орналастырылып, кесу кезінде құрылғы дисплейінде қажетті күш көрсеткіштері автоматты түрде тіркелді. «Бастау» түймесін басқаннан кейін кесу құралы қозғалысқа келіп, сынама механикалық түрде бөлінді. Өлшеу кезінде барлық мәліметтер құрылғы жадында сақталып, кейін компьютерлік бағдарлама арқылы өңделді. Кесу кернеуінің шамасы келесі формула бойынша есептелді:

$$\tau = P / F, \text{ Па (1)}$$

мұнда: Р – кесу күші, Н;

F – кесу бетінің ауданы, м²;

R – үлгінің радиусы, м.

Нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу барысында тауық, қаз, күткетауық және уйрек еттерін физико-химиялық құрамы, рН сутек иондарының концентрациясы, ылғал байланыстыру қабілеті және кесу кернеуі анықталып кестелерде, көрсетілді.

Жұмыстың тәжірибелік бөлімі «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» (Семей филиалы) зертханасында жүргізілді.

Нәтижелер

Құс ұшасының әртүрлі ет бөліктерінің тағамдық құндылығы тек бұлшықет, дәнекер және май тіндерінің құрамына ғана емес, сонымен қатар оның химиялық құрамына да байланысты.

Кесте 1. Бройлер балапан етінің химиялық құрамы

№	Атауы	«Норма»		«Прииртышская» ЖШС құсфабрикасы		«Восток бройлер» ЖШС	
		1 категория	2 категория	1 категория	2 категория	1 категория	2 категория
1	Ылғалдың массалық үлесі, %	69,0	73,7	67,2	70,8	68,0	69,5
2	Майдың массалық үлесі, %	12,3	5,2	13,2	8,3	11,7	9,5
3	Күлдің массалық үлесі, %	0,8	0,9	0,9	1,2	1,1	1,2
4	Ақуыздың массалық үлесі, %	17,6	19,7	18,7	19,7	19,2	19,8

Екі өндірушінің де бройлер тауықтарының етіндегі ақуыз мен майдың мөлшері нормаға сәйкес келетіні анықталды, «Восток-бройлер» және «Прииртышская» ЖШС құс фабрикасының бройлер тауықтарындағы ақуыз

ең жоғарығы: 2 санат - 19,8%, мал мөлшері ең аз - 1 санат - 18,7 %, май ең көп 1 санат - 13,2 %, май мөлшері аз - 1 санат - 8,3% «Прииртышская» ЖШС анықталды.

Кесте 2. Құс етінің химиялық құрамы және энергетикалық құндылығы

Атауы	«Шығыс-құс» шаруақожалығы				«Агрофирма Приречное» ЖШС			
	Тауықтар	Үйректер	Қаздар	Күрке-тауық	Тауықтар	Үйректер	Қаздар	Күрке-тауық
Ылғалдылық нормасы, %	61,9	45,6	45,0	57,3	61,9	45,6	45,0	57,3
Ылғалдылықтың Массалық үлесі, %	62,6	47,3	45,0	58,6	62,0	46,1	46,0	57,5
Май бойынша норма	18,4	38,0	39,0	22,0	18,4	38,0	39,0	22,0
Майдың массалық үлесі, %	18,4	37,0	39,0	21,0	18,0	38,6	39,0	21,0
Күл бойынша норма	0,8	0,6	0,8	0,9	0,8	0,6	0,8	0,9
Күлді массалық үлесі, %	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8
Ақуыз бойынша норма	18,2	15,8	15,2	19,5	18,2	15,8	15,2	19,5
Ақуыз массалық үлесі, %	18,2	14,9	15,2	19,8	19,2	14,6	14,2	20,7

Екі өндірушінің де құс етінің химиялық құрамы нормаға сәйкес келетіні анықталды, ақуыздың ең жоғары мөлшері "Приречное" жеке

құс шаруа қожалығының тауықтары мен күрке-тауықтарында байқалады. 19,2 және 20,7%, бұл нормадан 5-6% - ға.

Кесте 3. «Прииртышская» құс шаруашылығындағы құс етімен және Бройлер тауық етінің функционалдық және технологиялық қасиеттері

Атауы	«Прииртышская» Құс шаруашылығы		«Восток бройлер» Құс шаруашылығы	
	1 санат	2 санат	1 санат	2 санат
Белсенді қышқылдық, Рн	6,15	6,40	6,31	6,47
Ылғалды байланыстыру қабілеті (ЫБК), %	68,2	70,7	70,2	71,8
Ылғалды ұстау қабілеті (ЫҰҚ), %	64,2	66,7	66,2	67,8
Май ұстау қабілеті (МҰҚ), %	80,2	81,2	80,7	81,5
Эмульгациялау қабілеті (ЭҚ), %	77,3	77,6	77,8	77,6
Кесу кернеуі, кПа	1,4	1,5	1,4	1,5
Тығыздығы, кг/м3	1055,3	1063,8	1056,1	1058,7

Бройлер балапан етінің бұлшықет ұлпасының суды байланыстыру қабілеті жоғары, 68,2%-дан 72,3%-ға дейін болатыны анықталды. Бұл ақуыз мөлшері салыстырмалы түрде жоғары және майдың төмен мөлшері бар бұл тауықтардың етімен түсіндіріледі. рН мәні 6,15-6,47 бірлік диапазонында, ылғал байланыстыру қабілетімен байланысты, рН неғұрлым жоғары болса, ылғал байланыстыру қабілеті соғұрлым жоғары болады.

Алайда, суды байланыстыру қабілеті тек ақуыз жүйесінің суды байланыстыру және ұстап тұру мүмкіндігін сипаттайды. Бройлер балапан етінің су сыйымдылығы 64,2-67,8%, майлылығы

(май ұстау қабілеті) 80,2-81,5%. Бұл көрсеткіштер бройлер балапан етінің шырындылыққа және өнімнің жақсы консистенциясына мүмкіндік беретінін көрсетеді. «Восток-Бройлер» құс шаруашылығының балапан етінің эмульгациялау қабілеті жоғарырақ (77,6-77,8%).

Бройлер балапандары етінің кесу кернеуі төмен, 1,4-1,5 кПа; кесу кернеуі неғұрлым төмен болса, өнім соғұрлым жұмсақ болады. Бройлер тауық етінің тығыздығы оның майлылығына байланысты; тиісінше, 1-санат етінің (1055,3-1056 кг/м³) тығыздығы 2-санаттағы еттен (1058,7-1063,8 кг/м³) төмен.

Кесте 4. Құс етінің әртүрлі түрлерінің функционалдық және технологиялық қасиеттері

Көрсеткіштердің атауы	Шаруақожалығы «Шығыс-құс»				ЖШС «Агрофирма «Приречное»			
	Тауық	Күркет ауық	Қаз	Үйрек	Тауық	Күркет ауық	Қаз	Үйрек
Белсенді қышқылдық орта, Ph	5,81	6,48	5,73	5,69	5,80	6,45	5,70	5,65
Ылғалды байланыстыру қабілеті (ЫБК), %	67,0	54,6	52,2	50,9	67,2	54,4	52,0	60,1
Ылғалды ұстау қабілеті (ЫҰК), %	61,2	48,5	47,6	47,0	61,2	48,3	47,4	47,1
Май ұстау қабілеті (МҰК), %	68,0	15,2	61,1	62,2	67,9	15,0	61,0	62,4
Эмульгациялау қабілеті (ЭҚ), %	70,8	50,2	51,0	52,3	70,6	50,1	50,8	52,0
Кесу кернеуі, кПа	2,3	2,6	5,4	5,2	2,2	2,6	5,3	5,3
Тығыздығы, кг/м ³	1048,2	1045,1	1023,6	1024,8	1048,6	1045,1	1023,6	1024,8

Күркетауық, қаздар мен үйректердің бұлшықет ұлпаларының гидрофильді қабілеті төмен екендігі анықталды (күркетауықтарда 47,0-47,1%; қаздарда - 47,4-47,6%; үйректерде - 48,3-48,5%), бұл еттің құрылымдық сипаттамаларына әсер етеді. Күркетауық етінің май ұстау қабілетінің 15,0-15,2% алынған мәндері шикі-затты өңдеу кезінде майдың жоғалуы жоғары болады, қаздар мен үйректерде 61,0-62,4%; тауықтарда - 67,9-68,0%. рН=5,65-6,48 бірлік, бұл одан әрі өңдеу үшін оңтайлы, өйткені жоғары мәндер дайын өнімнің сапасына теріс әсер етеді. Қаздардағы кесу кернеуінің көрсеткіштері 5,3-5,4 кПа, үйректерде 5,2-5,3 кПа, бұл құстардың бұлшықет тінінің жоғары беріктігі мен тығыз консистенциясын көрсетеді, бұл кейіннен өңдеу кезінде соңғы өнімнің қаттылығына әсер етеді. Тауық етінің (2,2-2,3 кПа) және күркетауықтың (2,6 кПа) кесу кернеуі айтарлықтай төмен, бұл соңғы өнімнің жұмсақ

екенін көрсетеді. Ет тығыздығы майлылық пен ылғалдылыққа байланысты, майдың жоғарылауымен ет тығыздығы төмендейді. Қаздардағы еттің ең төменгі тығыздығы (1023,6 кг/м³) және үйректер (1024,8 кг/м³), тауықтарда жоғары (1048,2-1048,6 кг/м³) және күркетауық (1045,1 кг / м³)

Осылайша, құс етінің бұлшықет ұлпаларының (тауық, күркетауық, қаз, үйрек) функционалды-технологиялық және құрылымдық-механикалық көрсеткіштерін анықтау нәтижесінде ет шикізатын пайдалану бағытын анықтайтын шамалардың оңтайлы мәндеріне байланысты шикізаттың бұл түрі одан әрі өңдеуге және сапалы өнім алуға оңтайлы деген қорытынды жасауға болады.

Қорытынды

Әртүрлі өндірушілерден іріктелген бройлер балапандарының және үй құстары (тауықтар, қаздар, үйрек, күркетауық) химиялық құрамы,

функционалдық-технологиялық қасиеттері (ылғал байланыстыру қасиеті, тығыздық, рН, кесу кернеуі және т.б.) зерттелді. Химиялық құрамы бойынша ақуыздың ең жоғары көрсеткіші күркетауық етінде - 19,8-20,7%; 1-санаттағы бройлер балапандарының етінде - 18,7-19,2%; 2-санаттағы бройлер балапандарының етінде - 19,7-19,8%; тауықтардың етінде - 18,2-19,2% болатыны анықталды. Үйректер мен қаздардың етіндегі ақуыз мөлшері едәуір төмен - 14,9-15,2%. Үйрек пен қаздардың етінде майдың мөлшері жоғары және 37-39% құрайды, бройлер балапандары, тауық және күркетауық етінде 15,2-21% -ды құрайды.

Функционалды-технологиялық қасиеттері бойынша ең жақсы көрсеткіштер бройлер балапандары мен тауықтардың етінде байқалады. Бұл еттердің ылғал байланыстыру, май ұстау және эмульгирлеу қабілеттері жоғары, сондай-ақ кесу кернеуі төмен, бұл соңғы өнімнің шырынды және жұмсақ болатынын білдіреді. Күркетауық етінің орташа көрсеткіштері: ылғал ұстау қабілеті 48,3-48,5%, эмульгирлеу қабілеті 50,1-50,2%, май ұстау қабілеті 15,0-15,2%, кесу кернеуі 2,6 кПа, бұлшық ет тінінің консистенциясы тығыз және берік болуына байланысты түпкі өнім жұмсақ және аз шырынды болады.

Осылайша, бройлер балапандарының құс еті, тауық еті және күркетауық еттерінің маңыздылығы басым болып табылады. Салыстырмалы талдау күркетауықтың етінде ақуыздың көп мөлшері (21%-ға дейін), холестерині төмен және диеталық болып табылатынын (10-12%-ға дейін май) көрсетеді. Күркетауық етімен салыстырғанда тауық етінің өзіндік айқын дәмі болады, бұл оны не аз мөлшерде (еттің әр түрінен жасалған көп компонентті өнімдерде), не тек құс етінен тұратын өнімдерді өндіру үшін пайдалануға жарамды етеді.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен № BR24992938 ғылыми жобасы аясында орындалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кенжегузин М.Б. Концептуальные основы формирования казахстанской модели устойчивого экономического роста // В кн.: Казахстанская модель социально - экономического развития: научные основы построения и реализации. - Алматы: Атамұра, 2005. - 18 с.
2. Сагадиев К.А. Проблемы конкурентно способности национальной экономики // В кн.:

Проблемы устойчивого экономического развития в условиях глобализации. - Алматы, 2003. - Т 1. - С. 89-90.

3. Исабаев А. Ж. Ветеринарно-санитарная экспертиза продукции птицеводства. Учебно-методическое пособие по специальности 5В120200 — Ветеринарная санитария — Костанай, 2016. — 120 с.
4. Курсовая работа «Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса птицы», г.Троицк, 2007 г. [Электрон. ресурс] URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-181480.html> (Дата обращения 19.01.18 г.)
5. Курицына В. М. Ветеринарно-санитарная оценка мяса цыплят-бройлеров при применении в рационе экстракта сапропеля. Автореферат на соискание канд.вет.наук. Санкт-Петербург. — 2008 г. — С.5.
6. Закипная Е.В. Технология птицепродуктов. Учебное пособие. — Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет (ДальГАУ), 2015. — 12 с.
7. Yessimbekov Z., Kakimov A., Caporaso N., Suychinov A., Kabdylzhar B., Shariati M. A., Baikadamova A., Domínguez R. Lorenzo, J. M. Use of Meat-Bone Paste to Develop Calcium-Enriched Liver Pâté // Foods. – 2021. – Т.10. №9. – Р. 2042.
8. Коснырева Л.М. Товароведение и экспертиза мяса и мясных товаров/Л.М. Коснырева, В.И. Криштафович, В.М. Поздняковский. - 4 изд., -М. Изд. Центр «Академия», 2008.-320 с.
9. Шаравьев П.В. Основные проблемы птицеводства // Молодежь и наука. 2012. № 1. [Электронный ресурс]
10. Использование биотехнологических приемов, пищевых добавок в технологии мясных продуктов (часть 2): Методические указания/Забашта Н.Н., Нестеренко А.А. - Краснодар: КубГАУ, 2019 - 32 с.
11. Технология переработки продукции птицеводства: учебно-методическое пособие/ М. С.Шашков, А. И. Портной. - Горки: БГСХА, 2018. - 194 с.
12. Антипова Л.В, Глотова И.А, Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М.: Колос. 2001. - 376 с.
13. СТ РК ИСО 2917-2009. Мясо и мясные продукты. Определение рН. Контрольный метод. - Введ. С 2010-07-01. - Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2010. - 16 с
14. Пат. KZ28152 РК. Способ определения водосвязывающей способности пищевых продуктов. Б.Б. Кабулов, А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Н.К. Ибрагимов; опубл. 17.02.2014, бюл. №2.
15. Barbut S. Measuring water holding capacity in poultry meat // Poultry Science Vol. 103, Issue 5, May 2024, R. 103577

REFERENCES

1. Kenzheguzin M.B. Conceptual'nye osnovy formirovaniya kazahstanskoy modeli ustojchivogo ekonomicheskogo rosta [V kn.: Kazahstanskaya model'

social'no - ekonomicheskogo razvitiya] // nauchnye osnovy postroeniya i realizacii. Almaty: Atamura, (2005): pp. 18. (In Russian)

2. Sagadiev K.A Problemy konkurentno sposobnosti nacional'noj ekonomiki [V kn.: Problemy ustojchivogo ekonomicheskogo razvitiya] // v usloviyah globalizacii. Almaty (2003) : T 1: pp. 89-90. (In Russian).

3. Isabaev A. ZH. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza proizvodstva pticevodstva. [Uchebno-metodicheskoe posobie po special'nosti] // 5V120200 — Veterinarnaya sanitariya — Kostanaj (2016): pp. 120. (In Russian)

4. Kursovaya rabota «Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza myasa pticy», g.Troick, (2007). [Elektron. resurs] // URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-181480.html> (Data obrashcheniya 19.01.18 g.)

5. Kuricyna V. M. Veterinarno-sanitarnaya ocenka myasa cyplyat-brojlerov pri primenenii v racione ekstrakta sapropelya.[Avtoreferat na soiskanie kand.vet.nauk]. // Sankt-Peterburg. (2008). pp . 5.

6. Zakipnaya E.V. Tekhnologiya pticeproduktov. [Uchebnoe posobie] // Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet (Dal'GAU). (2015): pp. 12. (In Russian)

7. Yessimbekov Z., Kakimov A., Caporaso N., Suychinov A., Kabdylzhar B., Shariati M. A., Baikadamova A., Domínguez R.Lorenzo, J. M. [Use of Meat-Bone Paste to Develop Calcium-Enriched Liver Pâté] //Foods. (2021): T.10. No 9. pp. 2042.

8. Kosnyreva L.M. [Tovarovedenie i ekspertiza myasa i myasnyh tovarov] // L.M. Kosnyreva, V.I.

Krishtafovich, V.M. Pozdnyakovskij. - 4 izd., -M. Izd. Centr «Akademiya», (2008): pp 320 . (In Russian)

9. Sharav'ev P.V. Osnovnye problemy pticevodstva // Molodezh' i nauka. [Elektronnyj resurs] (2012): No 1. (In Russian)

10. Zabashta N.N., Nesterenko A.A. Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh priemov, pishchevyh dobavok v tekhnologii myasnyh produktov (chast' 2): [Metodicheskie ukazaniya] // Krasnodar :KubGAU, (2019): pp 32. (In Russian)

11. M.S. Shashkov, A.I. Portnoj. Tekhnologiya pererabotki proizvodstva pticevodstva: [uchebno-metodicheskoe posobie] // - Gorki: BGSKHA, (2018): pp 194. (In Russian)

12. Antipova L.V, Glotova I.A, Rogov I.A. Metody issledovaniya [myasa i myasnyh produktov]. // M.: Kolos. (2001): pp. 376. (In Russian)

13. ST RK ISO 2917-2009. Myaso i myasnye produkty. Opredelenie rN. Kontrol'nyj metod. - Vved. S 2010-07-01. - Astana: Gosstandart Respubliki Kazahstan, (2010): pp 16 (In Russian)

14. B.B. Kabulov, A.K. Kakimov, ZH.S. Esimbekov, N.K. Ibragimov; Pat. KZ28152 RK. [Cposob opredeleniya vodosvyazyvayushchej sposobnosti pishchevyh produktov]. // opubl. 17.02.2014, byul. No 2. (In Russian)

15. Barbut S. Measuring water holding capacity in poultry meat // Poultry Science Vol. 103, Issue 5, May (2024): R. 103577

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФАСОЛЕВЫХ КОНЦЕНТРАТАХ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИХ УРОВЕНЬ

М.А. РАХИМОВА , Н.А. ТОШХОДЖАЕВ* 

(Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, Республика Таджикистан, Худжанд, пр-т Сомони, 296)

Электронная почта автора корреспондента: nauka1988@inbox.ru*

В статье подробно рассматриваются актуальные вопросы, связанные с обеспечением пищевой безопасности населения и контролем содержания токсичных элементов — кадмия (Cd) и свинца (Pb) — в бобовых культурах, в частности, в фасоли, которая является одним из важнейших источников растительного белка и минеральных веществ. Особое внимание уделено оценке влияния различных этапов технологической обработки — варки, проращивания, сушки и последующего концентрирования — на изменение уровня тяжёлых металлов в конечном продукте. Целью исследования является определение степени снижения содержания опасных элементов в результате применения указанных технологических процессов и выявление наиболее эффективных способов переработки, обеспечивающих повышение качества и безопасности фасолевых продуктов. В исследовании использованы образцы фасоли урожая 2021 и 2022 годов, собранные в условиях Согдийской области, а также полученные из них концентраты. Лабораторные анализы выполнены в лаборатории пищевых и сельскохозяйственных продуктов Согдийского Центра стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции с применением современного вольтамперометрического метода, отличающегося высокой точностью и чувствительностью при определении микроконцентраций металлов. Полученные результаты показали, что содержание кадмия и свинца в исходном сырье не превышает допустимых норм, установленных техническим регламентом ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». При этом установлено, что в процессе технологической обработки происходит значительное снижение концентрации токсичных элементов. В частности, количество кадмия уменьшилось более чем в 200–330 раз, а содержание свинца — в 400–540 раз по сравнению с исходными образцами. Данные результаты свидетельствуют о высокой эффективности выбранных методов переработки. Таким образом, предложенный технологический подход к переработке фасоли позволяет существенно повысить безопасность, экологическую чистоту и питательную ценность готового продукта, что имеет важное значение для развития отечественного производства функциональных и диетических продуктов питания, а также для расширения ассортимента высококачественных бобовых ингредиентов, применяемых в пищевой промышленности и рациональном здоровом питании.

Ключевые слова: пищевая безопасность, фасоль, концентрат, свинец, кадмий, токсичные элементы, переработка, качество пищи.

ФАСОЛЬ КОНЦЕНТРАТТАРЫНДАҒЫ ТОКСИНДІК ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ҚҰРАМЫН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӨНДЕУДІҢ ОЛАРДЫҢ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІ

М.А. РАХИМОВА, Н.А. ТОШХОДЖАЕВ*

(Худжандтағы М.С. Осими атындағы Тәжікстан техникалық университетінің политехникалық институты, Тәжікстан Республикасы, Худжанд, Сомони д-лы, 296)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: nauka1988@inbox.ru*

Мақалада халықтың азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және тағамдық дақылдардағы, әсіресе бұршақ тұқымдастарда, соның ішінде өсімдік тектес ақуыз бен минералды заттардың маңызды көзі болып табылатын бұршақтағы улы элементтер — кадмий (Cd) мен қорғасынның (Pb) мөлшерін бақылауға қатысты өзекті мәселелер жан-жақты қарастырылған. Зерттеуде технологиялық өңдеудің әртүрлі кезеңдерінің — қайнату, өңгіту, кептіру және кейінгі концентрлеу — соңғы өнімдегі ауыр металдардың деңгейіне әсерін бағалауға ерекше назар аударылған.

Зерттеудің мақсаты — аталған технологиялық процестерді қолдану нәтижесінде қауіпті элементтердің мөлшерінің қаншалықты төмендейтінін анықтау және бұршақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік беретін ең тиімді өңдеу тәсілдерін айқындау болып табылады. Зерттеу барысында 2021 және 2022 жылдары Согды облысының жағдайында өсірілген бұршақ үлгілері мен солардан алынған концентраттар пайдаланылды. Лабораториялық талдаулар Согды стандартизация, метрология, сертификаттау және сауда инспекциясы орталығының тағамдық және ауыл шаруашылығы өнімдері зертханасында қазіргі заманғы, металлдардың микроөшеңбердегі концентрациясын дәл және сезімтал анықтауға мүмкіндік беретін вольтамперометриялық әдіс арқылы жүргізілді. Алынған нәтижелер бастапқы шикізаттағы кадмий мен қорғасын мөлшері техникалық регламент TP TC 021/2011 «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» құжатында белгіленген шекті нормалардан аспайтынын көрсетті. Сонымен қатар, технологиялық өңдеу барысында улы элементтердің концентрациясы айтарлықтай төмендейтіні анықталды. Атап айтқанда, кадмий мөлшері шамамен 200–330 есеге, ал қорғасын мөлшері 400–540 есеге дейін азайған. Бұл көрсеткіштер таңдалған өңдеу әдістерінің жоғары тиімділігін дәлелдейді. Осылайша, бұршақты өңдеудің ұсынылған технологиялық тәсілі дайын өнімнің қауіпсіздігін, экологиялық тазалығын және тағамдық құндылығын едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде функционалды және диеталық тағам өнімдерінің отандық өндірісін дамытуға, сондай-ақ тағам өнеркәсібі мен салауатты тамақтану жүйесінде қолданылатын жоғары сапалы бұршақ ингредиенттерінің ассортиментін кеңейтуге маңызды үлес қосады.

Негізгі сөздер: азық-түлік қауіпсіздігі, фасоль, концентрат, қорғасын, кадмий, улы элементтер, өңдеу, сапа.

ASSESSMENT OF TOXIC ELEMENT CONTENT IN BEAN CONCENTRATES AND THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PROCESSING ON THEIR LEVELS

M.A. RAKHIMOVA, N.A. TOSHKHODZHAEV*

(Khujaud Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi, Tajikistan, Khyjand, Somoni ave., 296)

Corresponding author's email: nauka1988@inbox.ru*

The article provides a detailed analysis of current issues related to ensuring food safety and monitoring the content of toxic elements—cadmium (Cd) and lead (Pb)—in leguminous crops, particularly in beans, which are among the most important sources of plant-based protein and mineral nutrients. Special attention is given to assessing the influence of various technological processing stages—boiling, germination, drying, and subsequent concentration—on changes in the levels of heavy metals in the final product. The aim of the study is to determine the extent to which the content of hazardous elements decreases as a result of these technological processes and to identify the most effective processing methods that improve the quality and safety of bean-based products. The research utilized bean samples from the 2021 and 2022 harvests grown under the conditions of the Sughd Region, as well as concentrates obtained from these beans. Laboratory analyses were carried out at the Laboratory of Food and Agricultural Products of the Sughd Center for Standardization, Metrology, Certification, and Trade Inspection using a modern voltammetric method characterized by high precision and sensitivity in detecting trace metal concentrations. The results showed that the levels of cadmium and lead in the raw materials did not exceed the permissible limits established by Technical Regulation TR CU 021/2011 “On Food Safety.” Furthermore, it was found that technological processing leads to a significant reduction in the concentration of toxic elements. In particular, the amount of cadmium decreased by more than 200–330 times, while the content of lead was reduced by 400–540 times compared to the raw samples. These findings indicate the high efficiency of the selected processing methods. Thus, the proposed technological approach to bean processing makes it possible to significantly enhance the safety, environmental purity, and nutritional value of the final product. This has great importance for the development of domestic production of functional and dietary food products, as well as for expanding the range of high-quality legume-based ingredients used in the food industry and in healthy nutrition.

Keywords: food safety, beans, concentrate, lead, cadmium, toxic elements, processing, food quality.

Введение

Уровень продовольственного обеспечения населения, а также качество и безопасность пищевого сырья и готовых продуктов являются одними из ключевых факторов, определяющих состояние здоровья людей и продолжительность их жизни [1, 2].

В последние десятилетия особое внимание уделяется формированию принципов здорового питания, важнейшей составляющей которого выступает пищевая безопасность — биологическая, химическая и радиационная [3, 2].

Под безопасностью пищевых продуктов понимают такое их состояние, при котором исключается неприемлемый риск негативного воздействия на организм человека и здоровье будущих поколений [2, 4].

Основные угрозы формируются вследствие загрязнения продуктов различными веществами — радионуклидами, токсичными элементами, а также патогенными микроорганизмами [5-7].

Современная классификация загрязнителей пищевых продуктов включает три основные группы [5-9]:

- Химические — к ним относятся токсичные элементы, пестициды, нитрозамины и другие соединения [13];
- Биологические — микроскопические плесневые грибы, бактерии и токсигенные микроорганизмы;
- Физические — механические примеси: фрагменты пластика, волос, ткани, стекла, металла, древесины и пр. [1,2].

Среди химических загрязнителей наибольшую опасность представляют восемь элементов: ртуть (Hg), свинец (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As), цинк (Zn), медь (Cu), олово (Sn) и железо (Fe). Из них ртуть, свинец и кадмий признаны наиболее токсичными [5-8].

Ртуть (Hg) — один из наиболее опасных элементов, способный накапливаться в тканях организма. У молодняка её концентрация, как правило, ниже, чем у взрослых животных [2,8]. Среди продуктов животного происхождения наибольшее содержание ртути выявлено в почках — до 0,2 мг/кг (в сыром виде) [8,10]. Для снижения её количества рекомендуется вымачивание сырья в течение 1,5–2 часов с регулярной заменой воды, что позволяет уменьшить концентрацию примерно вдвое [8].

Среди растительных продуктов повышенное содержание ртути отмечается в орехах, какао-бобах и шоколаде (до 0,1 мг/кг), тогда как

в большинстве остальных продуктов её количество не превышает 0,01–0,03 мг/кг [11,12].

Свинец (Pb) — сильный токсин, присутствующий в незначительных количествах практически во всех продуктах растительного и животного происхождения. Его естественная концентрация обычно не превышает 0,5–10 мг/кг [8,10]. Повышенные значения фиксируются в промысловой рыбе, например в окуне (до 2,0 мг/кг), а также в ракообразных (до 10,0 мг/кг) [6,11].

Дополнительным источником свинца могут быть консервированные продукты, расфасованные в металлические банки. Попадание свинца в продукты также возможно при сгорании этилированного бензина — соединения свинца оседают в почве и загрязняют сельскохозяйственную продукцию. Поэтому растения, выращенные вблизи автомобильных трасс, нередко содержат повышенные концентрации Pb.

Кадмий (Cd) относится к числу опасных токсичных элементов, однако его природное содержание в продуктах питания в 5–10 раз ниже, чем у свинца. Наибольшие концентрации кадмия наблюдаются в какао-порошке (до 0,5 мг/кг), почках животных (до 1,0 мг/кг), рыбе (до 0,2 мг/кг), а также в консервированной продукции, упакованной в металлические банки [5,8,13].

Санитарно-контрольные органы установили строгие нормы допустимого содержания тяжёлых металлов в пищевом сырье и готовых продуктах [15,16]. Для большинства категорий продуктов определены предельно допустимые концентрации (ПДК) токсичных элементов. Так, для бобовых культур предельное содержание свинца не должно превышать 0,5 мг/кг, а кадмия — 0,1 мг/кг [16].

В целях подтверждения качества и безопасности исследуемых образцов концентрации из бобовых, полученные в рамках данного исследования, были направлены на лабораторный анализ содержания токсичных элементов, в частности кадмия и свинца. Анализ проводился в лаборатории пищевых и сельскохозяйственных продуктов Центра стандартизации, метрологии, сертификации и надзора за торговлей Согдийской области.

В эксперимент включались следующие образцы:

- бобовые зёрна урожая 2021 года и полученные из них концентраты;
- бобовые зёрна урожая 2022 года и их концентраты.

Производство концентратов из фасоли и других бобовых осуществляется преимущественно с применением щадящих технологий. Особое внимание при этом уделяется подбору методов обработки, обеспечивающих сохранность питательных веществ и минимизацию содержания токсичных элементов, что является приоритетным направлением работы исследователей и технологов [17].

Материалы и их методы исследований

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовались фасолевые зёрна двух урожаев — 2021 и 2022 годов — и полученные из них концентраты.

Для эксперимента были подготовлены следующие образцы:

- порошок из сухих бобов фасоли;
- порошок из отварных бобов фасоли;
- порошок из пророщенных бобов фасоли;
- порошок из отварных пророщенных бобов фасоли.

Исходное сырьё (зёрна фасоли) было отобрано по стандартной методике выборочного контроля качества, обеспечивающей репрезентативность пробы.

Место и условия проведения анализа

Определение содержания токсичных элементов проводилось в лаборатории пищевых и сельскохозяйственных продуктов Центра стандартизации, метрологии, сертификации и надзора за торговлей Согдийской области.

Исследования выполнялись в соответствии с требованиями технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и методических указаний по контролю содержания тяжёлых металлов в пищевом сырье.

Методы анализа

Для определения содержания токсичных элементов — кадмия (Cd) и свинца (Pb) — применялся вольтамперометрический метод анализа, который обеспечивает высокую чувствительность и точность измерений даже при крайне низких концентрациях исследуемых элементов.

Метод основан на регистрации тока, возникающего при восстановлении или окислении ионов тяжёлых металлов на поверхности электрода, что позволяет количественно определить содержание соответствующих элементов в исследуемом образце.

Перед анализом образцы подвергались подготовке, включающей:

- высушивание до постоянной массы;

- измельчение до порошкообразного состояния;

- минерализацию (разложение органической матрицы);

- разведение раствора до необходимой концентрации для проведения измерений.

Для калибровки прибора использовались стандартные растворы кадмия и свинца, соответствующие государственным эталонам. Измерения проводились в трёхкратной повторности, после чего вычислялось среднее арифметическое значение содержания каждого элемента.

Оценка результатов

Результаты анализа сопоставлялись с допустимыми нормами содержания токсичных элементов, установленными ТР ТС 021/2011:

- кадмий (Cd) — не более 0,2 мг/кг;
- свинец (Pb) — не более 1,0 мг/кг.

Данные по содержанию тяжёлых металлов в фасоли урожая 2021 и 2022 годов, а также в полученных из неё концентратах, представлены в таблице 3 (см. раздел «Результаты и обсуждение»).

Анализ показал, что технологическая обработка (проращивание и отваривание) способствует значительному снижению содержания токсичных элементов. Это подтверждает эффективность предложенного способа переработки фасоли с точки зрения обеспечения её пищевой безопасности.

Результаты и их обсуждение

Проведённые исследования показали, что технологическая переработка фасолевого сырья способствует значительному снижению содержания токсичных элементов. Особенно выраженный эффект наблюдается при производстве концентратов из пророщенных и отваренных бобов фасоли — именно в этих образцах зафиксировано наиболее заметное уменьшение концентраций кадмия (Cd) и свинца (Pb) [18-21].

Даже исходное сырьё соответствовало установленным требованиям ТР ТС 021/2011 ($Cd \leq 0,2$ мг/кг, $Pb \leq 1,0$ мг/кг), однако последующая обработка позволила добиться многократного снижения этих показателей, что позитивно сказалось на уровне пищевой безопасности и общем качестве конечного продукта.

Для подтверждения полученных данных образцы фасолевого концентрата, полученные в ходе экспериментов, были направлены на анализ содержания тяжёлых металлов в лабораторию пищевой и сельскохозяйственной продукции Согдийского центра стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции.

На рисунке 1 представлена вольтамперограмма, а в таблице 1 — результаты определения содержания свинца и кадмия в исходных фасолевых бобах урожая 2021 и 2022 годов, а также в полученных из них концентратах.

Согласно данным таблицы 3, содержание кадмия в необработанных бобах урожая 2021

года составило 0,066 мг/кг, тогда как в концентрате — лишь 0,00020 мг/кг, что эквивалентно снижению более чем в 330 раз. Параллельно отмечено уменьшение концентрации свинца: с 0,31 мг/кг в исходном сырье до 0,00057 мг/кг в концентрате, то есть более чем в 540 раз.

Таблица 1. Количества Cd и Pb в образцах

Элемент	Количество, мг/кг				
	Допустимая норма (ТР ТС 021/2011)	Порошок из сухих бобов фасоли	Порошок из отварных бобов фасоли	Порошок из пророщенных бобов фасоли	Порошок из отварных пророщенных бобов фасоли
Урожай 2021 года					
Cd	$\leq 0,2$	0,066	0,0036	0,00028	0,00020
Pb	$\leq 1,0$	0,31	0,0075	0,0011	0,00057
Урожай 2022 года					
Cd	$\leq 0,2$	0,071	0,065	0,00031	0,00030
Pb	$\leq 1,0$	0,23	0,21	0,00059	0,00048

Аналогичная тенденция наблюдается и для урожая 2022 года. Так, содержание кадмия в необработанных бобах составляло 0,071 мг/кг, а после переработки в концентрат — всего 0,00030 мг/кг, что демонстрирует уменьшение показателя примерно в 230 раз. Концентрация свинца также значительно снизилась — с 0,23 мг/кг до 0,00048 мг/кг, то есть более чем в 470 раз.

Таким образом, результаты эксперимента убедительно показывают, что переработка

фасоли — особенно в форме проращивания и последующего отваривания — способствует существенному снижению содержания токсичных элементов. Несмотря на то, что все исследованные образцы соответствовали установленным нормативам, применение предложенной технологии позволяет значительно улучшить показатели безопасности и повысить качество готового продукта.

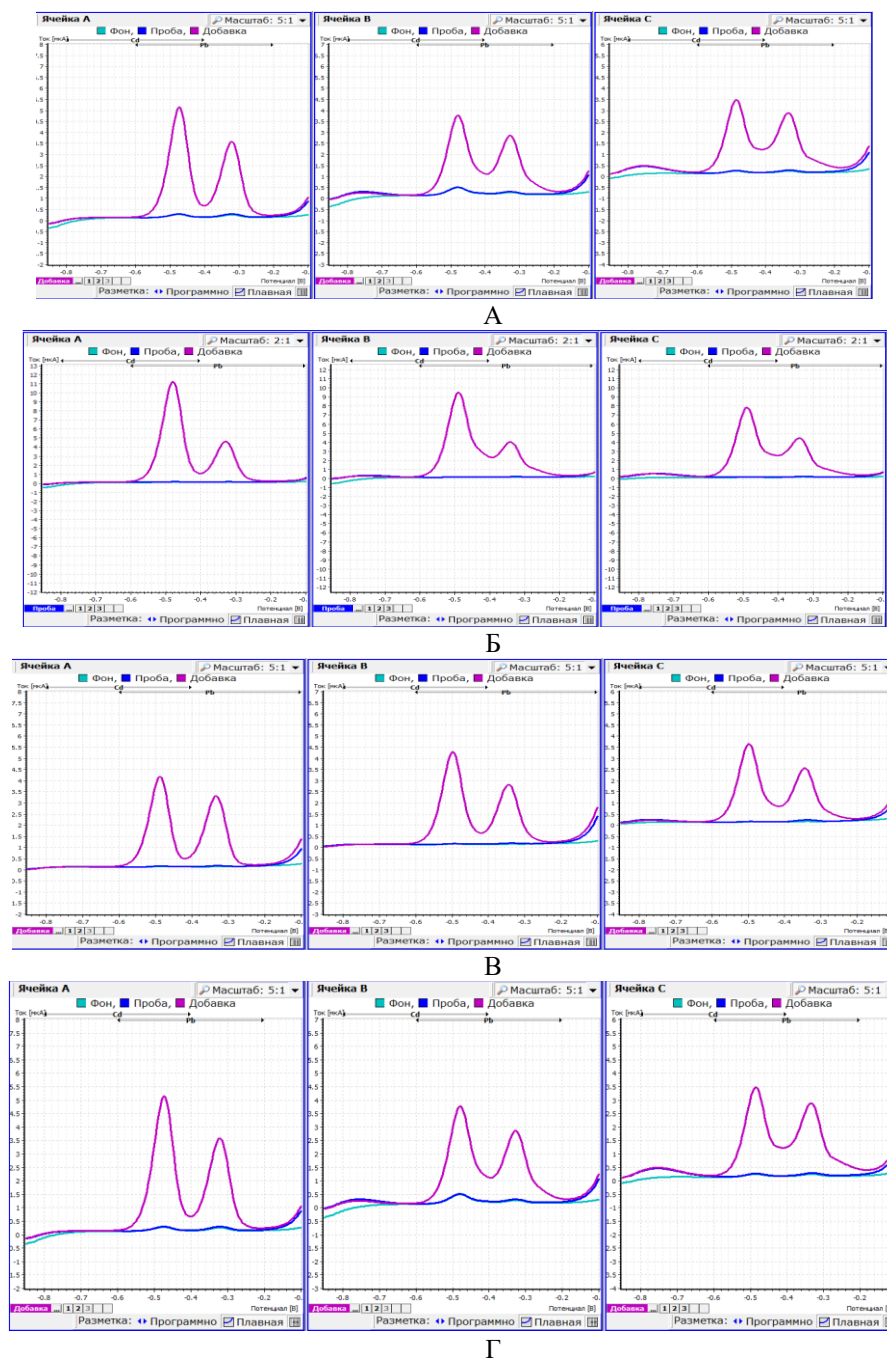


Рисунок 1. Концентрация Cd и Pb в образцах урожая 2021 года: А – порошок из сухих бобов фасоли; Б – порошок из отварных бобов фасоли; В – порошок из пророщенных бобов фасоли; Г – порошок из отварных пророщенных бобов фасоли

Заклучение

1. Проведён анализ содержания токсичных элементов (свинца и кадмия) в фасольевых зёрнах урожая 2021 и 2022 годов и их концентратов.
2. Обнаружено, что содержание Cd и Pb в исходных образцах не превышает допустимых норм.
3. После технологической переработки (варка, проращивание, сушка, получение

концентрата) уровень токсичных элементов значительно снижается:

- кадмий — в 200–330 раз,
- свинец — в 400–540 раз.

4. Полученные результаты подтверждают, что предложенная технология производства фасолевого концентрата способствует повышению качества и безопасности продукта.

5. Концентраты фасоли могут использоваться в составе функциональных и диетических пищевых продуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. П. Методы контроля качества и безопасности пищевых продуктов: учебное пособие. — М.: ДеЛи плюс, 2022. — 280 с.

2. Миронова, Л. С. Экологическая безопасность пищевого сырья и продуктов питания. — М.: Инфра М, 2020. — 312 с.

3. Кириллова, Е. В., Романова, Т. И. Биохимические и токсикологические аспекты безопасности пищевого сырья. — СПб.: Лань, 2021. — 188 с.

4. СанПиН 2.3.2.1078 01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М.: Минздрав РФ, 2002. — 112 с.

5. Abira Nowar, Md. Hafizul Islam, Saiful Islam, Ahmed Jubayer. A systematic review on heavy metals contamination in Bangladeshi vegetables and their associated health risks // *Frontiers in Environmental Science*. — 2024. — Vol. 12. DOI:10.3389/fenvs.2024.1425286. *Frontiers*

6. Liang, G., Gong, W., Li, B. et al. Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. — 2019. — Vol. 16(6): 909. DOI:10.3390/ijerph16060909. MDPI+1

7. Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A. et al. Heavy Metal Contamination of Natural Foods Is a Serious Health Issue: A Review // *Sustainability*. — 2022. — Vol. 14, №1: 161. DOI:10.3390/su14010161. MDPI

8. Баранова, Г. В. Влияние условий произрастания на накопление тяжёлых металлов в растениях // *Агрохимия*. — 2021. — №9. — С. 62–68.

9. Гончаренко, И. В., Ларионова, С. А. Тяжёлые металлы в пищевых продуктах и методы их определения // *Вестник Технологического университета*. — 2020. — Т. 23, №5. — С. 112–118.

10. Терещенко, Н. Н., Михайлова, Е. В. Определение кадмия и свинца в продуктах питания методом инверсной вольтамперометрии // *Известия вузов. Пищевая технология*. — 2018. — №1. — С. 37–41.

11. Assessment of heavy metals in raw food samples from open markets in two African cities // (Name of journal) — 2017.

12. Dietary Intake of Toxic Heavy Metals with Major Groups of Food Products—Results of Analytical Determinations // (Name of journal) — (Year). DOI available. PubMed

13. Кузнецова, О. И. Влияние технологической обработки на содержание токсичных элементов в зернобобовых культурах // *Пищевая промышленность*. — 2022. — №4. — С. 54–59.

14. Кириллова, Е. В., Романова, Т. И. Биохимические и токсикологические аспекты

безопасности пищевого сырья. — СПб.: Лань, 2021. — 188 с.

15. СанПиН 2.3.2.1078 01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М.: Минздрав РФ, 2002. — 112 с.

16. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». — М.: Издвостандартов, 2011. — 38 с.

17. Рахимова М.А. Использование концентрата из биобрабанной фасоли в кисломолочном продукте / Рахимова М.А., Рашидов Н.Д., Тошходжаев Н.А. // *Вестник Алматинского технологического университета*: – Алматы 2023.– №2 (140)- с.177-186. ISSN 2304-5682, ISSN online 2710-0839

18. ГОСТ 26932–86. Сырьё и продукты пищевые. Методы определения свинца. — М.: Издво стандартов, 1986. — 8 с.

19. ГОСТ 26933–86. Сырьё и продукты пищевые. Методы определения кадмия. — М.: Издво стандартов, 1986. — 8 с.

20. ГОСТ 30178–96. Сырьё и продукты пищевые. Атомно абсорбционный метод определения токсичных элементов. — М.: Издвостандартов, 1997. — 12 с.

21. Н. Е. Безопасность и качество пищевых продуктов: учебное пособие. — М.: Колос, 2019. — 256 с

REFERENCES

1. Vasil'ev, A.P. (2022). *Metody kontrolya kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov* [Methods for Quality Control and Safety of Food Products]. Moscow: DeLi plus. (in Russian)

2. Mironova, L.S. (2020). *Ekologicheskaya bezopasnost' pishchevogo syr'ya i produktov pitaniya* [Environmental Safety of Food Raw Materials and Food Products]. Moscow: Infra-M. (in Russian)

3. Kirillova, E.V., & Romanova, T.I. (2021). *Biokhimicheskie i toksikologicheskie aspekty bezopasnosti pishchevogo syr'ya* [Biochemical and Toxicological Aspects of Food Raw Material Safety]. St. Petersburg: Lan'. (in Russian)

4. SanPiN 2.3.2.1078–01. (2002). *Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov* [Hygienic Requirements for Safety and Nutritional Value of Food Products]. Moscow: Minzdrav RF. (in Russian)

5. Abira Nowar, Md. Hafizul Islam, Saiful Islam, & Ahmed Jubayer. (2024). A systematic review on heavy metals contamination in Bangladeshi vegetables and their associated health risks. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1425286>

6. Liang, G., Gong, W., Li, B., et al. (2019). Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 909. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060909>

7. Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A., et al. (2022). Heavy Metal Contamination of Natural Foods Is a Serious Health Issue: A Review. *Sustainability*, 14(1), 161. <https://doi.org/10.3390/su14010161>
8. Baranova, G.V. (2021). Vliyanie usloviy proizrastaniya na nakoplenie tyazhyolykh metallov v rasteniyakh [Influence of Growing Conditions on Heavy Metal Accumulation in Plants]. *Agrokimiya*, (9), 62–68. (in Russian)
9. Goncharenko, I.V., & Larionova, S.A. (2020). Tyazhyolye metally v pishchevykh produktakh i metody ikh opredeleniya [Heavy Metals in Food Products and Methods for Their Determination]. *Vestnik Tekhnologicheskogo Universiteta*, 23(5), 112–118. (in Russian)
10. Tereshchenko, N.N., & Mikhaylova, E.V. (2018). Opredelenie kadmiya i svintsa v produktakh pitaniya metodom inversnoy vol'tamperometrii [Determination of Cadmium and Lead in Food Products by Inverse Voltammetry]. *Izvestiya vuzov. Pishhevaya tekhnologiya*, (1), 37–41. (in Russian)
11. Assessment of heavy metals in raw food samples from open markets in two African cities. (2017). (Journal name not provided).
12. Dietary Intake of Toxic Heavy Metals with Major Groups of Food Products – Results of Analytical Determinations. (Year and journal not provided). DOI available. PubMed.
13. Kuznetsova, O.I. (2022). Vliyanie tekhnologicheskoy obrabotki na sodержание toksichnykh elementov v zernobobovykh kulturakh [Influence of Technological Processing on Toxic Elements in Legumes]. *Pishhevaya promyshlennost'*, (4), 54–59. (in Russian)
14. Kirillova, E.V., & Romanova, T.I. (2021). Biokhimicheskie i toksikologicheskie aspekty bezopasnosti pishchevogo syr'ya [Biochemical and Toxicological Aspects of Food Raw Material Safety]. St. Petersburg: Lan'. (in Russian) (Повтор источника №3 — оставляю, если нужно.)
15. SanPiN 2.3.2.1078–01. (2002). (duplicate of №4 — оставляю по списку).
16. TR TS 021/2011. (2011). Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza “O bezopasnosti pishchevoy produktsii” [Technical Regulation of the Customs Union “On Food Safety”]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
17. Rakhimova, M.A., Rashidov, N.D., & Toshkhodzhaev, N.A. (2023). Ispol'zovanie kontsentrata iz biobrabotannoy fasoli v kislomolochnom produkte [Use of Bioprocessed Bean Concentrate in a Fermented Dairy Product]. *Vestnik Almatinskogo Tekhnologicheskogo Universiteta*, 2(140), 177–186. (in Russian)
18. GOST 26932–86. (1986). Syr'ye i produkty pishchevye. Metody opredeleniya svintsa [Raw Materials and Food Products. Methods for Determination of Lead]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
19. GOST 26933–86. (1986). Syr'ye i produkty pishchevye. Metody opredeleniya kadmiya [Raw Materials and Food Products. Methods for Determination of Cadmium]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
20. GOST 30178–96. (1997). Syr'ye i produkty pishchevye. Atomno-absorbtsionnyy metod opredeleniya toksichnykh elementov [Raw Materials and Food Products. Atomic Absorption Method for Determining Toxic Elements]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
21. Fedorova, N.E. (2019). Bezopasnost' i kachestvo pishchevykh produktov [Food Safety and Quality]. Moscow: Kolos. (in Russian)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЧИПСОВ, ОБОГАЩЁННЫХ ГРИБАМИ ВЕШЕНКИ

Б. ТАМИР* , А. НОМИН-ЭРДЭНЭ , Б. БАТЧИМЭГ 

(Университет пищевой промышленности и технологий, 17000, Монголия, г.Уланбатор, ул. Заводская, д.26)

Электронная почта автора-корреспондента: Khotgoiddugar1977@gmail.com*

В Монголии зарегистрировано 630 видов высших грибов, из которых 116 обладают пищевой и лекарственной ценностью. В стране активно развиваются технологии культивирования грибов, в частности вешенки, которая занимает второе место по объёму выращивания после шампиньонов. Вешенка (*Pleurotus ostreatus*) богата белками, углеводами, витаминами, минералами и биологически активными веществами, обладающими антиоксидантными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами. Эти особенности делают её перспективным сырьём как для пищевой промышленности, так и для медицины. Проблема чрезмерного потребления соли в Монголии (7,4–15,4 г/день при норме ВОЗ <5 г) требует поиска функциональных пищевых продуктов, способных снизить солевую нагрузку, особенно среди детей и молодежи, где растёт популярность солёных закусок. В данном исследовании поставлена цель разработки технологии производства несолёных чипсов с добавлением грибного порошка из вешенки. Для производства использовали картофель сорта «Гала» и порошок вешенки, выращенной компанией «Миуиж Органик». Проведён анализ безопасности исходного сырья: остаточные количества пестицидов, тяжёлых металлов и микробиологические показатели соответствовали нормативам. Опытные образцы чипсов изготавливались с добавлением грибного порошка в количестве 1–5%. Органолептическая оценка показала, что наилучшие характеристики (цвет, вкус, запах, консистенция) имели образцы с 1–2% вешенки, в то время как более высокие дозировки ухудшали внешний вид и текстуру продукта. Физико-химический анализ готовых чипсов выявил: массовая доля белка — 3,7%, жира — 34,8%, влаги — 2,5%. Все показатели соответствуют нормативам, содержание токсичных элементов не превышало допустимых значений. Таким образом, разработанная технология позволяет производить безопасные и обогащённые грибами несолёные чипсы, которые могут стать здоровой альтернативой традиционным солёным закускам и способствовать снижению потребления соли среди населения.

Ключевые слова: гриб вешенка, крахмал, картофель, чипсы, соль.

ВЕШЕНКА САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ЧИПСЫ ДАЙЫНДАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Б. ТАМИР*, А. НОМИН-ЭРДЭНЭ, Б. БАТЧИМЭГ

(Университет пищевой промышленности и технологий, 17000, Монголия, г.Уланбатор, ул.Заводская, д.26)

Электронная почта автора-корреспондента: Khotgoiddugar1977@gmail.com*

Моңғолияда жогарғы сорттағы саңырауқұлақтардың 630 түрі тіркелген, олардың 116-сы тағамдық және дәрілік құндылыққа ие. Елде саңырауқұлақтарды өсіру технологиялары белсенді дамып келеді, әсіресе көлемі жағынан шампиньоннан кейін екінші орында тұрған вешенка кеңінен таралған. Вешенка (*Pleurotus ostreatus*) ақуыздарға, көмірсуларға, дәрумендерге, минералдарға және антиоксиданттық, қабынуға қарсы және ісікке қарсы қасиеттерге ие функционалдық белсенді заттарға бай. Бұл ерекшеліктер оны тағам өнеркәсібі мен медицина үшін келешегі зор шикізатқа айналдырады. Моңғолияда тұзды шамадан тыс тұтыну мәселесі (тәулігіне 7,4–15,4 г, ал ДДСҰ нормасы <5 г) функционалды тағамдық өнімдерді іздеуді талап етеді. Әсіресе тұзды жеңіл тағамдарға әуестігі артып келе жатқан балалар мен жастар арасында тұз жүктемесін азайту маңызды. Осы зерттеудің мақсаты – вешенканың ұнтағын қосу арқылы тұзсыз чипстер өндіру технологиясын әзірлеу. Өндірісте «Гала» сортының картобы мен «Миуиж Органик» компаниясында өсірілген вешенка ұнтағы пайдаланылды. Бастапқы шикізаттың қауіпсіздігі талданды: пестицидтердің, ауыр металдардың қалдықтары мен микробиологиялық көрсеткіштер нормативтерге сәйкес болды. Тәжірибелік үлгідегі чипстерге 1–5% көлемінде вешенка ұнтағы қосылды. Органолептикалық бағалау нәтижесі бойынша 1–2% вешенка қосылған үлгілер ең жақсы сипаттамаларға (тұс, дәм, иіс, консистенция) ие болды, ал жоғары үлестер өнімнің сыртқы түрі мен құрылымын нашарлатты. Физика-химиялық талдау дайын чипстердің

құрамын көрсетті: ақуыз – 3,7%, май – 34,8%, ылғал – 2,5%. Барлық көрсеткіштер нормативтерге сәйкес, улы элементтердің мөлшері рұқсат етілген деңгейден аспайды. Осылайша, әзірленген технология қауіпсіз әрі вешенкамен байытылған тұзсыз чипстер өндіруге мүмкіндік береді. Мұндай өнім дәстүрлі тұзды жеңіл тағамдарға пайдалы балама болып, халық арасында тұз тұтынуды азайтуға ықпал ете алады.

Негізгі сөздер: вешенка саңырауқұлақ, крахмал, картофель, чипсы, тұз.

RESEARCH OF CHIPS COOKING TECHNOLOGY, ENRICHED WITH OVEN-GROWN MUSHROOMS

B. TAMIR, A. NOMIN-ERDENI, B. BATCHIMEG

(University of Food Industry and Technology, 17000, Mongolia, Ulaanbaatar, Zavodskaya Street 26)

Corresponding author's e-mail: Khotgoiddugar1977@gmail.com*

*There are 630 species of higher fungi registered in Mongolia, of which 116 have nutritional and medicinal value. The country is actively developing mushroom cultivation technologies, particularly for oyster mushrooms, which are the second most widely cultivated mushroom after champignons. Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) are rich in proteins, carbohydrates, vitamins, minerals, and biologically active substances with antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor properties. These characteristics make them a promising raw material for both the food industry and medicine. The problem of excessive salt consumption in Mongolia (7.4–15.4 g/day with the WHO norm <5 g) requires the search for functional food products that can reduce the salt load, especially among children and young people, where the popularity of salty snacks is growing. In this study, the goal is to develop a technology for the production of unsalted chips with the addition of oyster mushroom powder. Gala potatoes and oyster mushroom powder produced by Muujig Organic were used for production. The safety of the raw materials was analyzed: the residual amounts of pesticides, heavy metals, and microbiological indicators met the standards. The experimental chips were made with 1-5% mushroom powder. The organoleptic evaluation showed that the samples with 1-2% oyster mushroom had the best characteristics (color, taste, smell, and consistency), while higher dosages worsened the appearance and texture of the product. The physical and chemical analysis of the finished chips revealed the following results: the mass fraction of protein was 3.7%, the mass fraction of fat was 34.8%, and the mass fraction of moisture was 2.5%. All the results were within the acceptable limits, and the content of toxic elements did not exceed the permissible values. Thus, the developed technology allows for the production of safe and mushroom-enriched unsalted chips, which can serve as a healthy alternative to traditional salty snacks and help reduce consumption.*

Keywords: oyster mushroom, starch, potatoes, chips, salt.

Введение

Из 630 видов высших грибов, зарегистрированных в Монголии, съедобными и лекарственными грибами являются 116 видов. Кроме того, в нашей стране успешно внедрена технология выращивания 6 видов грибов, и их потребление увеличивается, в том числе и вешенки.

Помимо составления полной инвентаризации монгольских грибов, проведения таксономических исследований, распределения видов по ресурсным группам, биохимических испытаний было реализовано множество научно-исследовательских проектов с целью правильной идентификации и надлежащего использования природных грибов в пищевых целях, разработки основных штаммов культивируемых грибов, внедрения технологий выращивания, а также сравнения химического

состава дикорастущих и культивированных видов.

Рекомендуемый ВОЗ уровень потребления соли-менее 5 г день на человека. В Монголии наблюдается чрезмерное потребление соли от 7,4 до 15,4 граммов в день, что превышает рекомендованную Всемирной организацией здравоохранения норму. Национальный центр общественного здравоохранения Монголии сообщил, что 83,2 процента населения потребляют больше соли, чем рекомендуется [1].

По словам специалистов, чрезмерное потребление соли способствует накоплению натрия в организме и повышению артериального давления, что, в свою очередь, увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и инсультов, правительстве стоит вопрос о том, как наиболее эффективно добиться последовательного, значительного и устойчивого

сокращения потребления соли до уровня, рекомендованного ВОЗ.

Съедобные грибы очень широко используются в пищевой промышленности в виде добавок, солений, маринадов и др., относятся к функциональным продуктам [2]

Среди детей и молодежи растет потребление жареных закусок, таких как фастфуд, чипсы и хрустящие картошки, которые содержат много соли. Альтернативной добавкой при производстве несолёных чипсов могут служить культивируемые грибы, например вешенка.

Среди различных видов съедобных грибов, культивируемых в Монголии, по объёму вешенка занимает второе место после шампиньонов.

Вешенка содержит полисахариды, белки, жиры, клетчатку, воду, различные витамины и минералы, а также фенолы, флавоноиды, стероиды, гликозиды, терпеноиды, алкалоиды, глюкоканы и другие антиоксидантные биологически активные соединения.

Вешенки обладают противовоспалительной, антибактериальной и окислительной активностью, а также оказывают положительное влияние на иммунитет и обмен веществ.

Поэтому их используют в медицине в качестве сырья для новых лекарств и фармацевтических продуктов для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, ожирения, заболеваний печени и рака.

Вешенки богаты полисахаридами, благодаря чему оказывают выраженное антиоксидантное воздействие [2].

Употребление вешенки предупреждает развитие онкологических заболеваний, рака молочной железы и кишечника. Противоопухолевые свойства вешенок связывают также со свойством экстракта грибов ингибировать теломеразу [3].

Один из самых перспективных видов для промышленного грибоводства — вешенка обыкновенная (или устричная) *Pleurotus ostreatus*. По питательной ценности эти грибы находятся на уровне бобовых культур [4].

Исследователи Института химии и химической технологии определили общий химический состав и содержание минеральных веществ в плодовых и вегетативных телах грибов вешенки *Pleurotus ostreatus*, культивируемых в Монголии ООО «Moojig Organic», и установили, что они пригодны для употребления в пищу [5].

Таблица 1. Химический состав Вешенки

№	Наименование сырья	Вешенка обыкновенная		
		Плодовое тело	Вегетативное тело	Вешенка природная
1.	Вода, %	7,25	2,20	8,79
2.	Зола, %	8,02	10,9	8,62
3.	Жир, жироподобные вещества, %	1,73	0,60	2,56
4.	Белки, %	25,7	15,1	15,1
5.	Моносахариды, %	16,3	4,60	-
6.	Дисахариды, %	14,9	7,20	-
7.	Углеводы, %	31,2	11,8	64,9
8.	Фенольные соединения, мг/г	431	309	-
9.	Всего флавоноидов, мг/г	57,2	196	-

За рубежом были проведены обширные исследования химического состава вешенок, и было установлено, что 1–3% от общего количества сухого вещества составляет жир, 5–14% – зола, 19–35% – белок, а оставшийся процент – углеводы [1,4]. Содержание жира и жировых веществ в плодовых телах вешенок, культивируемых в Монголии, составляет в плодовых телах грибов -1,73%, а в вегетативном теле -0,6%; Содержание белка в плодовых составляет -25,7%, в вегетативном -15,1%, а общее содержание углеводов аналогично [5].

Содержание белка в плодовых телах природной вешенки и культивируемой одинаково (15,1%), но в плодовых телах культивируемой вешенки его содержится 25,7%, что в 1,7 раза больше, чем в природной вешенке.

Растения и грибы являются природными источниками фенольных соединений, которые оказывают положительное влияние на обмен веществ в организме человека [3].

Кроме того, в вегетативных и плодовых телах культивируемых грибов содержится общее количество флавоноидов, необходимых орга-

низму человека, в три раза больше, чем в природных грибах.

Вешенки, как и другие виды грибов, накапливают тяжелые металлы, поэтому опреде-

ление их минерального состава имеет важное значение.

Таблица 2. Минеральный состав грибов вешенки

№	Грибы	Содержание макро- и микроэлементов, мг/кг								
		K	P	Mg	S	Na	Fe	Zn	Ca	Cu
1	Плодовое тело	12030	4225.2	113.08	86.61	60.1	8.02	46.5	11.2	11.3
2	Вегетативное тело	16380	6645.1	153.97	168.17	16.4	13.0	70.3	61,1	20.6
3	Плодовое тело*	12930	3861.8	143.12	63.79	15,5	40.5	94.2	137	13.0

Вешенка природная

Согласно минеральным исследованиям, преобладающими элементами являются калий, фосфор и магний, которые по-разному накапливаются в плодовых телах и вегетативных частях гриба. Так, содержание калия: в плодовом теле — 12030 мг/кг; в вегетативном теле — 16380 мг/кг; фосфора соответственно составляет 4225,26 и 6645,19 мг/кг [5].

Концентрации токсичных элементов, выявленные в культивируемой вешенке, находились в пределах допустимых норм для культивируемых грибов, используемых в пищу. На основании результатов химического состава вешенки считается, что плодовые тела и вегетативные тела этого гриба пригодны для употребления в пищу человеком.

Целью настоящей работы является разработка технологии изготовления несоленых чипсов с применением культивируемых грибов рода Вешенка, для снижения потребления соли среди детей и молодёжи.

Материалы и их методы

В исследовании использовался картофель сорта 'Гала', выращенный на предприятии ООО "Gurvan khuu unders" из Жаргаланта сомона аймака Тувы, грибной порошок из вешенки, выращенной на предприятии ООО «Muujig organic», и картофельный крахмал.

Объектом исследований служил чипс MNS

5889:2008. Крахмал и продукты его переработки. Чипсы. Технические условия [6-9].

Биохимические, микробиологические показатели и безопасности исследуемого сырья и готовой продукции определялись общепринятыми методами, применяемыми в научных исследованиях.

Для проведения дегустации опытных образцов чипсов и оценки их сенсорных характеристик участвовали 40 потребителей в возрасте от 16 до 18 лет.

Результаты и их обсуждение

Исследование проводилось в два этапа: определение показателей безопасности основного сырья для производства чипсов — картофеля и микробиологические показатели грибов вешенки, а также разработка и апробация рецептуры обогащения грибами вешенки.

Существуют специальные государственные стандарты, как в отношении продовольственного картофеля, так и для переработки. Приказы и санитарные нормы регулируют правила и требования по остаточному количеству нитратов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов и т.д. Все это непосредственно влияет на качество и безопасность продукции [9]. Результаты анализа показателей безопасности карто-феля: остатков пестицидов и остатков тяжелых металлов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты анализа безопасности картофеля

Методы контроля	Наименование показателя	Допустимые уровни	Установленный уровень содержания
MNS 4832:1999	Фосфорорганический пестицид	не допускается	Не обнаружено
MNS 4499:1997	Кадмий	0,1 мг/кг	<0,001 мг/кг
MNS 4496:1997	Мышьяк	0,05 мг/кг	<0,001 мг/кг

Фосфорорганические пестициды, органические производные фосфорных кислот из группы пестицидов; применяются для борьбы с вредителями и болезнями растений, синантропными насекомыми и клещами, с сорными растениями, в качестве бактерицидов и регуляторов роста растений. Анализ показал, что остатков фосфорорганических пестицидов не обнаружено, а содержание кадмия и свинца ниже предельно допустимых норм.

Проведён микробиологический контроль грибного порошка, результаты представлены в таблице 4.

При микробиологических исследованиях в грибном порошке сальмонеллы и плесени не обнаружены, что свидетельствует о безопасности и пригодности к употреблению произведенной продукции.

Таблица 4. Результаты анализа микробиологических показателей вешенки

Метод контроля	Наименование показателя	Допустимые уровни	Установленный уровень содержания
MNS ISO 6579-1:2020	Сальмонеллы	в 25 г не допускаются	Не обнаружено
MNS 5132:2002	Плесени	1*10 ³ КОЕ/г, не более	Не обнаружено

Опытные образцы продукции вырабатывались с применением грибного порошка в количестве 1%, 2%, 3%, 4% и 5% к

массе основного сырья. Выработка контрольного варианта несоленого чипса проводилась без применения грибного сырья.

Таблица 5. Рецепт чипсов с применением грибного порошка вешенки

№	Сырья	Контроль	Опытные образцы				
			1%	2%	3%	4%	5%
1	Картофель, г	80	79,3	78,6	77,9	77,2	76,5
2	Крахмал, г	60	59,3	58,6	57,9	57,2	56,5
3	Вода, мл	40	40	40	40	40	40
4	Вешенки сушеные, г	-	1,4	2,8	4,2	5,6	7

Нами была разработана технология изготовления несоленых чипсов с

применением культивируемых грибов рода вешенка.

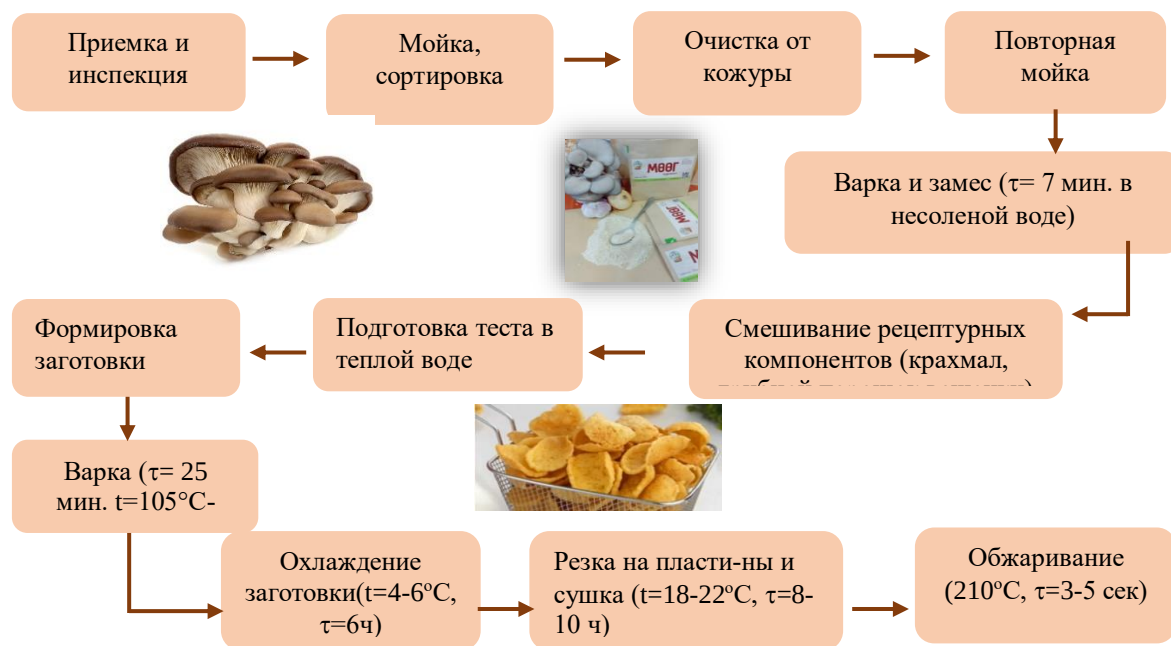


Рисунок 1. Технологический процесс изготовления чипсов, обогащенных грибами вешенки

Изготовление чипсов включает следующие основные операции: мойку и сортировку сырого картофеля, очистку, отмывку нарезанного картофеля от крахмала, варку, замес картофельной массы, смешивание рецептурных компонентов, подготовку теста, формирование, варку, охлаждение, нарезку, сушку и обжаривание.

Результаты органолептической оценки качества чипсов контрольного и опытных образцов с применением грибного порошка вешенки представлены в таблице 5.

Цвет чипсов зависит от сорта картофеля, цвета используемых вкусоароматических

добавок, ароматизаторов или красителей [6-10]. Цвет чипсов варьировался от светло-коричневого до темно-коричневого (рис 3). Из данных табл. 5 видно, что для образцов 3, 4 и 5 произведена скидка баллов за показатель «цвет» из-за слишком темного цвета. Все образцы, кроме 4 и 5, имели приятный, слегка грибной запах, несоленый вкус.

Органолептическая оценка чипсов, приготовленных с увеличением дозы грибного порошка вешенки свидетельствует о значительном снижении органолептических показателей (рис 2).

Таблица 6. Оценка органолептических показателей обогащённых чипсов

Наименование показателя	Показатели [6-10]	Контроль	Балльная оценка /0-3/				
			Рецептура				
			1	2	3	4	5
Цвет	От бледно-желтого до светло-коричневого	2.5	2.4	2.2	2.1	1.9	1.3
Вкус и запах	С ощутимым ароматом используемых вкусо-ароматических добавок или ароматизаторов.	2.4	2.5	2.1	2.1	1.7	1.5
Внешний вид	Пластины прямоугольной, треугольной или овальной формы, без сколов, толщиной 1,0–1,5 мм	2.6	2.5	2.4	1.7	1.6	1.3
Консистенция	Хрустящая, рассыпчатая	2.6	2.6	2.1	1.8	1.8	1.3

Наилучшая консистенция отмечена у образцов 1 и 2, далее идут образцы 3, 4, 5 – скидка баллов сделана из-за жестковатой

консистенции, неоднородности и плотной консистенции с образованием трещин на поверхности чипсов.



Рисунок 2. Опытные образцы чипсов

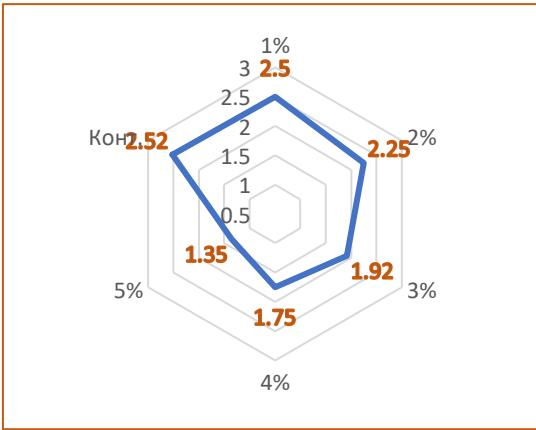


Рисунок 3. Средняя балльная оценка обогащенных чипсов

Самую высокую балльную оценку получили чипсы, приготовленные путем обогащения грибами вешенки (образец 1).

Определены физико-химические показатели несолёных чипсов, обогащенных грибами вешенки, результаты представлены в таблице 6.

Таблица 7. Результаты анализа физико-химических показателей несолёных чипсов, обогащённых грибами вешенки

Наименование показателя	Значение показателя	
	по стандарту [6]	в опытном образце
Массовая доля жира, %, не более	35.0	34.8
Массовая доля белка, %, не более	5.0	3.7
Влага, %, не более	3.0	2.5
Минеральные примеси	Не допускаются	Не обнаружено

Результаты анализа показали, что жирность несолёных чипсов, обогащённых грибами вешенки, на 0.2% ниже нормы. Предполагается, что чипсы впитали масло и его количество немного увеличилось, поскольку температура масла для жарки продукта не

достигла необходимого уровня (180-230°C) [11-15].

Поэтому целесообразно разогревать масло до 210–230°C и соблюдать температурный режим. Содержание белка в обогащённом

образце чипсов составило 3,7%, а содержания влаги — 2,5%, что соответствует норме.

Закключение

Разработана технология производства несолёных чипсов, обогащённых культивируемыми грибами компанией ООО «Muujig organic». Готовый продукт, содержащий 1% грибов вешенки (по отношению к массе основного сырья), по результатам исследований общего химического состава имеет следующий состав: 3.7% белков, 34.8% липидов и 2.5% влаги. Микробиологические показатели грибного порошка вешенки и картофеля соответствуют норме, установленной техническим регламентом; содержание токсичных элементов не превышает допустимые значения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. MNS 6187:2010. Грибы культивируемые (*Agaricus* spp. синоним *Psalliota* spp.). Общие технические условия.
2. Дриль, А. А. Формирование потребительских свойств продукции общественного питания на основе полуфабриката из культивируемых грибов вешенки обыкновенной: автореферат дис канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2020.
3. Дриль, А. А., Рождественская, Л. Н. Повышение биологической ценности белка и увеличение сроков хранения полуфабриката из вешенки обыкновенной методом электронной стерилизации // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 500–508. – DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-500-508.
4. Дриль, А. А. Перспективы разработки технологии и рецептур грибных соусов на основе вешенки обыкновенной // Техника и технология пищевых производств. 2019 Т. 49 № 4.-С.505-512.
5. Дементьева Н.В., Бойцова Т.М., Соколова Н.В., Исследование показателей качества чипсов, полученных из комбинированных фаршей гидробионтов //Индустрия питания. 2021.Т.6, №1. С.13-21.
6. MNS 0258:2021. Картофель. Общие технические условия.
7. Кшникаткин С. А. Обоснование производства гранулированного экологически безопасного удобрения из отходов при выращивании вешенки / С. А. Кшникаткин, П. Г. Аленин, И. В. Фомин // Нива Поволжья. — 2016. — № 3 (40). — С. 25–31.
8. Зинченко, И. Н., & Терлецкая, В. А. (2013). Изменения минерального состава продуктов в процессе производства грибных чипсов и снеков. В сб.: Техника и технология пищевых производств: тезисы IX Международной научно-технической конференции (25–26 апреля 2013 г., г. Могилёв), ч. 1, с. 94. Могилёв: МГУП.

9. MNS 5889:2008. Крахмал и продукты его переработки. Чипсы. Технические условия.

10. MNS 6958:2021. Методы определения калорийности продуктов питания.

11. Зарицкая, В. В. Перспективы использования грибов рода вешенка *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. в производстве колбасных изделий /В.В. Зарицкая, Н. А. Кочунова// Дальневосточный аграрный вестник. - 2017. - № 4(44). - С. 157-164.

12. Кароматов, И. Д., Саломова, М. Ф. Медицинское значение грибов вешенки // Биология и интегративная медицина: электрон. науч. журн. – 2017. – № 9 (октябрь). – С. 79–97.

13. Мунхгэрэл, Л., Энх-Амгалан, Л., и др. Исследование химического состава и содержания минералов в культивируемой вешенке (*Pleurotus ostreatus*) // Вестник химии и химической технологии. – Академия наук Монголии. – 2018. – № 5. – С. 41–45. – URL: <https://mongoliajol.info/index.php/BICCT/article/view/1072/1354>

14. Петрова Л.А., Технологии выращивания вешенки культивируемой //Пищевая промышленность. 2007.№11. С. 25–28. DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-1-2.

15. Хэрлэнчимэг Н., Бүрэнбаатар Г. Иллюстрированный справочник грибов Монголии. - 2016. –С. 160–161.

REFERENCES

- 1.MNS 6187:2010. Griby kul'tiviruemye (*Agaricus* spp. sinonim *Psalliota* spp.). Obshchie tekhnicheskie usloviya [Cultivated mushrooms (*Agaricus* spp. synonym *Psalliota* spp.). General technical requirements] (in Russian).
- 2.Dril, A. A. Formirovanie potrebitel'skikh svoistv produktsii obshchestvennogo pitaniya na osnove polufabrikata iz kul'tiviruemykh gribov veshenki obyknovennoi: avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk [Formation of consumer properties of public catering products based on a semifinished product from cultivated oyster mushrooms: dissertation abstract] (in Russian). Ekaterinburg, 2020.
- 3.Dril, A. A., Rozhdestvenskaya, L. N. Povyshenie biologicheskoi tsennosti belka i uvelichenie srokov khraneniya polufabrikata iz veshenki obyknovennoi metodom elektronnoi sterilizatsii [Increasing the biological value of protein and extending the shelf life of a semifinished product from oyster mushrooms using electron sterilization] // Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya, 2019, 9(3): 500–508. DOI: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-500-508. (in Russian)
- 4.Dril, A. A. Perspektivy razrabotki tekhnologii i retseptur gribnykh sousov na osnove veshenki obyknovennoi [Prospects for developing technology and recipes for mushroom sauces based on oyster mushrooms] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv, 2019, 49(4): 505–512. (in Russian)

5.Dement'eva, N. V., Boitsova, T. M., Sokolova, N. V. Issledovanie pokazatelei kachestva chipsov, poluchennykh iz kombinirovannykh farshei gidrobiontov [Study of quality indicators of chips obtained from combined hydrobiont minces] // Industriya pitaniya, 2021, 6(1): 13–21. (in Russian)

6.MNS 0258:2021. Kartofel'. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Potatoes. General technical requirements] (in Russian).

7.Kshnikatkin, S. A., Alenin, P. G., Fomin, I. V. Obosnovanie proizvodstva granulirovannogo ekologicheskogo bezopasnogo udobreniya iz otkhodov pri vyrashchivani veshenki [Justification for producing environmentally safe granular fertilizer from waste generated during oyster mushroom cultivation] // Niva Povolzh'ya, 2016, 3(40): 25–31. (in Russian)

8.Zinchenko, I. N., Terletskaya, V. A. Izmeneniya mineral'nogo sostava produktov v protsesse proizvodstva gribnykh chipsov i snekov [Changes in the mineral composition of products during the production of mushroom chips and snacks] // In: Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv, 2013, part 1, p. 94. (in Russian)

9.MNS 5889:2008. Krakhmal i produkty ego pererabotki. Chipsy. Tekhnicheskie usloviya [Starch and its processed products. Chips. Technical conditions] (in Russian).

10. MNS 6958:2021. Metody opredeleniya kaloriinosti produktov pitaniya [Methods for

determining caloric value of food products] (in Russian).

11. Zaritskaya, V. V., Kochunova, N. A. Perspektivy ispol'zovaniya gribov roda veshenka Pleurotus (Fr.) P. Kumm. v proizvodstve kolbasnykh izdelii [Prospects for using oyster mushrooms in the production of sausages] // Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik, 2017, 4(44): 157–164. (in Russian)

12. Karomatov, I. D., Salomova, M. F. Meditsinskoe znachenie gribov veshenki [Medical significance of oyster mushrooms] // Biologiya i integrativnaya meditsina, 2017, 9: 79–97. (in Russian)

13. Munkhgerel, L., Enkh-Amgalan, L., et al. Issledovanie khimicheskogo sostava i sodержaniya mineralov v kul'tiviruemoi veshenke (Pleurotus ostreatus) [Study of the chemical composition and mineral content of cultivated oyster mushrooms] // Vestnik khimii i khimicheskoi tekhnologii, 2018, 5: 41–45. (in Russian)

14. Petrova, L. A. Tekhnologii vyrashchivaniya veshenki kul'tiviruemoi [Technologies for growing cultivated oyster mushrooms] // Pishchevaya promyshlennost', 2007, 11: 25–28. (in Russian)

15. Kherlenchimeg, N., Burenbaatar, G. Illyustrirovannyi spravochnik gribov Mongolii [Illustrated guide to the mushrooms of Mongolia], 2016, pp. 160–161. (in Russian)

ЖҮГЕРІ ШАШАҒЫ СЫҒЫНДЫСЫН ЗЕРТТЕУ

¹А.Ж. АЙТБАЕВА , ¹Р. С. АЛИБЕКОВ , ¹М.К. КАСЫМОВА ,
²М.Ж. КИЗАТОВА , ¹Ж.Б. КАЛДЫБЕКОВА 

(¹ М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы,
160012, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5.

² С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық Медицина Университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, 041600, Төле Би көшесі 94)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: aiger_4ik@mail.ru*

Жүгері шашағы пайдалы заттарға, яғни фенолдық қосылыстарға (флавоноидтар, полифенолдар, дубильдік заттар), майда және суда еритін дәрумендерге, сондай-ақ минералдарға бай. Жүгері шашағының сығындылары да дәрумендер мен минералдардың көзі ретінде денсаулыққа пайдалы және зиянды бос радикалдармен күресуге көмектесетін функционалдық тамақ өнімдерін жасау үшін қолданылады. Бұл зерттеу жүгері шашағының сулы-спиртті экстрактісінің физика-химиялық және биологиялық белсенді қасиеттерін жан-жақты зерттеуге бағытталған. Оның сүт қышқылды өнімдерінің негізгі сипаттамаларына әсерін бағалау функционалды тағам өнімдерін әзірлеудің маңыздылығын анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеуге Түркістан облысы, Сарыағаш ауданында орналасқан «Әли» шаруа қожалығының жүгері шашағы шикізаты пайдаланылды. Жүгері шашағы сығындысындағы және оның негізінде алынған өнімдердегі биологиялық белсенді қосылыстарды және А, В тобы, D3, К дәрумендерін сандық анықтауда Жоғары тиімді сұйық хроматография-масс-спектрометрия әдістері модификацияланды. Деректер “Excel 7.0” (MS Office, АҚШ) және “Statistica 6.0” (StatSoft, АҚШ) бағдарламалық қамтамасыз етулері арқылы статистикалық өңделді. Вакуумды ультрадыбыстық экстракция әдісімен алынған 20% сулы-спирттік сығындысы жақсы нәтижелер көрсетті. Ақуыз концентрациясының мөлшері сығындымен байытылған тәжірибелік үлгідегі сынаманың бақылау үлгісімен салыстырғанда айтарлықтай өсуіне әкелді. Бұл белсендендіру жүгері шашағының аминқышқылдық құрамына оң әсер ететінін көрсетеді. Осы өзгерістер негізінде әзірленген өнімнің жақсартылған және функционалдық қасиеттерге ие екендігін қорытындылауға болады. Жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысын қосып әзірленген «Айран» сүт қышқылды өніміне жүргізілген зерттеулер оның құрамында метилбутират (Methylbutyrate) және метилцис-11,14-эйкозодиеноат (Methylcis-11, 14-eicosadienoate) майларының болуын және оның биологиялық тиімділігін растайды. Жүгері шашағы сығындысының құрамындағы В тобы дәрумендерінің жоғары болуы оның «Айран» сүт қышқылды өнімін өндіруге арналған перспективті шикізат ретіндегі әлеуетін анықтайды. Аталған бағыт дәрумендермен және алмастырылмайтын аминқышқылдарымен байытылған отандық функционалдық сүт қышқылды өнімдері индустриясының дамуына ықпал етеді.

Негізгі сөздер: жүгері шашағы, ультрадыбыстық сығынды, технология, зерттеу, сулы-спирттік сығынды.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКТА КУКУРУЗНЫХ РЫЛЕЦ

¹А.Ж. АЙТБАЕВА*, ¹Р. С. АЛИБЕКОВ, ¹М.К. КАСЫМОВА,
²М.Ж. КИЗАТОВА, ¹Ж.Б. КАЛДЫБЕКОВА

(¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,
160012, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

²Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова,
Республика Казахстан, 041600, г. Алматы, улица Төле би, 94)

Электронная почта автора-корреспондента: aiger_4ik@mail.ru*

Кукурузные рыльца содержат много полезных веществ: фенольные соединения (флавоноиды, полифенолы, дубильные вещества), витамины (которые растворяются в воде и в жире) и минералы.

Поэтому их экстракты могут быть полезны для здоровья, как источник витаминов и минералов, и использоваться для создания продуктов питания, которые помогают бороться с вредными свободными радикалами. Настоящее исследование направлено на всестороннее изучение физико-химических и биологически активных свойств водно-спиртового экстракта кукурузных рылец. Оценка его влияния на ключевые характеристики кисломолочных продуктов позволит определить потенциал для разработки продуктов функционального питания. В исследовании использовано сырьё крестьянского хозяйства «Али», расположенного в Сарыагайском районе Туркестанской области. Для определения биологически активных соединений в экстрактах кукурузных рылец и продуктах, получаемых на их основе, были модифицированы методики количественного определения витаминов А, В1, В2, В6, D3, К методом высокоэффективной жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии (ВЭЖХ/МС) и проведена статистическая обработка данных с помощью программного обеспечения "Excel 7.0" (MS Office, США), "Statistica 6.0" (StatSoft, США). Наиболее результативной метод – вакуумультразвуковая экстракция с 20%-ным водно-спиртовым раствором. Добавление экстракта из кукурузных рылец привело к заметному росту концентрации белка в экспериментальном образце по сравнению с контрольным. Эта активация указывает на положительное воздействие кукурузных рылец на аминокислотный состав. На основании этих изменений можно заключить, что разработанный продукт является улучшенным и обладает функциональными свойствами. Результаты проведенных исследований разработанного кисломолочного напитка Айран с водно-спиртовым экстрактом кукурузных рылец свидетельствуют о наличии в его составе жиров Methylbutyrate и Methylcis-11, 14-eicosadienoate, и это подтверждает его биологическую эффективность. Установлено, что высокое содержание витаминов группы В в экстракте кукурузных рылец определяет его перспективность в качестве сырья для производства кисломолочного напитка "Айран". Данное направление стимулирует развитие отечественной индустрии функциональных кисломолочных продуктов, обогащенных витаминами и незаменимыми аминокислотами.

Ключевые слова: кукурузные рыльца, ультразвуковая экстракция, технология, исследование, водно-спиртовой экстракт.

RESEARCH CORN STIGMAS EXTRACT

¹A.ZH.AITBAYEVA*,¹ R.S.ALIBEKOV, ¹M.K.KASSYMOVA,
²M.ZH.KIZATOVA, ¹ZH.B.KALDYBEKOVA

(¹Mukhtar Auezov South Kazakhstan University Tauke Khan ave., 5, Shymkent,
Republic of Kazakhstan, 160012

² «Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov», Almaty,
Republic of Kazakhstan, 041600)

Corresponding author's e-mail: aiger_4ik@mail.ru*

Corn silk contains a variety of beneficial compounds: phenolic compounds (flavonoids, polyphenols, tannins), fat- and water-soluble vitamins, and minerals. Therefore, their extracts can be beneficial for health, serving as a source of vitamins and minerals, and can be used to create functional food products that help combat harmful free radicals. The objective of this work is to experimentally validate the most suitable technology for producing corn silk extract and to conduct an experimental study of its composition. This study aims to comprehensively investigate the physicochemical and biologically active properties of a hydroalcoholic extract of corn stigmas. Evaluating its impact on key characteristics of fermented dairy products will determine its potential for functional food development. The study used raw materials from the "Ali" peasant farm, located in the Saryagash district of the Turkestan region, Kazakhstan. To determine the biologically active compounds in the corn silk extract (CSE) and products derived from it, the methodologies for the quantitative determination of vitamins A, B1, B2, B6, D3, K were modified using the High efficiency liquid chromatography-mass spectrometry (HPLC/MS) method. Statistical data processing was performed with "Excel 7.0" (MS Office, USA) and "Statistica 6.0" (StatSoft, USA) software. The most effective method was determined to be vacuum ultrasonic extraction with a 20% aqueous-alcoholic solution. Corn silk extract addition led to a noticeable increase in protein concentration in the experimental sample compared to the control. This activation indicates a positive impact of corn silk on amino acid composition. Based on these changes, it can be concluded that the developed product is improved and possesses functional properties. The results of the research on the developed fermented milk drink, Ayran, containing an aqueous-alcoholic corn silk extract, indicate, the presence of fats like Methylbutyrate and Methylcis-11, 14-eicosadienoate in its composition confirms its biological efficacy. It has been established that the high content of B vitamins in corn silk extract makes it a promising raw material for the production of the fermented milk drink "Ayran."

This direction stimulates the development of the domestic industry for functional fermented milk products enriched with vitamins and essential amino acids.

Keywords: corn silk, ultrasonic extraction, technology, research, hydroalcoholic extract.

Kіpіcne

Жүгері шашағы — пайдалы заттардың табиғи көзі. Оның құрамында фосфор, кремний, хлор, магний, калий, темір, кальций, мыс, хром, марганец, мырыш, никель, кобальт, бром, селен, молибден және тіпті алтын сияқты көптеген минералдар бар. Сондықтан оны пайдалы заттардың нағыз шағын фабрикасы деп атауға болады. Бұдан басқа, жүгері шашағында майлы май (2,5%-ға дейін), ащы заттар, сапониндер, шайырлар, К дәрумені (бір грамында 1600 бірлік), криптотоксин, С дәрумені мен пантотен қышқылы, инозит, ситостерин, стигмастерин және аздаған мөлшерде алкалоидтар кездеседі [1].

Жүгері шашағын қышқыл сүт өнімдерін өндіруде қолдану — қоршаған ортаға қамқорлық жасаудың және ресурстарды үнемдеудің тамаша тәсілі. Сонымен қатар, бұл қосымша шикізаттан алынған пайдалы заттармен өнімдерді байытуға мүмкіндік береді, олардың денсаулық үшін құндылығын арттырады.

Жүгері шашағы сығындыларын зерттеу бірнеше бағытты қамтиды. Фитохимиялық талдау нәтижелері шикізат құрамында 5,3% суда еритін полисахаридтер мен 1,3% пектиндік заттардың бар екенін растайды. Сонымен қатар, еркін (2,12 мг%) және байланысқан (12,84 мг%) күйде болатын 12 аминқышқылы анықталған.

Жүгері шашағының және оның сығындыларының өт айдағыш қасиеттерін қамтамасыз ететін негізгі белсенді компоненттер флавоноидтар мен гидрокси-қоңыр қышқылдары болып табылады.

Әзірленген ультрадыбыстық экстракция әдісі биологиялық белсенді заттардың шығымын 40%-ға арттыруға және сығындыны белсенді топтармен 30–40%-ға байытуға мүмкіндік береді. Сығындының сапасын сақтау үшін ылғалдылық, жарық және ультракүлгін сәулелердің әсерін ескере отырып жүргізілген стресс-сынақтар нәтижесінде, жүгері шашағы сығындысын сақтаудың оңтайлы шарттары анықталған: оны жарықтан қорғалған жерде сақтау қажет [1,2].

Дегенмен, этанолмен вакуум-ультрадыбыстық экстракциясы өзекті болып саналады, өйткені ол биологиялық белсенді заттардың (БАЗ) қосындысы бойынша да, белсенді заттардың жекелеген топтары бойынша да дәстүрлі әдістермен (орта есеппен 2 есе) салыстырғанда экстракция процесінің тиімділігін едәуір

арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл әдісті қолдану сулы-спиртті экстракциясын алу уақытын қысқартуға және негізгі БАЗ мазмұны бойынша оның сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Жұмыстың мақсаты — жүгері шашағынан дайындалған сығындының құрамын және отандық сүт қышқылды өніміне «Айран» әсерін зерттеу.

Зерттеу нысаны - жүгері шашағынан алынған сулы-спирттік сығынды және отандық (дәстүрлі қазақ) сүт қышқылды өнімі «Айран».

Функционалды сүт қышқылды өнімдерін жоғары тағамдық құндылықпен жасаудың бір әдісі — экологиялық тұрғыдан қауіпсіз өсімдік шикізатын қосу болып табылады. Жүгерінің қайта өңдеу өнімдері, атап айтқанда, жарма немесе крахмал өндірісінде қосымша өнім ретінде түзілетін жүгері шашағы, болашағы зор ингредиент ретінде қарастырылады.

Жүгері шашағы флавоноидтар, стериндер, алкалоидтар, полисахаридтер, органикалық қышқылдар, эфир майлары, минералдар және дәрумендер сияқты көптеген пайдалы заттарға бай [3]. Ғалымдар жүгері шашағынан флавоноидтарды алу үшін әртүрлі әдістерді қолданады: химиялық реагенттер, ферменттер, микротолқынды пештер, арнайы газдар, ультрадыбыс пен микротолқынды комбинациясы [4,5]. Флавоноидтар — бұл жасушаларды зақымданудан қорғайтын (антиоксиданттар), зиянды молекулалармен күресуге көмектесетін, бактериялардың өсуін тоқтататын және қандағы майларды реттеу арқылы қан тамырларының жағдайын жақсартатын табиғи заттар. Көптеген ғалымдар флавоноидтарды өсімдіктер өндіретін өте маңызды заттар деп санайды. Алайда, қазіргі кездегі басты қиындық — жүгері шашағынан алынған флавоноидтардың тазалығы төмен және құрамында ең белсенді флавоноидтардың аз болуы [6,7].

Жүгері шашағын өңдеу кезінде биологиялық белсенді заттары бар сығындыларды алу және олардан ең көп пайдалы компоненттерді бөліп алу арқылы функционалдық қасиеттері бар инновациялық ұлттық өнімдерді алуға болады. Жүгеріні қайта өңдеуден кейін алынған қосымша ресурстарды және олардың қазіргі технологиялық шешімдерін талдау олардың тұтастығы мен сапасын сақтайтын ешбір әдістің жоқ екенін

көрсетеді. Демек, бөлініп алынған қосымша ресурстарды антиоксиданттық қасиеттері бар биологиялық құнды заттарды алу көзі ретінде қарастыруға болады.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Зерттеуге арналған үлгілер Түркістан облысы, Сарыағаш ауданында орналасқан «Әлі» шаруа қожалығында өсірілетін *Driver* гибридті жүгерінің жас шашақтарынан алынды.

Экстракция. Сулы-спирттік сығындысын дайындау үшін, алдымен 1,5-2,0 мм мөлшерінде ұсақталған жүгері шашақтары экстрагентке қатысты 1:30, 1:50 қатынасында алынып, 20% сулы-спирттік ерітіндіге салынады. Ерітінді экстрагенттің шикізат саңылауларына еніп, қажетті компоненттерді ерітуі үшін бөлме температурасында 3,5-4 сағатқа қалдырылады. Содан кейін экстрагент 38–40°C температурада, 15 минут бойы вакуумда -ультрадыбыстық (қалдық қысым $P = 113-114$ Па) өңдеуден өткізіледі (жиілігі 35 кГц, қарқындылығы 70 Вт/см²).

Ақуыздың аминқышқылдық құрамы М-04-38-2009 (МЕМСТ Р 55569-2013) әдістемесі бойынша, аминқышқылдарын талдауға арналған арнайы кассетасы бар «КАПЕЛЬ-105М» капиллярлық электрофорез жүйесінің көмегімен анықталды [8].

Микроэлементтік құрам JSM-6490LV сканерлейтін электрондық микроскопының көмегімен, INCA Energy дисперсиялық микроталдау жүйелері мен HKL-Basic құрылымдық талдау жүйесін қолдану арқылы эксперименталды түрде анықталды.

Суда еритін В тобы дәрумендерінің сандық мөлшері «Капель 105М» аспабындағы капиллярлық электрофорез әдісімен анықталды. В1, В2, В3, В5 (никотин қышқылы), В6 дәрумендерінің құрамын анықтау үшін капиллярлық-зоналық электрофорез әдісі ($\lambda=200-267$ нм; pH=8,9; $L_{eff}/L_{comm}=65/75$ см; капилляр диаметрі=50 мкм; кернеу: +25 кВ, температура: +30 °C) толқын ұзындықтарын бағдарламалық ауыстыру арқылы қолданылды.

Ұшпа фенолдардың (жиынтығы) сандық концентрациясы РД 4.52.24.480-2006 әдістемесі бойынша бутил ацетатпен экстракциялау, кейін оларды сілті және бутил ацетатпен реэкстракциялау арқылы анықталды. Оптикалық тығыздық $\lambda=470-490$ нм толқын ұзындығы диапазонында үздіксіз спектрлік сканерлеуі бар фотометрде анықталды.

МЕМСТ ISO 14502-2010 стандарты 70°C температурада Фолин-Чиокалтеу реактивін

қолдану арқылы полифенолдардың жалпы мөлшерін анықтауға бағытталған.

Флавоноидтар мен дубильдік заттардың мөлшерін анықтау спектрофотометриялық әдіспен ($\lambda=408-420$ нм) МЕМСТ Р 55312-2012 және МЕМСТ 24027-2-80 сәйкес алюминий хлоридімен жүзеге асырылды. Стандарт ретінде рутин қолданылды.

МЕМСТ Р 54037-2010 бойынша антиоксиданттарды анықтау зерттелетін заттың (немесе заттар қоспасының) белгілі бір потенциалда жұмысшы электрод бетінде тотығу кезінде пайда болатын электр тогының күшін өлшеуге негізделген [9,10].

Статистикалық деректерді өңдеу «Excel 7.0» (MS Office, АҚШ) және «Statistica 6.0» (StatSoft, АҚШ) бағдарламалық қамтамасыз етулері арқылы жүзеге асырылды. Мәндер үш тәуелсіз эксперимент нәтижелері бойынша 90% сенімділік деңгейінде ($P=0,90$) орташа мән $\pm$ стандартты ауытқу түрінде берілген ($n=3$).

Нәтижелер және оларды талқылау

Анализ нәтижесінде (цианидті сынама, желатинмен реакция, 1% темір-аммоний ашудасы ерітіндісімен, концентрлі тұз қышқылындағы 1% ванилин ерітіндісімен сапалық реакциялар және т.б.) жүгері шашағының құрамында фенолдар, полифенолдар, флавоноидтар, дубильдік заттар, көмірсулар, аминқышқылдары, май қышқылдары бар екендігі анықталды.

МЕМСТ 51433-99 стандартына сәйкес, жүгері шашағы сығындыларындағы құрғақ заттардың массалық үлесі 10,4-18,0% аралығында болуы тиіс. Жүгері шашағы сығындыларындағы сахароза бойынша құрғақ заттардың орташа мөлшері шашақ мөлшеріне байланысты 12,925%-ды құрайды.

Жүгері шашағының химиялық құрамын практикалық зерттеу барысында флавоноидтардан басқа, шикізаттың басқа да БАЗ топтары қаралды. Жүгері шашағының химиялық құрамындағы БАЗ дәстүрлі белгілі өт айдайтын, диуретикалық және қан тоқтататын қасиеттерін толықтырып қана қоймай, олардың иммунотропты, ісікке қарсы, антиоксидантты, қабынуға қарсы қасиеттері де анықталды.

Жүгері шашағының мөлшері артқан сайын, құрғақ заттардың массалық үлесі азайып, сәйкесінше 12,3%, 11,0% және 10,4% құрады, бұл әдеби деректермен сәйкес келеді.

Сандық талдау тәжірибесін жүргізу нәтижесінде 100 г жүгері шашағында фенолдық және флавоноидтық қосылыстар анықталды. Галл қышқылына шаққанда фенолдық қосылыс-

тардың жалпы мөлшері 1050 мг, ал рутинге шаққанда флавоноидтардың жалпы мөлшері 1330 мг болды. Бұл нәтижелер экстракцияның жүгері шашағынан фенолдық қосылыстар мен флавоноидтарды алудың ең жақсы әдісі екенін көрсетеді, сондай-ақ, алынған деректер жүгері шашағының химиялық құрамын анықтау және

оны «Айран» өнімінің технологиясында қолдану міндеттерін шешуге мүмкіндік береді.

Сулы-спирттік экстракция әдісі арқылы жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, 20% сулы-спирттік сығындыдағы фенолдардың, полифенолдардың және флавоноидтардың мөлшері сәйкесінше 0,9 мг/г, 1,62 мг/г және 0,49 мг/г екені анықталды (1-кесте).

Кесте.1 Жүгері шашағы сығындысының физико – химиялық құрамы

№	Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	Жүгері шашағының сығындысы (сулы-спирт сығындысы, 20%)
Антиоксиданттық құрамы, мг/г		
1	Фенолдар	0,99
2	Полифенолдар	1,62
3	Флаваноидтар	0,49
4	Дубильді заттар, %	1,37
Көмірсулардың құрамы, г/л:		
5	Глюкоза	11,2
6	Арабиноза	29,78
7	Фруктоза	36,4
8	Сахароза	8,7

Сулы-спирттік экстракция әдісі жүгері шашағынан сығынды алу үшін оңтайлы болып табылады, себебі ол шашақтан таза күйінде бөліп алу мүмкін емес заттарды қолдануға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта жүгері шашағының фенолдық қосылыстарының ішінде ерекше қызығушылық тудыратыны — одан бөлініп алынған полифенолдар.

Жүгері шашағын сулы-спирттік экстракция арқылы өңдеу биологиялық белсенді заттарға бай сығындылар алудың жоғары ықтималдығын қамтамасыз етеді. Пайдалы компоненттерді бөліп алуды оңтайландыру функционалдық сипаттамалары бар инновациялық отандық өнімдерді әзірлеуге мүмкіндік береді (1-кесте). Жүгері

шашағының сығындылары фенолдық қосылыстарды (флавоноидтар, полифенолдар, антиоксиданттар) қамтитын биологиялық белсенді қосылыстардың әртүрлі спектріне ие екені анықталды. Осылайша, бөлініп алынған қосымша ресурстарды антиоксиданттық қасиеттері бар биологиялық құнды заттарды экстракциялаудың перспективалық көзі ретінде қарастыруға болады.

Келесі кезеңде ұлттық сүт қышқылды өнімдерінің технологиясына өсімдік шикізатынан алынған байытылған сығындыларды қосудың оңтайлы мөлшері, сондай-ақ, сақтау мерзіміне байланысты олардың тағамдық қауіпсіздікке, физика-химиялық және органолептикалық қасиеттеріне әсері анықталады (2-кесте).

Кесте 2. «Айран» сүт қышқылды өнімінің физико-химиялық құрамы

№	Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	«Айран» сүт қышқылды өнімі (бақылау)	Жүгері жібегінің 20% сулы-спирт сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімі
1	Акуыздың массалық үлесі, %	3,58	3,94
2	Майдың массалық үлесі, %	4,7	4,8
3	Көмірсулардың массалық үлесі, %	4,99	5,28
4	Суда еритін антиоксиданттар, мг/г	0,36	0,62
5	Майда еритін антиоксиданттар, мг/г	0,10	0,12
6	Фенол құрамы, мг/г	0,068	0,083
7	Полифенол құрамы, мг/г	0,22	0,29
8	Флавоноидтардың құрамы, мг/г	0,066	0,079
9	Тұтқырлық, Па·с	0,098	0,0166
10	Энергетикалық құндылық, ккал	72,96	80,61

2 -кестеде көрсетілгендей, жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысын «Айран» өніміне қосу фенолдар (22%-ға), полифенолдар (24%-ға) және флавоноидтар (21%-ға) деңгейінің айтарлықтай артуына әкеледі. 3 - кестеде ұсынылған нәтижелерде «Айранды» жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысымен байыту полифен-олдық қосылыстар мен флавоноидтар концен-трациясының біршама өсуіне ықпал ететінін көрсетеді. Бұл байыту тікелей өнімнің антиокси-данттық белсенділігінің жақсаруымен байланыс-ты, бұл экстракт компоненттерінің әсерінен болады.

Антиоксиданттық белсенділік — ауа мен судың ластануы, УК-сәулелену, қолайсыз температуралар, патогенді микроорганизмдердің әсері сияқты әртүрлі жағымсыз факторлардың салдарынан төмендеуі мүмкін өте маңызды көрсеткіш. Эксперименттік үлгінің құрамын байыту арқылы (2-кесте), өнімдегі антиокси-данттық заттардың (флавоноидтардың) мөлшері артты. Біз алған деректер жұмысында келтірілген нәтижелермен сәйкес келеді. Оларға сәйкес, жүгері шашағы мен өсімдік сығындыларын сүт қышқылды өнімдерінің құрамына енгізу соңғы өнімді суда да, майда да еритін фракциялармен, сондай-ақ полифенолдармен және флавоноид-тармен байытады. Бұл бақылаулар антиокси-данттық және прооксиданттық белсенділігі бар компоненттер арасында оңтайлы тепе-теңдік орнату арқылы айқын функционалдық сипатта-малары мен сақтау кезіндегі тұрақтылығы бар өнімді қалыптастыруға болатынын көрсететін зерттеулермен үйлеседі [11,12, 13].

Өсімдік компоненттерін жануар тектес шикізатпен үйлестіру синергетикалық әсер тудырып, ақуыздың сіңірілуін 1,5–2 есеге арттырады. Бұл дәрумендер мен минералдардың

жоғары құрамымен түсіндіріледі, бұл организмнің зат алмасу процестеріне оң әсер етеді (1, 2-кестелер). Жүгері шашағының құнды қасиеттерінің арқасында тағамға қосу жақсартылған функционалдық сипаттамалары бар жаңа өнімдер жасауға және дәстүрлі сүт қышқылды өнімі «Айранды» байытуға мүмкіндік береді.

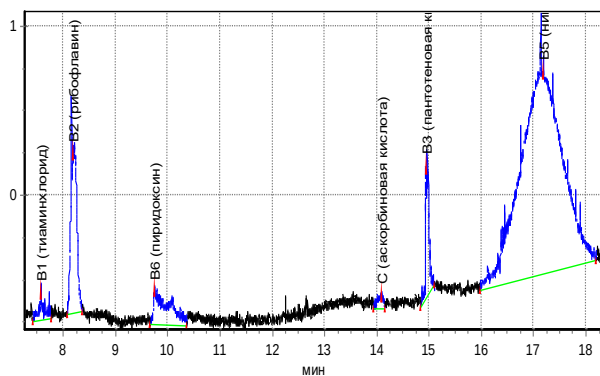
Жүгері шашағының сулы-спирттік сығын-дысы қосылған айранның тұтқырлығы (0,0166 Па·с) бақылау үлгісінің тұтқырлығынан (0,0146 Па·с) асып түсетіні анықталды. Жүгері шашағының су сығындысы айранның гидро-фильді қасиеттерін жақсартуға және реологиялық сипаттамаларын өзгертуге қабілетті екенін көрсетеді.

Осылайша, 20% жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысы қосылған өнімді антиокси-данттық белсенділігі жоғары ұзақ сақталатын өнімдер санатына жатқызуға болады.

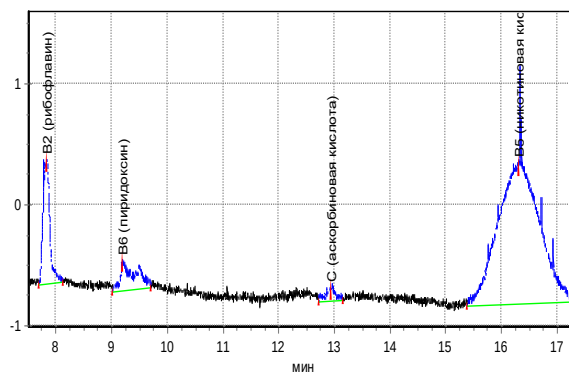
Жүгері шашағы құрамында айтарлықтай мөлшерде В тобы дәрумендері (әсіресе В2, В5 және В6) бар (1-сурет).

Зерттеу нәтижелері, 1-суретте қорытынды-ланғандай, жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысы қосылған Айран өнімдерінде В тобы дәрумендерінің (әсіресе В2, В5 және В6) айтарлықтай мөлшері бар екенін көрсетеді.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері жүгері шашағы сығындысының қышқыл сүт өнімдерін өндіруде В тобы дәрумендерінің қосымша көзі бола алатынын көрсетеді. Жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімінің прототипін әзірлеу барысында оның құрамында пиридоксин, рибофлавин және никотин қышқылының бар екендігі анықталды (1-сурет).



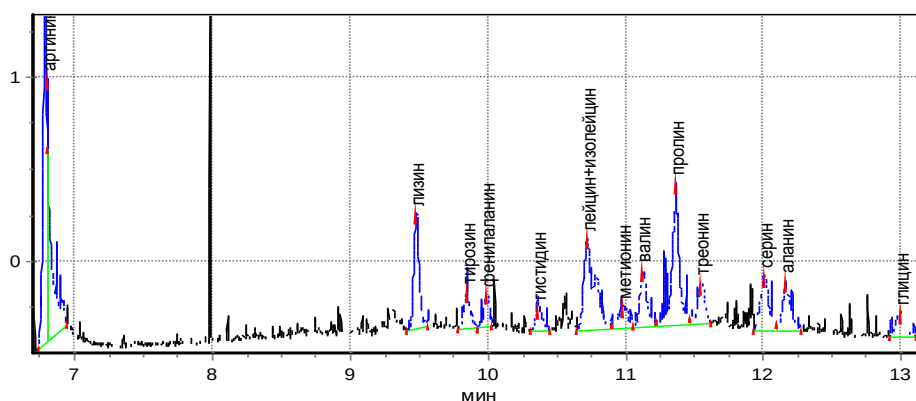
а) «Айран» сүт қышқылды өнімі (бақылау)



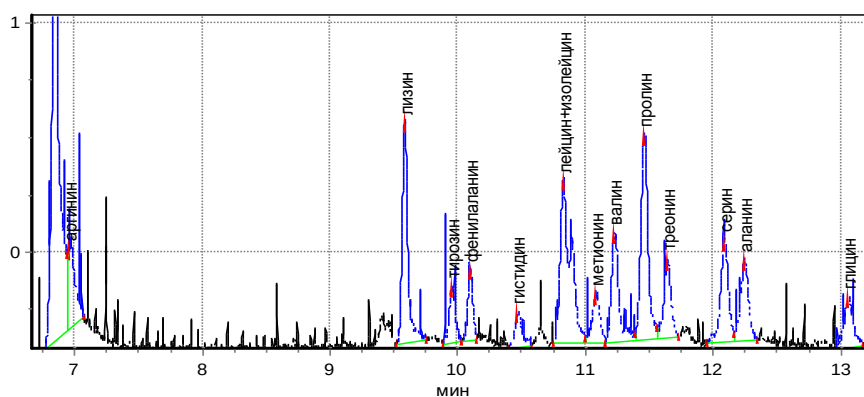
б) Жүгері жібегінің 20% сулы-спирт сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімі

Сурет 1. «Айран» сүт қышқылды өнімінің витаминдік құрамы: а) «Айран» сүт қышқылды өнімі (бақылау); б) Жүгері жібегінің 20% сулы-спирт сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімі

Зерттелетін өнім үлгісінің биологиялық құндылығын анықтау үшін оның құрамындағы алмастырылмайтын және алмастырылатын аминқышқылдары мен май қышқылдарының мөлшері анықталды, олар 2-суретте көрсетілген.



а) «Айран» сүт қышқылды өнімі (бақылау)



б) Жүгері жібегінің 20% сулы-спирт сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімі

Сурет 2. «Айран» сүт қышқылды өнімінің амин қышқылдық құрамы: а) «Айран» сүт қышқылды өнімі (бақылау);

б) Жүгері жібегінің 20% сулы-спирт сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімі

Өзірленген «Айран» үлгісіндегі ұлттық өнімнің құрамында адам ағзасына қажетті барлық алмастырылмайтын аминқышқылдары бар екені (2-сурет) талдау нәтижесінде анықталды. Жүгері шашағының сулы-спирттік сығындысы қосылған «Айран» өнімінде изолейцин+лейцин, фенилаланин, лизин,

валин сияқты аминқышқылдарының мөлшері артқан. Ал, сулы-спирттік сығынды қосылған өнім-дерде треониннің мөлшері өзгеріссіз қалған.

Келесі кезеңде «Айран» сүт қышқылды өнімінің май қышқылдарының құрамы зерттелді (3-кесте).

Кесте 3. «Айран» сүт қышқылды өнімінің май қышқылдарының құрамы, %

№	Компонент	«Айран» сүт қышқылды өнімі (бақылау)	Жүгері жібегінің 20% сулы-спирт сығындысы қосылған «Айран» сүт қышқылды өнімі
1	Метилбутират. Май қышқылының метил эфирі	0,157418	0,165269
2	Цис-10-пентадекан қышқылының метил эфирі (метилцис-10-пентадеканоат)	0,0000285	0,000098
3	Метилгептадеканоат. Гептадекан қышқылының метил эфирі (метилгептадеканоат)	0,000188	0,002071
4	Цис-10-гептадекан қышқылының метил эфирі (метилцис-10-гептадеканоат)	0,003191	0,000075
5	Цис-9-олеин қышқылының метил эфирі (метилцис-9-олеат)	0,000120	0,000928
6	Метилцис-5,8,11,14-эйкосаттразеоат (метил цис-5,8,11,14-эйкосаттразеоат)	0,0000113	0,000111
7	Цис-8,11,14-эйкосатриен қышқылының метил эфирі (метил цис-8,11,14-эйкосаттриноат)	0,000432	0,000576
8	Цис-11,14-эйкосадиен қышқылының метил эфирі (метил цис-11,14-эйкосадиеноат)	0,001322	0,001761
9	Метил нервонаты	0,001173	0,000057
10	Метиллаурат	-	0,000001
11	Метилтрикосанат	-	0,000002
12	Метилбегенат	-	0,000075

Май қышқылдарының құрамы тағамдық өнімдердің функционалдық мақсатын көрсететін ең маңызды көрсеткіштердің бірі болып табылады. Зерттеулер тағамдық өнімдердің функционалдық мақсатының көрсеткіші ретінде май қышқылдарының адам ағзасы үшін эссенциалды май қышқылдары, майда еритін дәрумендер көзі, сондай-ақ май тіндерін биосинтездеу және құру материалы ретінде маңызы зор екенін көрсетті [14,15,16].

Қорытынды

Жүгері шашағынан пайдалы заттарды бөліп алудың тиімділігі мен сығындының соңғы көлемі тандалған сығынды алу әдісі мен еріткішке тікелей байланысты. 20% сулы-спирттік ерітіндіні қолдана отырып, вакуум - ультрадыбыстық сығынды алу жақсы нәтижелерді көрсетті. Ультрадыбыстық толқындар еріткіштің шашаққа ену процесін жылдамдатады, жасуша қабырғаларын бұзады және флавоноидтардың (мөлшері 0,36%-ға дейін жетеді) ерітіндіге толық өтуіне ықпал етеді.

Жүгері шашағынан фенолдық қосылыстар (флавоноидтар, полифенолдар, дубильдік заттар), дәрумендер (суда және майда еритін)

және минералдар сияқты әртүрлі биологиялық белсенді заттар бөлініп алынады. Осындай құрамының арқасында бұл сығындылар коректік заттар көзі ретінде қызмет ете алады және антиоксиданттық қасиеттері бар функционалды тағамдық өнімдер жасау үшін қолданылады.

Сүт қышқыл өнімдеріндегі ақуыз деңгейінің жоғарылауы олардың аминқышқылдық құрамының оңтайландырылуына және тағамдық құндылығының артуына ықпал етеді. Бұл, өз кезегінде, ағзаға қажетті алмастырылмайтын аминқышқылдар (изолейцин, лейцин, фенилаланин, гистидин, лизин, валин) мөлшерінің артуымен сипатталады. Оңтайландырылған аминқышқылдық құрамы бұл өнімдердің анаболикалық процестерге, тіндердің регенерациясына, танымдық қабілеттерге және иммундық реакцияға айтарлықтай әсер етуі мүмкін деген гипотезаны ұсынуға мүмкіндік береді. Осыған байланысты, әзірленген өнімді жақсартылған және әлеуетті функционалды деп жіктеуге болады, бұл оның қасиеттерін жан-жақты бағалау үшін одан әрі зерттеулер жүргізу қажеттілігін көрсетеді.

Жүгері шашағы сығындысында В (В2, В5, В6) тобы дәрумендерінің жоғары мөлшері оны «Айран» сүт қышқылды өнімін өндіру үшін перспективті шикізат ретінде қарастыруға негіз бола алады. 20% сулы-спирттік сығын-дысы қосылған Айранның май қышқылдары профилінің май фракциясындағы метил-бутират (Methylbutyrate) және метилцис-11,14-эйкозодиеноат (Methylcis-11, 14-eicosadienoate) майларының болуы бұл өнімнің биологиялық белсенділігін көрсетеді. Бұл өз кезегінде, байытылған функционалды сүт қышқылды өнімдерінің отандық өнеркәсібін дамытуға ықпал етеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Айтбаева А.Ж., Алибеков Р.С., Фарах Б.Т. Исследование вторичных ресурсов при переработке кукурузы. Вестник Алматинского технологического университета. 2023;(2):29-37. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-2-29-37>
2. Айтбаева, А. Ж., Алибеков, Р. С. Использование побочных продуктов переработки зерновых культур в пищевой промышленности. // Материалы 12-й Международной научно-практической конференции “Modern directions of scientific research development” BoScience Publisher, Chicago, USA. (May 18-20, 2022): 215-217.
3. Аханова, Ж. М., Жумагазиева, А. Ж., Тургумбаева, А., & Кизатова, М. Изучение химического состава зародышей кукурузы (Zea Mays L.) методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. //Фармация Казахстана. - 2020.- №6. – С. 24-28.
4. Liu, J., Wang, C., Wang, Z., Zhang, C., Lu, S., & Liu, J. The antioxidant and free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (Zea mays L.) and related flavone glycosides // Food Chemistry. - 2011. – Vol.126, №1. – P. 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.014>
5. Daud, N. M., Putra, N. R., Jamaludin, R., et al. Valorisation of plant seed as natural bioactive compounds by various extraction methods: A review. // Trends in Food Science & Technology. – 2022. – Vol.119. – P. 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.010>
6. Tadeo, J. L., Sánchez-Brunete, C., Albero, B., & García-Valcárcel, A. I. Application of ultrasound-assisted extraction to the determination of contaminants in food and soil samples.// Journal of chromatography A. - 2010. - Vol. 1217, №16. – P. 2415-2440. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.066>
7. Yusoff, I. M., Taher, Z. M., Rahmat, Z., & Chua, L. S. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. // Food research international. – 2022. - Vol. 157. - 111268. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>
8. Кизатова, М. Е., & Султанова, М. Ж. Обзор способа экстракции, как эффективного метода анализа. Материалы XV Международной научной конференции «Trends in the development of science and practice», 27–29 декабря. - Madrid, Spain. 2022. - С. 384.
9. Utebaeva, A., Yevlash, V., Gabrilyants, E., Abish, Z., & Aitbayeva, A. Development of kefir product with Bifidobacterium animalis Subsp. Lactis (bb-12) activated by Sanguisorba officinalis L. extract.// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2024. - Vol.131, №11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.312708>
10. Muda, R. J., Nurhanan, A. R., Rosli, W., Mohsin, S. Total polyphenol content and free radical scavenging activity of cornsilk (Zea mays hairs) // Sains Malaysiana. - 2012. - Vol. 41, №10. – P. 1217-1221.
11. Marcela, F. S., Daniela, O. D. E., Fimbres-García, J. O., et al. Corn silk-derived bioactives as polyphenol oxidase inhibitors: Mechanisms and applications in food preservation // Food Bioscience. – 2025. -106411. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106411>
12. Alibekov, R. S., Aitbayeva, A. Z., Khamitova, B. M., Azimov, A. M., Sulaiman, A., Mustapa Kamal, S. M., Taip, F. S. Effects of maltodextrin in freeze drying on the physical and functional properties of different type of milk powder.// Cogent Food & Agriculture. - 2025. - Vol.11, №1. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2473540>
13. Stobiecka, M., Król, J., & Brodziak, A. Antioxidant Activity of milk and dairy products //Animals. – 2022. - Vol.12, № 3. - 245. <https://doi.org/10.3390/ani12030245>
14. Субботина М.А. Физиологические аспекты использования жиров в питании // Техника и технология пищевых производств. - 2009. - № 4. - С. 54–57.
15. Krekker, L. G., & Kolosova, E. V. Antioxidant activity as a functional advantage of a fermented milk product during storage // Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. - 2022. - №2. – С.147-160. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.348>
16. Abdizhapparova, B. T., Khanzharov, N. S., Ospanov, B. O., Pankina, I. A., Orymbetova, G. E. A way of vacuumatmospheric drying of Jerusalem artichoke tubers. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. - 2019. - Vol.6 (438). – P. 165-176.

REFERENCES

1. Aitbaeva A.Zh., Alibekov R.S., Farax B.T. Issledovanie vtorichny`x resursov pri pererabotke kukuryzy. [Research of secondary resources in corn processing]. Vestnik Almatinskogo texnologicheskogo universiteta. №2. 2023. S. 29-37.

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-2-29-37> (In Kazakh)

2. Aitbaeva, A. Zh., Alibekov, R. S. Ispol'zovanie pobochny'x produktov pererabotki zernovy'x kul'tur v pishhevoj promy'shlennosti. [The use of by-products of grain processing in the food industry]. In The 12 th International scientific and practical conference "Modern directions of scientific research development" BoScience Publisher, Chicago, USA. May 18-20. - 2022. S.215-217. (In Russian)

3. Axanova, Zh. M., Zhumagazieva, A. Zh., Turgumbaeva, A., & Kizatova, M. Izuchenie ximicheskogo sostava zarody'shej kukuruzy` (Zea Mays L.) metodom gazovoj xromatografii s mass-spektrometricheskimi detektirovaniem. [Study of the chemical composition of corn germs (Zea mays L.) by gas chromatography with mass spectrometric detection]. Farmaciya Kazaxstana, №6. 2020. S. 24-28. (In Russian)

4. Liu, J., Wang, C., Wang, Z., Zhang, C., Lu, S., & Liu, J. The antioxidant and free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (Zea mays L.) and related flavone glycosides // Food Chemistry. - 2011. - Vol.126, №1. - P. 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.014>

5. Daud, N. M., Putra, N. R., Jamaludin, R., Norodin, N. S. M., Sarkawi, N. S., Hamzah, M. H. S., ... & Salleh, L. M. (2022). Valorisation of plant seed as natural bioactive compounds by various extraction methods: A review. Trends in Food Science & Technology, 119, 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.010>

6. Tadeo, J. L., Sánchez-Brunete, C., Albero, B., & García-Valcárcel, A. I. Application of ultrasound-assisted extraction to the determination of contaminants in food and soil samples // Journal of chromatography A. - 2010. - Vol.1217, №16. - P.2415-2440. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.066>

7. Yusoff, I. M., Taher, Z. M., Rahmat, Z., & Chua, L. S. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. // Food research international. - 2022. - Vol. 157. - 111268. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>

8. Kizatova, M. E., Sultanova, M. Zh. Obzor sposoba e'kstrakcii, kak e'ffektivnogo metoda analiza. [An overview of the extraction method as an effective method of analysis]. In The XV International Science Conference «Trends in the development of science and practice», December 27–29, Madrid, Spain. 2022. S .

384. (In Russian)

9. Utebaeva, A., Yevlash, V., Gabrilyants, E., Abish, Z., & Aitbayeva, A. Development of kefir product with Bifidobacterium animalis Subsp. Lactis (bb-12) activated by Sanguisorba officinalis L. extract. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2024. - Vol.131, №11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.312708>

10. Muda, R. J., Nurhanan, A. R., Rosli, W., Mohsin, S. Total polyphenol content and free radical scavenging activity of cornsilk (Zea mays hairs) // Sains Malaysiana. - 2012. - Vol. 41, №10. - P. 1217-1221.

11. Marcela, F. S., Daniela, O. D. E., Fimbres-García, J. O., et al. Corn silk-derived bioactives as polyphenol oxidase inhibitors: Mechanisms and applications in food preservation // Food Bioscience. - 2025. - 106411. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106411>

12. Alibekov, R. S., Aitbayeva, A. Z., Khamitova, B. M., Azimov, A. M., Sulaiman, A., Mustapa Kamal, S. M., Taip, F. S. Effects of maltodextrin in freeze drying on the physical and functional properties of different type of milk powder. // Cogent Food & Agriculture. - 2025. - Vol.11, № 1. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2473540>

13. Stobiecka, M., Król, J., & Brodziak, A. Antioxidant Activity of milk and dairy products // Animals. - 2022. - Vol.12, № 3. - 245. <https://doi.org/10.3390/ani12030245>

14. Subbotina M.A. Fiziologicheskie aspekty` ispol'zovaniya zhirov v pitanii [Physiological aspects of the use of fats in nutrition]. // Tekhnika i texnologiya pishhevy'x proizvodstv. № 4. 2009. S. 54–57. (In Russian)

15. Krekker, L. G., & Kolosova, E. V. Antioxidant activity as a functional advantage of a fermented milk product during storage // Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. - 2022. - №2. - C.147-160. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.348>

16. Abdizhapparova, B. T., Khanzharov, N. S., Ospanov, B. O., Pankina, I. A., Orymbetova, G. E. A way of vacuumatmospheric drying of Jerusalem artichoke tubers. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. - 2019. - Vol.6 (438). - P. 165-176.

МАРАЛ ЕТІН ІСР-MS ӘДІСІМЕН ЭЛЕМЕНТТІК ЖӘНЕ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУ: ТАҒАМ ҚАУІПСІЗДІГІ СТАНДАРТТАРЫНА СӘЙКЕСТІК

А.Б. НАМЫСБАЕВА* , В.С. ЖАМУРОВА , А.Т. КОЖАБЕРГЕНОВ 

(Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы,
050010, Алматы, Абай даңғылы, 8)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: namysbayeva_a@mail.ru*

Масс-спектрометрия әдісі арқылы индуктивті байланыстырылған плазмамен (ICP-MS) марал етіндегі микроэлементтердің (Al, Fe, K, Ca, Mg, Cu, Na, Zn) және уытты заттардың (Cd, Co, Pb, Sr, Cr) концентрациялары анықталды. Марал етіндегі бұл элементтердің мөлшерінің орташа мәндері мынадай болды: алюминий үшін 36,58 мг/кг, темір үшін 38,39 мг/кг, калий үшін 3045,3 мг/кг, кальций үшін 77,28 мг/кг, магний үшін 224,07 мг/кг, мыс үшін 1,4 мг/кг, натрий үшін 217,94 мг/кг және мырыш үшін 30,04 мг/кг. Марал етіндегі уытты элементтердің мөлшері сиыр еті, қой еті, жылқы еті және тауық еті сияқты басқа ет түрлеріндегі ұқсас көрсеткіштермен салыстырылды. Талдау нәтижелері бойынша марал етіндегі қорғасын (Pb) концентрациясы ең төмен көрсеткіштердің бірі болды небәрі 0,008 мг/кг. Бұл ретте марал етіндегі стронций (Sr) - 1,07 мг/кг мен хром (Cr) - 3,08 мг/кг мөлшері басқа ет өнімдеріне қарағанда жоғары болды. Дегенмен марал етіндегі Pb, Cd және Cr деңгейлері КО ТР № 034/2013 Кеден одағының Техникалық регламентіне, № 466/2001 Комиссия (ЕО) қаулысына және тағам өнімдеріне жанасатын заттар бойынша АҚШ-тағы FDA ұсыныстарына сәйкес рұқсат етілген мәндер шегінде болды.

Негізгі сөздер: марал еті, марал шаруашылығы, микроэлементтер, ICP-MS, ауыл шаруашылығы, стандарттау және сертификаттау.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЯСА МАРАЛА МЕТОДОМ ICP-MS: СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Б. НАМЫСБАЕВА*, В.С. ЖАМУРОВА, А.Т. КОЖАБЕРГЕНОВ

(Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Казахстан, 050010,
г. Алматы, проспект Абая, 8)

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

Методом масс-спектрометрии в мясе марала, добытого в Восточно-Казахстанской области, были определены концентрации микроэлементов (Al, Fe, K, Ca, Mg, Cu, Na, Zn) и токсичных веществ (Cd, Co, Pb, Sr, Cr) с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Средние значения содержания этих элементов в мясе маралов составили: 36,58 мг/кг для алюминия, 38,39 мг/кг для железа, 3045,3 мг/кг для калия, 77,28 мг/кг для кальция, 224,07 мг/кг для магния, 1,4 мг/кг для меди, 217,94 мг/кг для натрия и 30,04 мг/кг для цинка. Содержание токсичных элементов в мясе марала также сравнивалось с аналогичными показателями в других видах мяса, таких как говядина, баранина, конина и курица. Результаты анализа показали, что концентрация свинца (Pb) в мясе марала оказалась одной из самых низких — всего 0,008 мг/кг. В то же время содержание стронция (Sr) — 1,07 мг/кг и хрома (Cr) — 3,08 мг/кг в мясе марала было выше, чем в других мясных продуктах. Тем не менее, уровни Pb, Cd и Cr в мясе марала не превышали установленных норм и находились в пределах допустимых значений, согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС № 034/2013, Постановлению Комиссии (ЕС) № 466/2001 и рекомендациям FDA США по веществам, контактирующим с пищевыми продуктами.

Ключевые слова: мясо марала, мараловодство, микроэлементы, ICP-MS, сельское хозяйство, стандартизация и сертификация.

ELEMENTAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MARAL MEAT BY ICP-MS: COMPLIANCE WITH FOOD SAFETY STANDARDS

A.B. NAMYSBAYEVA*, V.S. ZHAMUROVA, A.T. KOZHABERGENOV

(Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, 050010, Almaty, Abay avenue, 8)

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

Concentrations of trace elements (Al, Fe, K, Ca, Mg, Cu, Na, Zn) and toxic substances (Cd, Co, Pb, Sr, Cr) were determined in the meat of maral (red deer) extracted in the East Kazakhstan region using the mass spectrometry method with inductively coupled plasma (ICP-MS). The average values for these elements in maral meat were: 36.58 mg/kg for aluminum, 38.39 mg/kg for iron, 3045.3 mg/kg for potassium, 77.28 mg/kg for calcium, 224.07 mg/kg for magnesium, 1.4 mg/kg for copper, 217.94 mg/kg for sodium and 30.04 mg/kg for zinc. The content of toxic elements in maral meat was also compared with similar indicators in other types of meat, such as beef, mutton, horse meat and chicken. The results of the analysis showed that the concentration of lead (Pb) in maral meat turned out to be one of the lowest — only 0.008 mg/kg. At the same time, the content of strontium (Sr) — 1.07 mg/kg and chromium (Cr) — 3.08 mg/kg in maral meat was higher than in other meat products. Nevertheless, the levels of Pb, Cd and Cr in maral meat did not exceed the established norms and were within acceptable values, according to the Technical Regulation of the Customs Union TR CU No. 034/2013, Commission Regulation (EC) No. 466/2001 and the recommendations of the US FDA on substances in contact with food.

Keywords: maral meat, maral breeding, trace elements, ICP-MS, agriculture, standardization and certification.

Kipicne

Экотоксиндер мен ксенобиотиктер сияқты ластаушы заттардың шамамен 70 % адам ағзасына тағамнан түсетіні белгілі [1, 2]. Тамақ өнімдеріндегі ксенобиотиктер денсаулыққа ең үлкен қауіп төндіреді [3], оның ішінде ауыр металдар, пестицидтер, радиоактивті изотоптар, нитраттар мен нитриттер. Зерттеуге сәйкес [4], осы ластаушы заттардың ішінде радионуклидтер мен ауыр металдар мутагендік және канцерогендік қасиеттерге ие. Қазақстан Республикасындағы күрделі экологиялық жағдайды ескере отырып, радиологиялық аспектілер азық-түлік қауіпсіздігінің маңызды бөлігі болып табылады [5]. Қырғи Қабақ соғысы кезіндегі ядролық сынақтар тарихында маңызды рөл атқарған Семей ядролық полигоны төрт жүз елу алты ядролық жарылыстың орны болды, оның жүз он алтысы жер үстінде және үш жүз қырығы жер астында болды [6]. Бұл сынақтар полигон аумағында да, одан тыс жерлерде де, оның ішінде елді мекендерде де радиоактивті ластануға әкелді [7]. Радиациялық ластану деңгейіне байланысты аумақтар бірнеше қауіпті аймақтарға бөлінді: экстремалды сәулеленуден минималды сәулеленуге дейін, сондай-ақ артықшылықты әлеуметтік-экономикалық мәртебесі бар аймақтар [6]. Радионуклидтермен қатар қоршаған ортадағы кадмий, қорғасын, мыс және мырыш сияқты ауыр металдардың көбеюі жақын маңдағы аумақтарды ластайтын өнеркәсіптік кәсіпорындардың қызметімен де

байланысты [8]. Металдардың ластануы адам денсаулығына қауіп төндіретін азық-түлік тізбегіне әсер ететін күрделі экологиялық проблемаларды тудырады [9]. Ет майлардың, соның ішінде қаныққан май қышқылдарының маңызды көзі болып табылады, олар қатерлі ісік және жүректің ишеми-ялық ауруы сияқты аурулардың дамуымен байланысты [10]. Жабайы жануарлардың, оның ішінде маралдың еті дәстүрлі түрде табиғилығы, дәмі және тағамдық қасиеттері үшін бағаланады. Қазіргі қоғамда қарқынды ауыл-шаруашылық жағдайында өсірілген жануарлардан алынатын етпен салыстырғанда «органикалық» деп қабылданатын жабайы өнімдерге деген қызығушылық артып келеді [11]. Аң еті жануарлардың табиғи қоректенуіне, олардың еркін өмір салтына және стрестің болмауына байланысты экологиялық таза өнім болып саналады [12]. Марал – Қазақстанда, Қытайда, Моңғолияда және Ресейде кездесетін қызыл бұғының кіші түрі [13]. Бұл түрдің ет және фармакологиялық шикізат көзі ретіндегі маңызы зор [14]. Қазақстанда маралдар негізінен елдің шығыс бөлігінде тұрады, ал 2012 жылы олардың саны шамамен 3500 басты құрады [15]. Ғылыми басылымдардан марал етіндегі микроэлементтердің құрамы туралы ақпаратты, мысалы, Польшаның солтүстік-шығысындағы маралдардың етінің құрамы туралы ақпаратты табуға болады [16]. Айта кететін жайт – Шығыс Қазақстандағы маралдардың мекендейтін жері

Қазақстан Республикасының 1992 жылғы 18 желтоқсандағы әлеуметтік қорғау ережелеріне сәйкес радиациялық қауіптіліктің жоғары аймағына жатады. Бұл зерттеудің мақсаты – марал етіндегі микроэлементтер мен улы заттардың концентрациясын анықтау, сондай-ақ бұл деректерді сиыр еті, қой еті, жылқы еті және тауық еті сияқты басқа жануарлардың етіндегі концентрациялармен салыстыру.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Азот қышқылы (HNO_3) және гидрофтор қышқылы (HF) сияқты химиялық реагенттер Sigma-Aldrich Co. LLC компаниясынан (Сент-Луис, Миссури, АҚШ) сатып алынды. Зерттеу сол климаттық жағдайда өсірілген 6 маралдың (*Cervus elaphus*) ет үлгілері негізінде жүргізілді. Тәжірибелер Шығыс Қазақстан облысы, Ұлан ауданы, Привольное ауылында Багратион фермасында ұсталған 18-ден 24 айға дейінгі жануарларға жүргізілді (1-сурет). Зерттеу барысында ферманың климаттық жағдайлары, оның ішінде температураның ауытқуы, жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, қар жамылғысының қалыңдығы, сондай-ақ топырақ типі мен өсімдік жамылғысы егжей-тегжейлі қарастырылды [12]. Ет сынамалары Семей қаласының ет комбинаттарында жиналды. Барлығы 6 жануар таңдалды (3 аналық және 3

аталық). Үлгілерді жинау процедурасы этикалық нормаларға қайшы келмеді, өйткені тіндер қайтыс болғаннан кейін жиналды, бұл жануарлардың әл-ауқатын зерттеудегі стандартты тәжірибе. Ветеринариялық тексеру кезінде салмағы 200 г (10 рет қайталауға 20 г-нан) бұлшықет үлгілері алынды. Үлгілерді жинау процедурасы [22] тармағында көрсетілген ұсыныстарға сәйкес жүргізілді.

Сонымен қатар зерттеу үшін Семей қаласының базарларынан сиыр, қой, жылқы және тауық етінің үлгілері жиналды. Барлығы 50 сынама алынды (5 рет қайталауға еттің әр түрінен 200 г-нан 5 сынама). Барлық үлгілер зертханаға жеткізіліп, талдау басталғанға дейін -18-ден -20 °C-қа дейінгі температурада мұздатқышта сақталды. Содан кейін ет гомогенизацияланды, содан кейін әрбір үлгінің 1-2 г жоғары қысымды тефлон ыдыстарына салынды. Үлгілер 400 °C температурада 4 сағат, содан кейін 600 °C температурада 2 сағат бойы муфта пешінде жағылды. 1 г құрғақ үлгіні одан әрі ыдырату үшін 3 см³ азот қышқылы мен 2 см³ фторлы қышқыл қосылды, содан кейін микротолқынды пеште Milestone жүйесінде 20 минут қыздырылды. Микротолқынды ыдырау аяқталғаннан кейін сынамалар 1 % азот қышқылымен 10 см³ көлемге дейін сұйылтылды.



1-сурет. Іріктеп алу орындарының географиялық орналасуы

Бұлшықет тінінің үлгілеріндегі элементтердің құрамын анықтау үшін индуктивті байланысқан плазмалық масс-спектрометрия (ICP-MS, Varian-820 MS, Varian Company, Аустралия) қолданылды. Талдау процесі сертификатталған анықтамалық материалдарды қолдану арқылы тексерілді. Масс-спектрометр Var-TS-MS және IV-ICPMS-71a (Бейорга-

никалық кәсіпорындар, АҚШ) стандартты ерітінділерінің көмегімен калибрленді. ICP-MS сезімталдығын реттеу үшін Ba, Be, Ce, Co, B, Pb, Mg, Tl, Th-10 микрограмм/л концентрациясы бар Var-TS-MS сұйылтылған калибрлеу ерітіндісі қолданылды. Детекторды калибрлеу кезінде Cd, Pb, Cu, Zn концентрациясы 10, 50 және 100 микрограмм/л-ге тең IV-ICPMS-71a үш ерітіндісі

қолданылды. Барлық өлшеулер жоғары дәлдікті көрсетті, сертификатталған және есептелген концентрациялар арасындағы ауытқулар 10 %-дан аз болды. ICP-MS Varian 820 жұмыс параметрлері келесі параметрлерді қамтыды: плазма ағыны — 17,5 л/мин; қосалқы ағын — 1,7 л/мин; қорғаныс газы — 0,2 л/мин; бүрку ағыны — 1,0 л/мин; сынама алу тереңдігі — 6,5 мм; РЖ генератордың қуаты — 1,4 кВт; сорғы жылдамдығы — 5 айн/мин; тұрақ-тандыру уақыты — 10 с.

Талдаулар үш рет қайталай отырып жүргізілді және нәтижелер дымқыл салмақ мг/кг-мен көрсетілген орташа мәндер ретінде 1-кестеде берілген. Деректер SAS/STAD™ (SAS Institute Inc., 100 SAS Campus Drive, Кэри, Солтүстік Каролина, АҚШ) бағдарламалық жасақтамасының көмегімен статистикалық талданды. Бастапқыда деректердің қалыпты таралуы тексерілді [16], бұл элементтердің барлық концентрациясы үшін расталды. Топтар арасындағы айырмашылықтарды талдау үшін [22] тармағында сипатталған параметрлік әдістер қолданылды. Топтар арасындағы статистикалық

салыстыру Тукей критерийі бойынша жүргізілді. Айырмашылықтар $p < 0,05$ маңыздылық деңгейінде маңызды деп саналды.

Нәтижелер және оларды талқылау.

Зерттеу нәтижелері марал етінің адам ағзасының қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті бірқатар микроэлементтердің құнды көзі екенін көрсетті (1-кесте). Атап айтқанда, оның құрамында калий (K) — 3045,30 мг/кг, фосфор (P) — 592,12 мг/кг, магний (Mg) — 224,07 мг/кг, натрий (Na) — 217,94 мг/кг, кальций (Ca) — 77,28 мг/кг, темір (Fe) — 38,39 мг/кг, алюминий (Al) — 36,58 мг/кг, мырыш (Zn) — 30,04 мг/кг, марганец (Mn) — 6,92 мг/кг, мыс (Cu) — 1,40 мг/кг және никель (Ni) — 0,30 мг/кг сияқты микроэлементтердің жоғары концентрациясы бар.

Сонымен қатар Шығыс Қазақстанда мекендейтін маралдардың етінде рубидий (Rb) < 0,300 мг/кг, селен (Se) < 0,011 мг/кг, күміс (Ag) < 0,005 мг/кг сияқты бірнеше басқа элементтердің аздаған мөлшері, сондай-ақ концентрациясы 0,003 мг/кг-нан төмен ванадий (V) және бериллий (Be) (1-кесте) анықталды.

Кесте 1. Марал етінің үлгілеріндегі микроэлементтердің концентрациясы

Микро-элемент	Үлгілердің қайта талдануы, мг/кг						Орташа $\bar{x} \pm CA$
	1	2	3	4	5	6	
Al	38.89±1.24	21.79±0.63	31.88±1.11	42.08±1.30	39.12±1.33	45.74±1.69	36.58±1.22
Be	< 0.003	< 0.001	< 0.002	< 0.004	< 0.003	< 0.005	< 0.003
V	< 0.003	< 0.003	< 0.002	< 0.003	< 0.002	< 0.004	< 0.003
Fe	41.54±1.49	30.39±0.97	32.76±1.08	35.66±1.21	43.48±1.39	46.54±1.62	38.39±1.29
K	3152.90±44.9	3127.2±42.8	3109.4±44.3	2675.5±27.2	3043.3±37.5	3163.6±43.1	3045.3±39.9
Ca	106.35±41.50	52.75±18.90	57.41±23.00	62.77±23.80	93.18±31.70	91.22±34.7	77.28±28.9
Mg	231.97±8.11	221.35±7.97	235.02±9.63	154.34±4.93	242.88±8.26	258.89±8.02	224.07±7.82
Mn	6.80±0.23	5.63±0.21	5.99±0.21	6.52±0.25	7.94±0.29	8.62±0.33	6.92±0.25
Cu	1.32±0.05	1.13±0.04	0.95±0.03	0.69±0.03	1.93±0.06	2.37±0.07	1.40±0.05
Na	227.22±8.17	177.29±6.02	201.31±6.84	161.60±5.81	272.98±9.83	267.23±9.62	217.94±7.72
Ni	0.32±0.01	0.24±0.01	0.25±0.01	0.36±0.01	0.35±0.01	0.31±0.01	0.30±0.01
Rb	< 0.33	< 0.30	< 0.32	< 0.21	< 0.31	< 0.33	< 0.30
Se	< 0.011	< 0.004	< 0.010	< 0.027	< 0.005	< 0.007	< 0.011
Ag	< 0.001	< 0.006	< 0.003	< 0.001	< 0.013	< 0.007	< 0.005
P	611.93±20.82	576.71±19.61	623.32±21.20	403.33±12.50	653.29±22.21	684.17±24.63	592.12±20.16
Zn	30.30±0.97	30.70±1.17	31.60±1.10	20.62±0.70	32.39±1.10	34.64±1.12	30.04±1.03

Орташа $\pm CA$ – Орташа мән $\pm$ стандартты ауытқу

($p \leq 0.05$) – Сынақтар арасындағы статистикалық маңызды айырмашылық

Марал етіндегі ауыр металдардың мөлшері жетекші халықаралық стандарттарда, оның ішінде АҚШ-тың Азық-түлік және дәрі-дәрмек басқармасының талаптарында (21 CFR, 174-189 бөлімдері), №466/2001 Комиссия ережесінде (ЕК), сондай-ақ КО ТР 021/2011

«Тамақ өнімдерімен жанасатын тамақ өнімдері туралы» және КО ТР 034/2013 «Ет және ет өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» Кеден одағының техникалық регламентінде белгіленген рұқсат етілген нормалардан едәуір төмен болып шықты (2-кесте) [17, 18, 19, 20]. Алынған

мәліметтерге сәйкес, еттегі хромның (Cr) концентрациясы 1,58 мг/кг құрады, бұл шекті рұқсат етілген деңгейден едәуір төмен (10,00 мг/кг-нан аз). Ет үлгілеріндегі стронцийдің мөлшері 1,35 мг/кг деңгейінде екені анықталды. Басқа ауыр металдар үшін келесі нәтижелер алынды: мыс концентрациясы 0,076 мг/кг-нан аз, қорғасын мен кадмий 0,007 мг/кг-нан аз. Марал

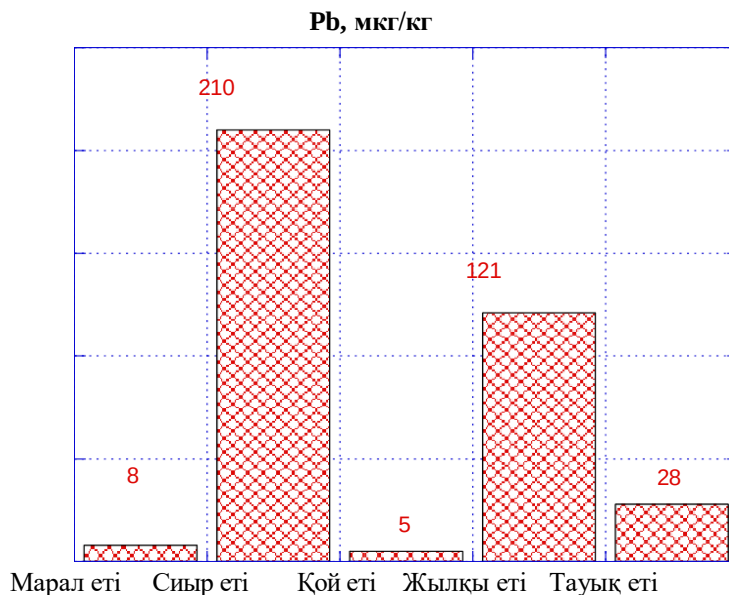
етіндегі қорғасын деңгейі 3 жасқа дейінгі балалар үшін $< 0,100$ мг/кг және 3 жастан асқан балалар үшін $< 0,200$ мг/кг рұқсат етілген нормалардан бірнеше есе төмен. Сол сияқты, кадмийдің (Cd) мөлшері де критикалық деңгейден едәуір төмен болып шықты, ол $\leq 0,300$ мг/кг құрайды (2-кесте).

Кесте 2. Марал етіндегі уытты элементтердің мөлшері

Элементтер	Үлгілердің қайта талдануы, мг/кг						Орташа $\pm$ CA	Рұқсат етілген деңгейлер, мг/кг
	1	2	3	4	5	6		
Cd	< 0.005	< 0.004	< 0.005	< 0.004	< 0.008	< 0.006	< 0.007	≤ 0.03
Pb	< 0.004	< 0.003	< 0.008	< 0.003	< 0.016	< 0.014	< 0.007	$\leq 0,10$ - < 3 жастағы балалар $\leq 0,20$ - > 3 жастағы балалар
Cr	2.24 ± 0.69	2.03 ± 0.69	3.08 ± 1.08	1.66 ± 0.57	6.33 ± 2.34	4.67 ± 1.59	1.58 ± 0.57	Хромдалған консервідегі тағамдар үшін ≤ 10.00
Co	< 0.062	< 0.042	< 0.061	< 0.048	< 0.063	< 0.073	< 0.076	
Sr	1.12 ± 0.04	0.85 ± 0.03	1.07 ± 0.04	0.94 ± 0.03	0.83 ± 0.03	1.35 ± 0.04	1.32 ± 0.05	

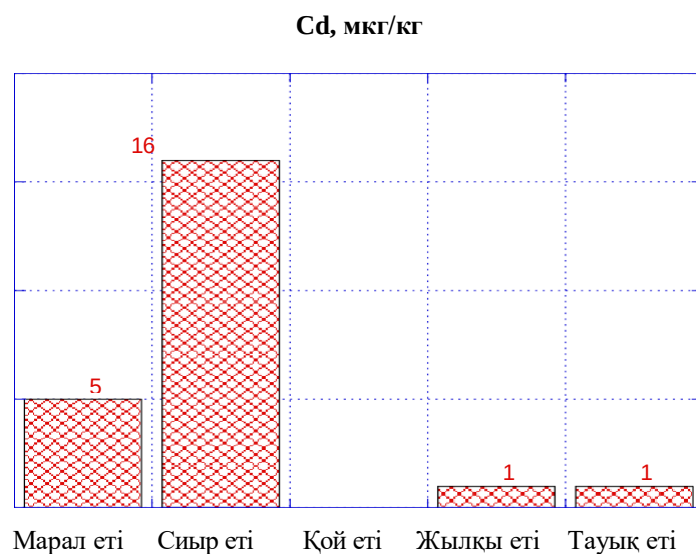
Марал етіндегі уытты элементтер мөлшерінің нәтижелері сиыр, қой, жылқы және тауық еті сияқты басқа ет түрлерімен салыстырылды. Осы мәліметтерге сәйкес, марал етіндегі қорғасынның концентрациясы

сиыр етіне қарағанда 26 есе, жылқы етіне қарағанда 15 есе, тауық етіне қарағанда 3,5 есе төмен болды және сонымен бірге қой етіндегі қорғасын деңгейімен сәйкес келді (2-сурет).



Сурет 2. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі қорғасын (Pb) концентрациясын салыстыру

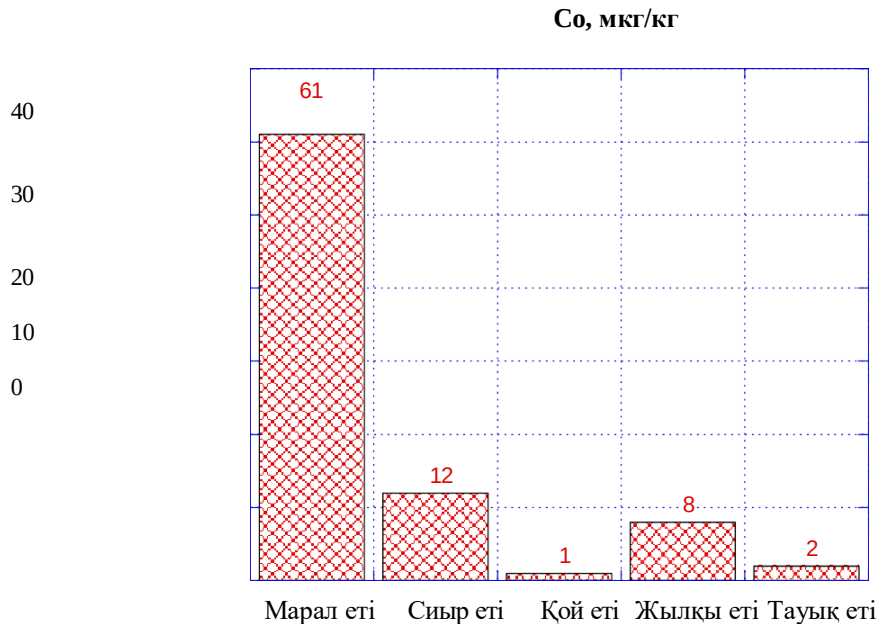
Марал етіндегі Cd концентрациясында сәл өзгеше коэффициенттер анықталды. Ол сиыр етінен 3,2 есе аз болды, бірақ жылқы етінен, тауық етінен және әсіресе қой етінен 5 есе жоғары болды (3-сурет).



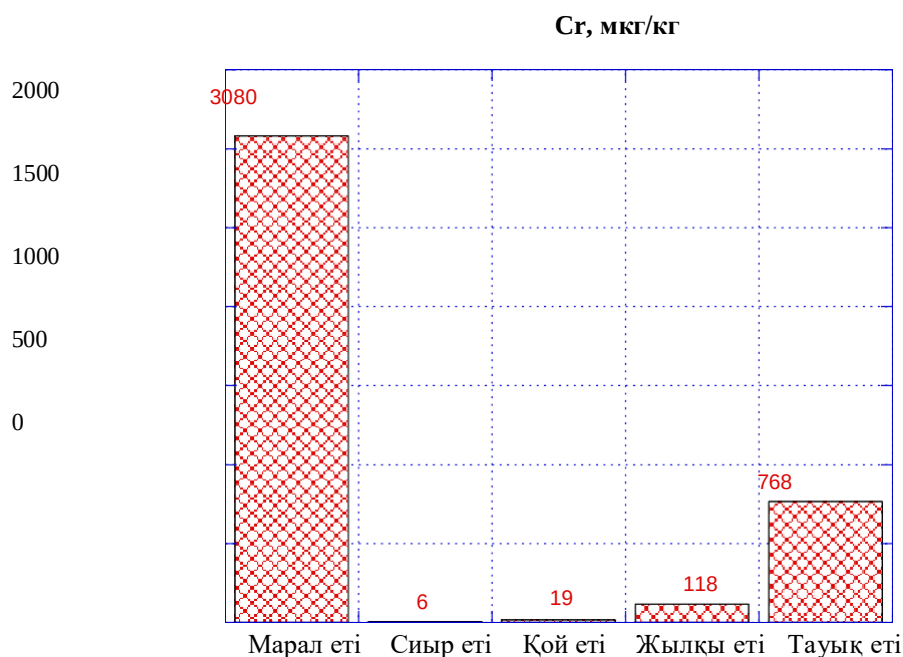
Сурет 3. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі кадмий (Cd) концентрациясын салыстыру

Алайда марал етіндегі Co (4-сурет), Cr (5-сурет) және Sr (6-сурет) концентрациясы еттің қалған төрт түріне қарағанда бірнеше есе көп екені анықталды. Сонымен қатар марал етіндегі Pb, Cd және Cr концентрациясы КО ТР № 034/2013 Кеден Одағының Техникалық

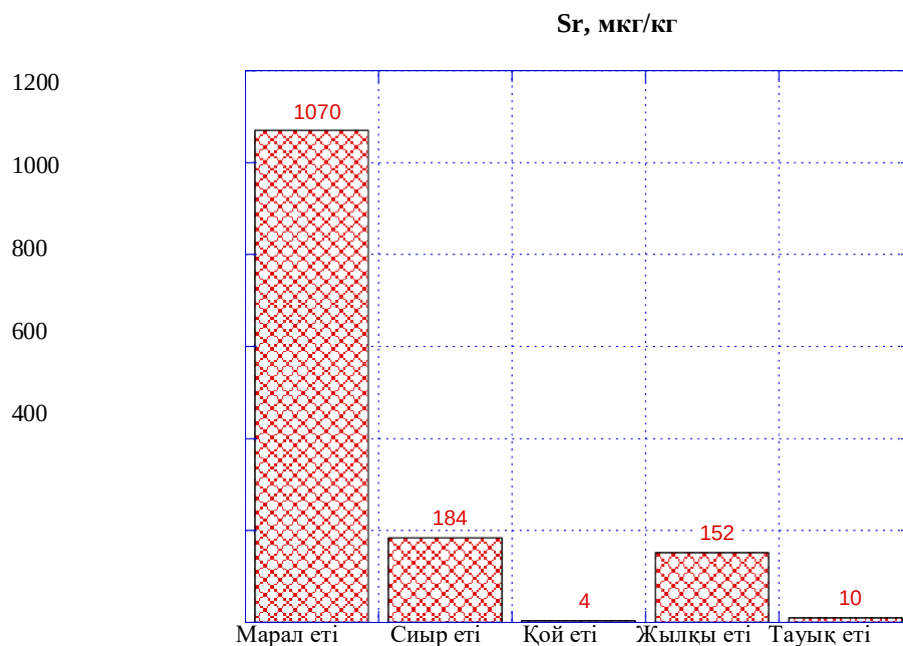
регламентінде, № 466/2001 (ЕК) Комиссия ережесінде [18] және АҚШ-тың Азық-түлік және дәрі-дәрмек басқармасының талаптарында [17] белгіленген рұқсат етілген деңгейден аспады немесе шегінде болды [20].



Сурет 4. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі кобальт (Co) концентрациясын салыстыру



Сурет 5. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі хром (Cr) концентрациясын салыстыру



Сурет 6. Марал, сиыр, қой, жылқы және тауық етіндегі стронций (Sr) концентрациясын салыстыру

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Мәліметтерге сәйкес [21], марал еті адамның тамақтануына қажетті кобальт, хром, мыс, молибден, марганец, селен және мырыш сияқты маңызды микроэлементтердің тамаша көзі болып табылады.

Жақында токсикологтар кадмийге ерекше назар аудара бастады, өйткені бұл ауыр металл мырыш, фосфор, мыс және басқа

микроэлементтер сияқты маңызды элементтердің антагонисі болып табылады, өмірлік маңызды тін ферменттерінің белсенділігін тежейді. Адам ағзасында кадмий темір, мыс, мырыш және кальций сияқты элементтермен бәсекелеседі, бұл элементтер жетіспеген кезде кадмийдің жиналуына әкелуі мүмкін [25]. Марал етіндегі кадмийдің концентрациясы $< 0,03$ мг/кг болатын біздің деректеріміз басқа зерттеулерде [26] алынған

нәтижелерге сәйкес келеді. Зерттеуге сәйкес [21], кадмий өсімдіктер мен саңырауқұлақтарда экологиялық таза жерлерде аз мөлшерде кездеседі, маралдардың қоректік тізбегінде елеусіз деңгейлерді құрайды. Қорғасын созылмалы уланудың себебі болып табылады, орталық жүйке жүйесіне, қанға, ақуыз синтезіне және генетикалық процестерге зиянды әсер етеді. Қорғасынның барлық түрлерінің уыттылығы бірдей және олардың қауіптілік деңгейіндегі айырмашылықтар негізінен биологиялық сұйықтықтардағы, әсіресе асқазан сөліндегі ерігіштік дәрежесіне байланысты [28]. Зерттеу барысында марал етінен қорғасынның 0,007 мг/кг-нан аз іздері анықталды. Алайда қоректік тізбегіне енетін марал етіндегі қорғасынның концентрациясы Еуропалық Одақ белгілеген шекті рұқсат етілген деңгейден едәуір төмен. Сондай-ақ, марал етіндегі кадмий мен хромның мөлшері белгіленген нормалардан аспайды. Қолданыстағы санитарлық нормаларға сәйкес (Ресей, Қазақстан және Беларусь Кеден Одағының азық-түлік қауіпсіздігі жөніндегі КО ТР 021/2011 Техникалық Регламенті; Комиссияның № 466/2001 Ережесі (ЕК) бойынша еттегі уытты элементтердің рұқсат етілген концентрациясы: қорғасын (Pb) үшін – 0,5 мг/кг, кадмий (Cd) үшін – 0,05 мг/кг.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері марал етіндегі макро- және микроэлементтердің құрамын толығырақ сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл деректер диетологияның талаптарын ескере отырып, жаңа функционалды тамақ өнімдерін әзірлеу және рецептілерді болжау саласындағы қосымша зерттеулер үшін пайдалы болады. Азық-түлік қауіпсіздігі мәселесі өзекті бола түсуде және оның маңыздылығы артып келеді. Ет өнімдерінің қауіпсіздігін зерттеу ерекше маңызға ие болып отыр, өйткені бұл зерттеулер Қазақстан Республикасында ет және ет өнімдерін өндіруді кеңейтуге ықпал етеді, сонымен қатар ет өнімдерінің экспорты мен импортын ынталандыруы мүмкін. Сыртқы сауда рәсімдері азық-түлік қауіпсіздігінің қатаң нормалары мен жоғары стандарттарын, сондай-ақ ет және ет өнімдерін ветеринариялық-санитариялық тұрғыдан мұқият тексеруді талап етеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ballschmiter K. Environmental impact of contaminants. *Pure Appl Chem* 1996; 68:1771-1780.

2. Gadzala-Kopciuch R., Berecka B., Bartoszewicz J., Buszewski B. Determination of environmental pollutants in the ecosystem. *Polish J Environ Studies* 2004; 13:453-462.

3. Kümmerer K. Antimicrobial substances in the environment: Risks and consequences. *J Antimicrob Chemother* 2004; 54:311-320.

4. Lema M.W., Ijumba J.N., Njau K.N., Ndakidemi P.A. Environmental implications of heavy metals and their impact on health. *Int J Eng Res General Sci* 2014; 2:852-863.

5. Луницын В.Г., Неприятель А.А. Безотходная технология переработки продукции пантового оленеводства // Сиб. вестн. с.-х. науки. - 2016. - № 5. - 83-91.

6. Луницын В.Г., Неприятель А.А. Новые продукты функционального питания на основе продукции мараловодства // Сиб. вестн. с.-х. науки. - 2017. - № 4. - 87-92.

7. Луницын В.Г., Белозерских И.С. Анализ биохимического состава биосубстанций полученных ферментативным гидролизом в поле ультразвука // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. ВНИИПО. - Барнаул, 2016. - Т. 9. - С. 139-142.

8. Гречко Г.М., Нерушай С.А., Иванков А.И. Способ переработки пантов маралов и северных оленей в ультрадисперсный порошок. Патент № RU 2 291 701 C2 МПК A61K 35/32, A01N 1/02, опубл. 20.01.2007 г.

9. Malhat F., Hagag M., Saber A., Fayz A.E. Occurrence of environmental pollutants in animal tissues. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012; 88:611-613.

10. Polak T., Rajar A., Gašperlin L., Zlender B. Heavy metal concentration in meat products. *Meat Sci* 2008; 80:864-869.

11. Peshuk L.V., Shtyk I.I. Proceedings of the Scientific Conference: Perspective technologies of food products produced from animal and plant raw materials, 20 May 2013. Kiev: National University of Food Technology: p. 38-41. [In Russian]

12. Шәкібаева Г.Х. Метрология, стандарттау және сертификаттау негіздері: оқу құралы, Алматы: Қазақ университеті, 2012 – 242 б.

13. Parés-Casanova P.M., Korzhikenova N., Sambetbaev A., Iglukov O. Research on the nutritional composition of wild animal meats. *Global J Anim Sci Res* 2015; 3:166-170.

14. Bah C.S.F., Bekhit A., Carne A., McConnell M.A. Meat quality and trace metal analysis in animal tissues. *J Sci Food Agric* 2015; Early View. DOI:10.1002/jsfa.7062.

15. Lix L.M., Keselman J.C., Keselman H.J. Statistical analysis in educational research. *Rev Educ Res* 1996; 66:579-619.

16. U.S. FDA Food Contact Substances: 21 CFR sections 174-189, Federal Register, Effective Food Contact Notifications, Prior Sanctioned Letters, GRAS Notices, Threshold of Regulations Exemptions.

Available at: [https://www.fda.gov/food/packaging-food-contact-substances-fcs/determining-regulatory-status-components-food-contact-material#cfr174].

17. Commission Regulation (EC) No. 466/16 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal* L 77:1-13.

18. The Technical Regulation of the Russia-Kazakhstan-Belarus Customs Union (CU) on Food Safety (TR CU 021/2011). Adopted by the CU Commission decision No. 880, December 9, 2011. Effective July 1, 2013.

19. The Technical Regulations of the Customs Union on the Safety of Meat and Meat Products (TR CU 034/2013). Approved by the Board of the Eurasian Economic Commission No. 68, October 9, 2013.

20. Jarzyńska G., Falandysz J. Heavy metals in wild game meat: Environmental and dietary implications. *Environ Int* 2011; 37:882-888.

21. Skibniewski M., Skibniewska E.M., Kośla T. Environmental contamination in wildlife and its effect on meat safety. *Environ Sci Pollut Res* 2014; DOI 10.1007/s11356-014-4007-0. [E-pub ahead of print, Dec 30, 2014].

22. Gasparik J., Massányi P., Slamecka J., Fabis M., Jurcik R. Trace element concentrations in the tissues of wild animals. *Environ Sci Health* 2004; 39:2105-2111.

23. Falandysz J., Szymczyk-Kobrzyńska K., Brzostowski A., Zalewski K., Zawadowski A. Assessment of heavy metals in wild animal meat. *Food Addit Contam* 2005; 22:141-149.

24. Kaliaskarova B.A., Kassymova Z.S. Innovative development of food production and processing. Proceedings of the Scientific Conference: Innovative development of food, light, and hospitality industry, October 17-18, 2013. Almaty: Almaty Technological University; p. 86-88.

25. Bilandzic N., Sedak M., Vratarić D., Perić T., Simić B. Analysis of environmental pollutants in game meat. *Sci Total Environ* 2009; 407:4243-4247.

26. Lazarus M., Prevendar-Crnić A., Bilandžić N., Kusak J., Reljić S. Analysis of heavy metals in wild game from Croatia. *Arh Hig Rada Toksikol* 2014; 65:281-292.

27. Oomen A.G., Hack A., Minekus M., Zeijdner E., Verstraete W., Van de Wiele T., Wragg J., Rempelberg C.J.M., Sips A.J.A.M., Van Wijnen J.H. Environmental impacts of food contaminants. *Environ Sci Technol* 2002; 36:3326-3334.

28. Čadková Z., Száková J., Miholová D., Horáková B., Kopecký O., Krivská D., Langrová I., Tlustoš P. Trace elements in agricultural products and their food safety implications. *J Agric Food Chem* 2015; 63:2344-2354.

REFERENCES

1. Smagulova, B.S. (2014). Ekinshi ainylymdagy sūt shikizatyryn kaıta öndeudin kaldykyz tekhnologiyasy [Waste-Free Technology for

Reprocessing Secondary Milk Raw Materials]. Pavlodar: Kereku. 100 p. (in Kazakh).

2. Kanareikina, S.G. (2014). Kombinirovannyi produkt s ispol'zovaniem sukhogo kobyly'ego moloka [Combined Product Using Dried Mare's Milk]. Konevodstvo i konnyi sport, (2), 29-31. (in Russian).

3. Saburova, K.M. (2002). Razrabotka tekhnologii kislomolochnykh napitkov smeshannogo syr'evo-go sostava, obogashchennykh biologicheski aktivnymi veshchestvami [Development of Technology for Fermented Milk Drinks of Mixed Raw Composition Enriched with Biologically Active Substances]. PhD Dissertation. St. Petersburg. 172 p. (in Russian).

4. Kuznetsov, V.V. (Ed.). (2005). Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva. Tekhnologiya i retseptury. T.6. Tekhnologiya detskikh molochnykh produktov [Handbook of the Dairy Technologist. Technology and Formulations. Vol. 6: Technology of Children's Dairy Products]. Moscow. 506 p. (in Russian).

5. Yakunin, A.V., Sinyavskii, Yu.A., & Ibraimov, Y.S. (2017). Otsenka pishchevoi tsennosti kobyly'ego moloka i kislomolochnykh produktov na ego osnove i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya v detskom pitanii [Evaluation of Nutritional Value of Mare's Milk and Fermented Milk Products Based on It and Their Potential Use in Child Nutrition]. Voprosy sovremennoi pediatrii, 16(3), 235-240. <https://doi.org/10.15690/vsp.v16i3.1734>. (in Russian).

6. Faust, E.A., & Osina, T.S. (2018). Osnovy biotekhnologii produktov iz syr'ya rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya: metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu laboratornykh rabot [Fundamentals of Biotechnology of Products from Plant and Animal Raw Materials: Laboratory Guidelines]. Saratov: Saratovskii GAU. 46 p. (in Russian).

7. Temerbaeva, M.V. (2014). Podbor polisakharidnogo kompleksa dlya stabilizatsii struktury bioiogurta na osnove koz'ego moloka [Selection of a Polysaccharide Complex to Stabilize the Structure of Bioyogurt Based on Goat Milk]. In Agrarnaya nauka sel'skomu khozyaistvu, Vol. 3, pp. 205-207. Altai State Agraria n University. (in Russian).

8. Mukherjee, P.K., et al. (2014). Immunomodulatory Leads from Medicinal Plants. Indian Journal of Traditional Knowledge, 13(2), 235-256.

9. Nikolaeva, O.Yu. (2020). Klassifikatsiya lekarstvennykh sredstv prirodnogo proiskhozhdeniya i travyanykh sborov dlya ukrepleniya zdorov'ya v fitoterapii [Classification of Medicinal Products of Natural Origin and Herbal Collections for Health Improvement in Phytotherapy]. Farmatsiya Kazakhstan, (9), 36-40. (in Russian).

10. Silant'eva, L.A., & Kharitonova, I.B. (2015). Perspektivy ispol'zovaniya lekarstvennykh trav pri proizvodstve molochnykh produktov [Prospects for the Use of Medicinal Herbs in Dairy Production]. In Proceedings of the International Scientific-Practical

Conference “Food Security and Scientific Support for the Development of the Domestic Industry of Competitive Food Ingredients”, St. Petersburg, pp. 185–187. (in Russian).

11. Duzbaeva, N.A., et al. (2020). Fitokhimicheskii sostav rastenii *Thymus serpyllum* L. i issledovanie antibakterial'noi aktivnosti [Phytochemical Composition of *Thymus serpyllum* L. and Study of Antibacterial Activity]. *Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva*, 1(130), 68–75. (in Russian).

12. Vasilevskaya, E.R., Aryuzina, M.A., & Vetrova, E.S. (2021). Comparative Study of Technologies for Extraction of Biologically Active Substances from Raw Material of Animal Origin. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(3), 226–235.

13. Mezenova, N.Y., et al. (2021). Obtaining and Estimating the Potential of Protein Nutraceuticals from Highly Mineralized Collagen-Containing Beef Raw Materials. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(1), 10–22.

14. Temerbaeva, M.V., & Bekseitov, T.K. (2017). Razrabotka tekhnologii bioiogurta dlya funktsional'nogo pitaniya na osnove koz'ego moloka [Development of Technology of Bioyogurt for Functional Nutrition Based on Goat Milk]. *Vestnik Omskogo GAU*, 1(25), 120–126. (in Russian).

15. Reshetnik, E.I., & Utochkina, E.A. (2011). Razrabotka tekhnologii fermentirovannogo molochno-rastitel'nogo napitka s funktsional'nymi svoistvami [Development of Technology of Fermented Dairy-Plant Beverage with Functional Properties]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, (2), 58–62. (in Russian).

16. Evdokimova, O.V., & Ivanova, T.N. (2017). Vliyanie zakvasochnykh kul'tur na potrebitel'skie svoistva iogurtov [Influence of Starter Cultures on Consumer Properties of Yogurts]. *Sovremennaya nauka i innovatsii*, (1), 206–208. (in Russian).

17. Safonov, D.A. (2005). Ispol'zovanie funktsional'nykh ingredientov dlya proizvodstva zhevatel'nykh konditerskikh izdelii [Use of Functional Ingredients for the Production of Chewing Confectionery]. In *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Tekhnologii i produkty zdorovogo pitaniya”*, Moscow: MGUPP, June 6–8, p. 193. (in Russian).

18. Krivchenko, V.N., & Sheveleva, O.V. (2013). Kislomolochnye produkty: innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve [Fermented Milk Products: Innovative Technologies in Production]. *Vestnik Sibirskogo universiteta potrebitel'skoi kooperatsii*, (4), 123–129. (in Russian).

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PLANT ANTIOXIDANTS ON THE COLOR CHARACTERISTICS OF COOKED SAUSAGE USING LOW-VALUE BY-PRODUCTS

¹YA.M. UZAKOV , ¹M.A. KALDARBEKOVA , ²I.M. CHERNUKHA ,
¹A.N. TORTAI *, ¹ZH.M. MEDEUBAYEVA 

(¹JSC «Almaty Technological University», Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100,
²V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, 109316, Moscow, Talalikhina str., 26)
Corresponding author's e-mail: tortay.arsen@gmail.com

The study focuses on controlling the color formation and color stability of cooked sausages by deliberately varying two functional ingredients: collagen hydrolysate from low-value by-products and cranberry powder. The aim was to quantitatively describe the dose-response effects of these factors on the integral color stability and to propose a technologically feasible optimal range. The methodology included the preparation of five experimental samples (control; 10% hydrolysate; and 10% hydrolysate with 1, 2, and 3% cranberry), instrumental color evaluation in the CIE Lab system before and after 60 minutes of exposure and calculation of the percentage of stability based on normalized changes in L*, a*, b*. Based on these experimental points, a full-square regression model RSM was evaluated, after which theoretical values were calculated on a regular grid of factors (hydrolysate 0–15%, cranberry powder 0–3%) for surface visualization and optimization. The experimental data showed that the best color stability indicator was demonstrated by the sample with 10% hydrolysate and 3% cranberry powder – 90,24%. Approximation by the RSM ($R^2=0,995$; $R^2_{adj}=0,991$) revealed a dominant positive linear contribution of cranberry powder, a stable negative linear contribution of hydrolysate, and negative quadraticity for cranberries (saturation of the effect); the interaction of factors is statistically insignificant. Practical significance – recommendation to minimize the proportion of hydrolysate to about 5-10% and dose cranberries at 2-3% to achieve a stability plateau with low sensitivity to dosing errors.*

Keywords: cooked sausage, collagen hydrolysate, cranberry powder, color stability, CIE Lab, response surface, antioxidants.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО АНТИОКСИДАНТА НА ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРЕНОЙ КОЛБАСЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОЦЕННЫХ СУБПРОДУКТОВ

¹Я.М. УЗАКОВ, ¹М.А. КАЛДАРБЕКОВА, ²И.М. ЧЕРНУХА,
¹А.Н. ТОРТАЙ*, ¹Ж.М. МЕДЕУБАЕВА

(¹АО «Алматинский технологический университет», Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Төле би, 100
²ФНЦ Пищевых систем имени В.М.Горбатова РАН, Российская Федерация, 109316, Москва, ул. Талалихина, 26)
Электронная почта автора-корреспондента: tortay.arsen@gmail.com

Исследование посвящено управлению цветообразованием и устойчивостью цвета варёных колбас путём варьирования количества двух функциональных ингредиентов: коллагенового гидролизата из малоценных субпродуктов и порошка клюквы. Целью было количественно описать дозо-ответные эффекты указанных факторов на интегральную устойчивость цвета и предложить технологически реализуемую область оптимума. Методология включала изготовление 5 опытных образцов (контроль, колбаса с 10% гидролизата, колбасы с 10% гидролизата и с 1, 2, 3% порошка клюквы), инструментальную оценку цвета в системе CIE Lab до и после 60-минутной экспозиции лампой накаливания и расчёт процента устойчивости по нормированным изменениям L*, a*, b*. По этим экспериментальным точкам была оценена полно-квадратичная регрессионная модель RSM, после чего на её основе вычисляли теоретические значения на регулярной решётке факторов (гидролизат 0–15%, клюква 0–3%) для визуализации поверхности отклика и оптимизации. Экспериментальные данные показали, что наилучший показатель стабильности цвета показал образец с 10% гидролизата и 3% порошка клюквы –*

90,24%. Аппроксимация поверхностью отклика ($R^2=0,995$; $R^2_{adj}=0,991$) выявила доминирующий положительный линейный вклад порошка клюквы, устойчиво отрицательный линейный вклад гидролизата и отрицательную квадратичность для клюквы (насыщение эффекта); взаимодействие факторов статистически незначительно. Практическая значимость исследования — рекомендация минимизировать долю гидролизата около 5-10% и дозировать клюкву на уровне 2-3% для достижения плато устойчивости цвета при низкой чувствительности к погрешностям дозирования.

Ключевые слова: варёная колбаса, гидролизат коллагена, порошок клюквы, устойчивость цвета, CIE Lab, поверхность отклика, антиоксиданты.

ТӨМЕН ҚҰНДЫ СУБӨНІМДЕР ҚОЛДАНЫЛҒАН ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚТЫҢ ТҮСТІК КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӨСІМДІК ТЕКТІ АНТИОКСИДАНТТЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

¹Я.М. УЗАКОВ, ¹М.А. ҚАЛДАРБЕКОВА, ²И.М. ЧЕРНУХА,
¹А.Н.ТОРТАЙ*, ¹Ж.М. МЕДЕУБАЕВА

(¹«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би көш., 100,
²В. М. Горбатов атындағы ФГО азық-түлік жүйелерінің орталығы, Ресей Федерациясы, 109316, Мәскеу,
Талалихина көш., 26)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: tortay.arsen@gmail.com

Зерттеу пісірілген шұжықтардың түс түзілуі мен түс тұрақтылығын екі функционалдық қоспаны (аз құнды субөнімдерден алынған коллаген гидролизатын және мүкжидек ұнтағын) вариациялау арқылы басқаруға бағытталды. Зерттеу мақсаты – интегралдық түстік тұрақтылыққа осы факторлардың мөлшер-жауап әсерін сандық сипаттау және технологиялық тұрғыдан оңтайлы аралықты ұсыну. Зерттеу барысында 5 тәжірибелік үлгі дайындалып (бақылау; 10% гидролизат; және 10% гидролизат + 1, 2, 3% мүкжидек ұнтағы), үлгілер CIE Lab* жүйесінде түс аспаптық бағаланды (экспозицияға дейін және қыздыру шамымен 60 минуттан кейін) және L^* , a^* , b^* нормаланған өзгерістері бойынша түс тұрақтылық пайызы есептелді. Осы эксперименттік нүктелерге сүйене отырып, жауап беті әдісі (RSM) бойынша толық квадратикалық регрессиялық модель бағаланды және модельдік визуализация мен оңтайландыру үшін факторлардың торында (гидролизат 0–15%, мүкжидек 0–3%) теориялық мәндер есептелді. Эксперименттік мәндер бойынша ең жоғары түс тұрақтылығы 10% гидролизат + 3% мүкжидек ұнтағында тіркелді — 90,24%. RSM аппроксимациясы ($R^2 = 0,995$; $R^2_{adj} = 0,991$) мүкжидек ұнтағының басым оң линиялық әсерін, гидролизаттың тұрақты теріс линиялық әсерін және мүкжидек бойынша теріс квадратикалық мүшені (әсердің қанығуы) көрсетті; факторлардың өзара әсері статистикалық тұрғыдан мәнді емес. Практикалық маңызы – түстік тұрақтылық платосына аз дозалау қателіктеріне сезімталдық төмен болғанда қол жеткізу үшін гидролизат үлесін шамамен 5–10%, мүкжидек ұнтағын 2–3% деңгейінде ұсыну.

Негізгі сөздер: пісірілген шұжық, коллаген гидролизаты, мүкжидек ұнтағы, түстің тұрақтылығы, CIE Lab, жауап беті, антиоксиданттар.

Introduction

Across modern meat chains, edible by-products are still underexploited at a large scale. It was quantified that food loss and waste in the meat sector is heavily skewed towards the end of the chain: approximately 64% at the consumption stage and approximately 20% at manufacturing, with smaller shares at distribution and primary production; the results show that this pattern amplifies sanitation loads and nutrient leakage if offal streams are not valorized (multi-source synthesis). The results also show that valorizing slaughter by-products (hides, bones, feet/hoves,

viscera) reduces wastewater COD/BOD and odour burdens relative to disposal and is aligned with circular bioeconomy routes [1, 2]. High-quality compositional work, analyzed using validated laboratory methods, examined beef offal: every item met at least one “good” ($\geq 10\%$ DV) or “excellent” ($\geq 20\%$ DV) nutrient claim on the separable lean fraction; the results show that offal delivers complete protein alongside dense packages of heme iron, Zn, Se, folate, choline, and B-complex (especially B₁₂), often exceeding skeletal muscle for key micronutrients. A recent study further documents batch-to-batch variability

across raw and cooked offal (liver, heart, kidney, spleen, tongue, blood, oesophagus) yet confirms consistently high nutritive value when measured with standardized protocols [3].

Hydrolysed collagen is a peptide mixture with a low molecular weight of approximately 3–6 kDa, far below native collagen (approximately 285–300 kDa); the results show that this size shift underpins higher bioavailability and distinct techno-functional behaviour in foods (gelling/emulsifying support and documented antioxidant/antimicrobial activities), provided the dose and pH are tuned to the specific matrix. Recent reviews describe routine sourcing of hydrolysed collagen from underused by-products and successful incorporation into beverages, gels, and meat emulsions without texture penalties when inclusion levels are optimized; clinical-nutrition syntheses place the mean molecular weight of “specific collagen peptides” around approximately 5 kDa and meta-analyses report significant improvements ($p < 0,00001$) in skin hydration and elasticity versus placebo, supporting physiological uptake claims relevant to functional foods [4, 5].

Kazakh researchers have materially advanced the valorisation of collagen-rich by-products into food-grade hydrolysates and their incorporation into meat systems, including cooked sausages [6–9]. Recent work devised and optimised a process for producing protein hydrolysates from collagen-containing raw materials—explicitly including beef legs with fetlock—and demonstrated, via a Box–Behnken design, a statistically significant second-order model for enzymatic hydrolysis; the optimised regime (thermal step 70,4 °C, fermentation 50 °C, 2 h) yielded amino nitrogen – 2,00 mg/g and, when dosed into boiled sausage (0–15 %), increased water-holding capacity by – 9,3 % with concurrent gains in antioxidant activity (DPPH up to approximately 29,9 %, FRAP – 33,5 mg GAE/g), while noting sensory limits at the highest inclusion level [10].

Consumer acceptance of cooked emulsions (bologna-type) tracks CIE $L^*a^*b^*$ governed by nitrosylhemochrome stability; results show that light/oxygen exposure typically decrease a^* (loss of redness) and increase b^* (yellowness) during storage/display. Reviews on curing agents and alternatives underline that nitrite (or nitrate with culture) stabilizes pigment but may form N-nitroso compounds, so mitigation relies on reductants/antioxidants and process control; at the same time, studies demonstrate that adjusting

additive systems and peptide-rich ingredients can slow a^* decline and limit TBARS rise in sausage models, although responses are matrix-specific and require dose-response verification under the intended thermal/light regime [11, 12].

Cranberry (*Vaccinium* spp.) provides phenolic acids, proanthocyanidins, and flavonols with radical-scavenging and metal-chelating capacity; across meat systems, results show that fruit-derived phenolics reduce TBARS by approximately 20–50% at realistic addition levels and attenuate a^* decline, with the magnitude depending on pH, salt, fat, and light. In fermented venison sausage, adding freeze-dried cranberry significantly depressed TBARS versus control during ripening/storage ($p \leq 0,05$) and preserved heme-iron at day 90 (approximately 21,5 mg/kg), indicating slower oxidative colour drift. Independent work reports that 5 g/kg cranberry powder improved colour and reshaped microbiota (dominance of beneficial LAB/staphylococci during fermentation), providing a plausible mechanistic link to redness retention [13–15].

Accordingly, the present study quantifies how graded cranberry powder modulates L^* , a^* , b^* trajectories and colour stability (ΔE) in cooked sausages formulated with protein hydrolysates under controlled light exposure,

Materials and methods

Cooked sausage products produced with low-value animal by-products were prepared at the Educational and scientific center of meat processing of Almaty Technological University. As the control, was adopted the formulation and manufacturing process of the Centre’s “ATU-skaya” cooked sausage. The “ATU-skaya” cooked sausage, in turn, had been developed on the basis of the “Otdelnaya” cooked sausage in accordance with GOST 31785-2012.

For the experiments, the primary raw materials for the cooked sausages—beef, poultry meat, and bovine visceral fat—were procured from local suppliers at the “Green Bazaar” (Almaty). Each lot of raw materials was accompanied by a veterinary certificate confirming wholesomeness and compliance with sanitary requirements. In addition, common cranberry and bovine fetlock joints were purchased as sources of functional ingredients.

Bovine fetlock joints were used to obtain a collagen protein hydrolysate. The raw material was thoroughly cleaned and washed, then cut into pieces of approximately 80–100g. Defatting was performed at 60–65°C for 45–50 min, after which the semifinished material was cooled to 45°C.

Enzymatic hydrolysis was carried out at 45°C for 24 h using the BLT-7 enzyme complex (1%). Enzymes were inactivated by holding the hydrolysate at 95±2°C for 30 min. The resulting protein hydrolysate was dried (inlet air 135–140°C; outlet air 85–90°C) and subsequently used in the meat systems.

Cranberry was employed as a source of natural antioxidants. The berries were first dried in dedicated drying equipment (FD1104, Redmond, Russia) under parameters optimised to preserve polyphenols and vitamin C ($t = 40\text{--}45^\circ\text{C}$, $\tau = 12\text{--}16$ h). The dried berries were then milled to a homogeneous powder using a knife mill (Grindomix GM 200, Retsch, Germany) and incorporated into the cooked-sausage formulations.

The manufacturing process for the cooked sausages began with deboning and trimming of the meat raw materials. Prepared meat and raw beef fat were coarsely minced (particle diameter 6mm) on a grinder (CE 660F, la Minerva, Italy).

Salting was performed with holding at $t = 2 \pm 2^\circ\text{C}$ for 8–12 h. The raw mix was then transferred to a bowl cutter (K30Neo, Talsa, Spain). During cutting ($t = 12^\circ\text{C}$, $\tau = 5$ min), spices, ice, and functional additives (collagen hydrolysate from low-value by-products and cranberry powder) were added to the batter. The finished batter was stuffed into casings under pressure ($P = 0,8 \times 10^5$ Pa). The loaves were rested ($\tau = 2$ h, $t = 0\text{--}4^\circ\text{C}$). Thermal processing was conducted in a universal smoke-cooking chamber (UK-3\1M100, Tekhtron+, Russia) and comprised roasting ($t = 80\text{--}100^\circ\text{C}$, $\tau = 65\text{--}140$ min) followed by cooking ($t = 76\text{--}85^\circ\text{C}$, $\tau = 50\text{--}150$ min). Thereafter, the products were cooled to a product temperature of $t = 0\text{--}15^\circ\text{C}$ in a chilling room set to $t = 8^\circ\text{C}$ for $\tau = 50\text{--}150$ min.

The formulation of cooked (boiled) sausage products developed using low-value by-products is presented in Table 1.

Table 1. Formulations of experimental cooked sausages using low-value by-products

Ingredients	Sample 1 (Control)	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
Raw materials, kg per 100 kg					
Poultry meat (chicken fillet)	45	40	40	40	40
Beef, trimmed	45	40	39	38	37
Bovine visceral raw fat	10	10	10	10	10
Protein hydrolysate from low-value by-products	–	10	10	10	10
Cranberry powder	–	–	1	2	3
Spices, g per 100 kg					
Salt	2000	2000	2000	2000	2000
Sugar	100	100	100	100	100
Sodium nitrite	5	5	5	5	5
Black pepper	50	50	50	50	50
Nutmeg	25	25	25	25	25

Colour characteristics of the cooked sausages were determined using a spectrophotometer (CM-2300d, Konica Minolta, Japan). Prior to measurements, the instrument underwent standard preparation and two-point calibration (zero adjustment and the certified white calibration tile from the kit) strictly following the manufacturer's manual. For each formulation, two disc-shaped slices ("plugs") were cut from different parts of the

loaf; for each slice, three consecutive readings were taken and then averaged. Colour was evaluated in the CIE Lab* system in Cartesian coordinates: L*—lightness; a*—red/green component (values > 0 correspond to a red hue); b*—yellow/blue component (values > 0 correspond to a yellow hue). In addition, colour stability after light exposure was calculated.



Figure 1. Samples of experimental cooked sausages during light exposure

The samples were exposed under an incandescent lamp for 60 minutes, after which the coordinates were re-measured. Colour stability (%) was computed according to:

$$Y = \left(1 - \left(\frac{|L_1 - L_2|}{3 \times L_1} + \left(\frac{|a_1 - a_2|}{3 \times a_1} \right) + \left(\frac{|b_1 - b_2|}{3 \times b_1} \right) \right) \right) \times 100, \% \quad (1),$$

where L_1 , a_1 , b_1 are the values before exposure and L_2 , a_2 , b_2 are the values after exposure.

All laboratory tests were carried out at the Research and Testing Center of the Federal Research Center for Food Systems named after V. M. Gorbатов, Russian Academy of Sciences (accredited by the Federal Service for Accreditation; certificate No. RA.RU.21III69).

Results and discussion

All colour data were aggregated across replicates and analysed descriptively to enable a comparative assessment of the formulations. Pre-exposure L^* , a^* , b^* means ($\pm$ SD) are reported in Table 2, whereas post-exposure coordinates and the computed colour-stability (%) are provided in Table 3.

Table 2. Lab* system colour coordinates of experimental cooked sausages

Sample name	L^* —lightness	a^* —red/green component	b^* —yellow/blue component
Sample 1 (Control)	42,65 $\pm$ 1,47	16,75 $\pm$ 0,84	16,23 $\pm$ 0,72
Sample 2	48,39 $\pm$ 0,97	14,16 $\pm$ 0,31	16,43 $\pm$ 0,82
Sample 3	47,68 $\pm$ 0,84	11,82 $\pm$ 0,34	16,42 $\pm$ 1,03
Sample 4	47,39 $\pm$ 0,78	12,66 $\pm$ 0,62	17,05 $\pm$ 0,77
Sample 5	44,18 $\pm$ 0,92	13,32 $\pm$ 0,36	17,57 $\pm$ 0,07

As can be seen from Table 2, the addition of hydrolysate (Sample 2) lightened the product: L^* increased from 42,65 $\pm$ 1,47 to 48,39 $\pm$ 0,97, with a simultaneous decrease in redness a^* from 16,75 $\pm$ 0,84 to 14,16 $\pm$ 0,31 and a slight increase in yellowness b^* from 16,23 $\pm$ 0,72 to 16,43 $\pm$ 0,82. With further addition of cranberries, a nonlinear reaction is observed: at 1% (Sample 3), a^* reaches a minimum of 11,82 $\pm$ 0,34, after which it partially recovers at 2–3% (12,66 $\pm$ 0,62 and 13,32 $\pm$ 0,36,

respectively), remaining below the control level. The yellowness b^* increases monotonically from 16,42 $\pm$ 1,03 to 17,57 $\pm$ 0,07, indicating a shift in tone towards a more warm color. The lightness L^* decreases with an increase in cranberry relative to Sample 2, i.e., cranberry partially compensates for excessive lightening, but even at 3% L^* , it remains higher than the control. The noted differences in a^* and L^* exceed the typical measurement spread (St.d. of about 0,2–1,5),

which indicates technologically significant shifts. At the same time, for b^* , the effect of cranberries manifests itself as a steady increase with dose. Taken together, the results show that the hydrolysate itself makes the minced meat lighter

and less “red,” while the addition of cranberries reduces redness and increases yellowness in a dose-dependent manner, with a tendency toward saturation, while simultaneously pulling L^* toward the control level

Table 3. Post-exposure Lab* system colour coordinates and calculated colour stability

Sample name	L^* —lightness	a^* —red/green component	b^* —yellow/blue component	Colour stability ΔE , %
Sample 1 (Control)	42,38±0,53	14,18±0,88	19,71±0,15	87,65
Sample 2	47,75±0,58	10,98±0,42	20,22±0,28	84,67
Sample 3	46,91±0,56	9,36±0,42	18,66±0,87	88,28
Sample 4	45,05±0,71	10,79±0,64	18,78±0,71	89,63
Sample 5	42,88±0,48	11,66±0,25	20,05±1,52	90,24

The data after light exposure demonstrate consistent shifts in color coordinates and dose-dependent stability dynamics. All samples showed a decrease in a^* (red fading) and an increase in b^* (yellowing), while L^* changed moderately. The lowest color stability was observed in the sample with hydrolysate only (Sample 2 – 84,67%), accompanied by the greatest loss of redness (a^* –10,98±0,42) and one of the highest b^* values (20,22±0,28). The addition of cranberries against a background of 10% hydrolysate consistently improved stability with a maximum in Sample 5 — 90,24%. At the same time, in the cranberry variants, the decrease in a^* becomes less pronounced (to 11,66±0,25 at 3%), and the

increase in b^* is limited (18,66–20,05), which indicates partial inhibition of pigment photodegradation. The control (Sample 1) is characterized by average stability (87,65%) and a pattern typical for exposure: a moderate decrease in a^* (14,18±0,88) with an increase in b^* (19,71±0,15). In summary, the results confirm that the hydrolysate itself reduces light stability, while cranberry increases the color stability of sausages in a dose-dependent manner.

Based on experimental data, a second-order quadratic model was constructed for the response Y = Color stability, % according to the factors: X_1 = hydrolyzed collagen, % and X_2 = cranberry powder, %:

$$Y = 87,6515 - 0,2849 X_1 + 4,0799 X_2 - 0,0006 X_1^2 - 0,0007 X_1 X_2 - 0,756 X_2^2.$$

The model describes the data with virtually no bias: $R^2 = 0,9949$; $R^2_{adj} = 0,9913$;

Residual variance $MS_e = 0,0536$, which corresponds to $RMSE = 0,232$ p.p. of color

stability. This is less than the intergroup shifts observed when factors change (usually 1–4 p.p.), i.e., the differences are technologically significant and well separated from noise.

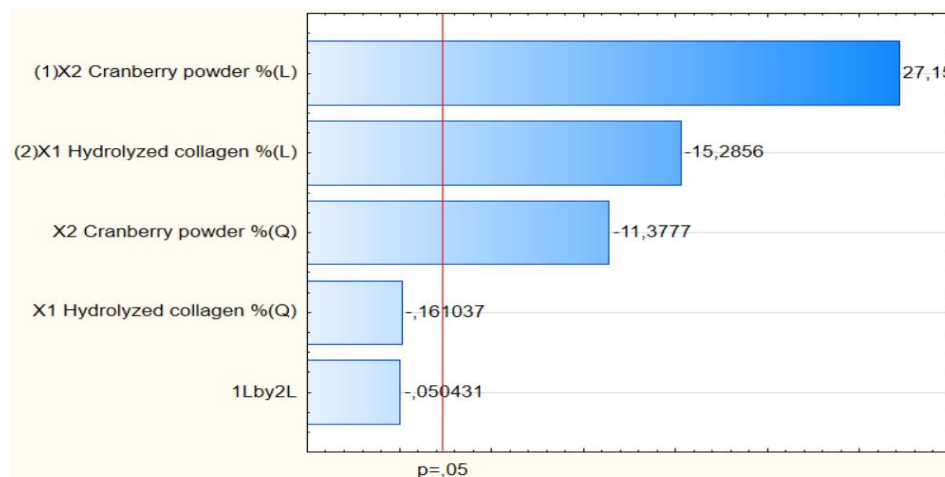


Figure 2. Pareto Chart of standardised effects of factors on Colour stability

According to the Pareto chart, it can be seen that the strongest contribution is made by the linear effect of cranberry $X_2(L)$ with a positive sign (+27,15; $p < 0,05$). This is followed by the linear effect of hydrolysate $X_1(L)$ with a negative sign (-15,29; $p < 0,05$). The quadratic effect $X_2(Q)$ (-11,38; $p < 0,05$) is also significant, indicating

saturation of the cranberry effect with increasing dose. The quadratic term $X_1(Q)$ and the interaction $X_1 \times X_2$ are statistically insignificant ($|t| < \text{threshold}$), which is consistent with the visual trend: the effect of cranberries is almost independent of the hydrolysate level in the studied range.

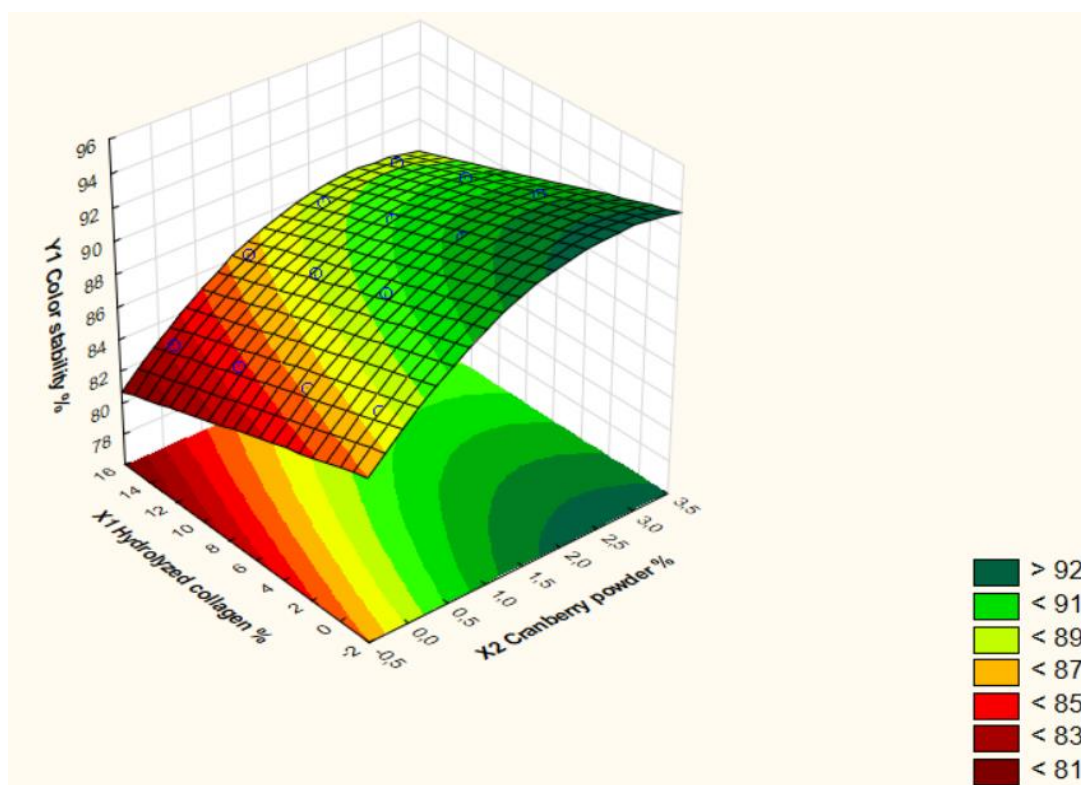


Figure 3. 3D Surface Plot of Color stability (Y) against hydrolyzed collagen (X_1) and cranberry powder (X_2)

The 3D surface and contour maps show a monotonic decrease in Y as X_1 increases and a convex shelf along X_2 . Canonical analysis gives a stationary point outside the acceptable range for X_1 , so the optimum in the working range is achieved at the boundary of the minimum hydrolysate. According to the model at $X_1 = 0\%$, the maximum along X_2 is achieved at around 3,0%, with a prediction of $Y = 93,1-93,2\%$. This is consistent with the actual points and the consistent deterioration as X_1 increases.

Analysis of the research results shows that the addition of collagen hydrolysate lightens the product and simultaneously reduces redness. Scientists in similar studies explain this phenomenon by the fact that there is an optical “dilution” of the red pigment and an increase in light scattering due to the redistribution of the dispersed phase and the formation of a more homogeneous gel matrix, which raises L^* and shifts the reflection spectrum towards warm tones with an increase in b^* . In addition, with

a more “transparent” matrix and lower effective pigment concentration, the systems become more sensitive to photolysis and oxidation of myoglobin chromophores, which accelerates the drop in a^* under light and reduces the integral color stability. This vector of effects has been confirmed by other researchers: partial replacement of fat with gelatin or collagen-containing gel systems led to an increase in L^* , an increase in b^* , and a decrease in a^* , with the mechanism being directly linked to a reduction in the size of fat droplets and their optical properties [16]. Similar conclusions were obtained when collagen fibers were added to sausages, where an increase in lightness and a weakening of the red tone were noted depending on the composition of the matrix [17]. Our results are fully consistent with this body of work: the variant with hydrolysate alone shows maximum fading in a^* ; high b^* values after exposure, and the lowest stability; in the surface response model, the linear coefficient for hydrolysate is negative, and the quadratic coefficient

is small, indicating a nearly linear deterioration in stability in the range of 0–15%.

At the same time, the study showed that adding cranberry powder to the composition of experimental samples of cooked sausages significantly improves the color stability of the finished product. In their work, scientists explain this effect by a phenolic “umbrella” of protection, which simultaneously extinguishes free radical chains, chelates transition metals, and thereby inhibits the oxidation of lipids and the oxidation of myoglobin to metforms, which retain a smaller proportion of red tone. As a result, the rate of a^* decline under light decreases, and the total ΔE decreases, which manifests itself in an increase in the calculated color stability. This mechanism has been confirmed on different meat matrices: the addition of freeze-dried cranberries reduced TBARS, preserved iron, and was accompanied by more stable color coordinates during storage [18], and the inclusion of 5 g/kg of cranberry powder improved color attributes and favorably shifted the microbiota, which is indirectly associated with a lower oxidative load on pigments [19]. Reviews summarizing fruit phenols in meat products record the same cause-and-effect relationships and emphasize the contribution of proanthocyanidins and flavonols to color stabilization by suppressing lipid and protein oxidation and protecting myoglobin [20]. At the same time, phenolic protection typically has a decreasing return profile: at low doses, the most reactive “targets” are blocked, after which the increase in effect decreases. Our quadratic term for cranberries is negative, which mathematically fixes such a “plateau,” and the dose grid data confirm a decrease in stability increments from 1% to 3%. It is also important to note that cranberries contribute their own pigments and change the acidity of the matrix, so along with the increase in stability under light, there is a moderate increase in b^* , which is consistent with published observations for berry additives.

Conclusion

The aim of the study was to quantitatively assess the effect of the proportion of collagen hydrolysate from low-value by-products (X_1) and the dose of cranberry powder (X_2) on the color stability of cooked sausages after light exposure. Color measurements were performed in the CIE Lab* system and the integral stability index was calculated. The full-square response surface model in natural units described the data with high quality ($R^2 = 0,9949$; $R^2_{adj} = 0,9913$; $MS_{res} = 0,0536$; $RMSE = 0,232$ p.p.). The standardized effects were dominated by the linear positive contribution of X_2 ,

while the linear effect of X_1 was consistently negative; the quadratic term X_2 indicated a decreasing return with increasing dose, and the interaction $X_1 \times X_2$ was statistically insignificant. The surface geometry showed a monotonic deterioration of the indicator with an increase in X_1 and a “shelf” along X_2 , with the optimum in the working range being achieved at the boundary with minimum hydrolysate and $X_2 = 3,0\%$, with a stability forecast of about 90,24%. These results are consistent with the mechanistic picture: the hydrolysate optically “lightens” the matrix and reduces redness, while the phenolic complex of cranberries slows down the photodegradation of pigments and stabilizes the color. The results obtained collectively confirm that the addition of cranberry powder statistically and technologically significantly improves the color characteristics of cooked sausages. At the next stage, it is advisable to conduct an in-depth study of the antioxidant properties of cranberry raw materials in the meat matrix, as well as to evaluate the bioavailability of key components.

Gratitude, conflict of interest (financing)

The study was conducted as part of the project № AP 19680380 “Development of technology for obtaining animal-derived ingredients – collagen peptide hydrolysates – and the creation of functional meat products based on them”.

Authors declare that there is no conflict of interest.

REFERENCES.

1. Alibekov R. S. et al. Review of the slaughter wastes and the meat by-products recycling opportunities //Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2024. – T. 8. – C. 1410640. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1410640>
2. Latoch A., Stasiak D. M., Siczek P. Edible offal as a valuable source of nutrients in the diet—a review //Nutrients. – 2024. – T. 16. – №. 11. – C. 1609. <https://doi.org/10.3390/nu16111609>
3. Fuerniss H. F. et al. Nutrient Analysis of Raw United States Beef Offal Items //Nutrients. – 2024. – T. 16. – №. 18. – C. 3104. <https://doi.org/10.3390/nu16183104>
4. León-López A. et al. Hydrolyzed collagen—sources and applications //Molecules. – 2019. – T. 24. – №. 22. – C. 4031. <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>
5. Al Hajj W. et al. Hydrolyzed collagen: Exploring its applications in the food and beverage industries and assessing its impact on human health—A comprehensive review //Heliyon. – 2024. – T. 10. – №. 16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36433>
6. Tultabayeva T. et al. Enhancing nutrition and palatability: the development of cooked sausages with protein hydrolysate from secondary raw materials for

the elderly //Applied Sciences. – 2023. – T. 13. – №. 18. – C. 10462. <https://doi.org/10.3390/app131810462>

7. Uzakov Y. et al. Optimization of protein hydrolysis conditions to increase the nutritional and functional value of sausages //« Mechanics and Technologies» – C. 99. <https://doi.org/10.55956/MXFY1640>

8. Uzakov Y. et al. Collagen Hydrolysate–Cranberry Mixture as a Functional Additive in Sausages //Processes. – 2025. <https://doi.org/10.3390/pr13103233>

9. Tokysheva G. et al. The study of physicochemical and technological properties of boiled sausage recommended for the older adults //Slovak Journal of Food Sciences. – 2023. – T. 17. <https://doi.org/10.5219/1806>

10. Kozhakhieva M. et al. Devising a technology and optimizing processing parameters for making functional boiled sausage fortified with protein hydrolysates //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2025. – T. 135. – №. 11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.330002>

11. Cropp M. S. et al. Nitrite-embedded film develops cured color in nitrite-free bologna sausage packaged following thermal processing //Meat and Muscle Biology. – 2024. – T. 8. – №. 1. <https://doi.org/10.22175/mmb.17670>

12. Karwowska M., Dolatowski Z. J. Effect of acid whey and freeze-dried cranberries on lipid oxidation and fatty acid composition of nitrite-/nitrate-free fermented sausage made from deer meat //Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2016. – T. 30. – №. 1. – C. 85. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0023>

13. Nemzer B. V. et al. Cranberry: chemical composition, antioxidant activity and impact on human health: overview //Molecules. – 2022. – T. 27. – №. 5. – C. 1503. <https://doi.org/10.3390/molecules27051503>

14. Khalil R. R., Mohammed E. T., Mustafa Y. F. Various promising biological effects of cranberry extract: A //Clinical Schizophrenia & Related Psychoses. – 2021. – T. 15. – №. 1. <https://doi.org/10.3371/CSRP.KRET.113021>

15. Rocha D. M. U. P. et al. Effects of blueberry and cranberry consumption on type 2 diabetes glycemic control: A systematic review //Critical reviews in food science and nutrition. – 2019. – T. 59. – №. 11. – C. 1816-1828. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1430019>

16. Serdaroglu M. et al. Effects of partial beef fat replacement with gelled emulsion on functional and quality properties of model system meat emulsions //Korean journal for food science of animal resources. – 2016. – T. 36. – №. 6. – C. 744. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.6.744>

17. Olanwanit W., Rojanakorn T. Effect of hydrolysed collagen and Man-sao powder mixture as a fat replacer on quality of Vienna sausages //International Food Research Journal. – 2019. – T. 26. – №. 5. [http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(05\)%202019/13.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(05)%202019/13.pdf)

18. Karwowska M., Dolatowski Z. J. Effect of acid whey and freeze-dried cranberries on lipid oxidation and fatty acid composition of nitrite-/nitrate-free fermented sausage made from deer meat //Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2016. – T. 30. – №. 1. – C. 85. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0023>

19. Yang L. et al. Effects of cranberry powder on the diversity of microbial communities and quality characteristics of fermented sausage //Frontiers in Nutrition. – 2023. – T. 10. – C. 1123627. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1123627>

20. Orădan A. C. et al. Fruit Extracts Incorporated into Meat Products as Natural Antioxidants, Preservatives, and Colorants //Processes. – 2024. – T. 12. – №. 12. – C. 2756. <https://doi.org/10.3390/pr12122756>

MILK SYSTEMS OF PLANT AND ANIMAL ORIGIN: NUTRIENT PROFILE AND SIGNIFICANCE FOR FORMING THE PHYSIOLOGICAL VALUE OF FUNCTIONAL PRODUCTS

L. N. IBRAGIMOVA* , G.B. ENSEBAEVA , S.V. SHVETS , R.Z. IBRAGIMOVA ,
N.A. AKHRAMOV , A.A. PETRENKO , R.Z. IBRAGIMOV 

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

Corresponding author's e-mail: ibragimova.l@kaznmu.kz*

This article presents an analytical review of the literature on milk systems of animal and plant origin. Milk systems are considered as natural and biotechnological dispersed structures that combine proteins, lipids, carbohydrates, and bioactive substances, providing high physiological and nutritional value. In the context of modern functional nutrition, they act as a universal technological platform for creating preventive and therapeutic health-promoting products. Particular attention is paid to hybrid systems that combine components of animal and plant origin, allowing for nutrient, antioxidant, and metabolically active compound synergy, which ensures an expanded range of physiological effects and increased bioavailability of key components. The aim of the work is to conduct an analytical review of the composition, structure, and functional properties of milk systems of animal and plant origin, as well as to determine directions for their integration into technologies of functional foods and nutraceuticals. The concept of the study is based on the principles of food system biodesign, implying the deliberate combination of natural matrices and biotechnological processes to achieve a targeted physiological effect. A systematic analysis method was applied to scientific publications, patent sources, and experimental data devoted to the chemical composition, fermentation, microencapsulation, and bioavailability of active components of milk systems. The results showed that animal milk is a source of easily digestible proteins and minerals, while plant analogues are rich in unsaturated fatty acids and antioxidants. Their combination ensures amino acid complementarity and enhances antioxidant potential. Fermentation and microencapsulation technologies are considered key tools for preserving probiotics and vitamins. This work contributes to the development of the concept of functional and sustainable nutrition, forming a scientific and practical basis for the creation of domestic functional beverages based on animal milk and milk derived from plant seeds of Kazakhstan.

Keywords: milk systems, functional products, fermentation, probiotics, microencapsulation, nutraceuticals.

МОЛОЧНЫЕ СИСТЕМЫ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ: НУТРИЕНТНЫЙ ПРОФИЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Л. Н. ИБРАГИМОВА*, Г.Б. ЕНСЕБАЕВА, С.В. ШВЕЦ, Р.З. ИБРАГИМОВА,
Н.А. АХРАМОВ, А.А. ПЕТРЕНКО, Р.З. ИБРАГИМОВ

(Казахский национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова, Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 94)

Электронная почта автора-корреспондента: ibragimova.l@kaznmu.kz*

Настоящая статья представляет собой аналитический обзор литературы по молочным системам животного и растительного происхождения. Молочные системы рассматриваются как природные и биотехнологические дисперсные структуры, объединяющие белки, липиды, углеводы и биоактивные вещества, обеспечивающие высокую физиологическую и питательную ценность. В контексте современного функционального питания они выступают универсальной технологической платформой для создания продуктов профилактического и лечебно-оздоровительного назначения. Особое внимание уделяется гибридным системам, сочетающим компоненты животного и растительного происхождения, что позволяет достичь синергии нутриентов, антиоксидантов и метаболически активных соединений, обеспечивающих расширенный спектр физиологических эффектов и повышенную биодоступность ключевых компонентов. Целью работы является проведение аналитического обзора состава, структуры и функциональных свойств молочных систем

животного и растительного происхождения, а также определение направлений их интеграции в технологии функциональных продуктов и нутрицевтиков. Концепция исследования основана на принципах биодизайна пищевых систем, предполагающих осознанное сочетание природных матриц и биотехнологических процессов для достижения целенаправленного физиологического эффекта. Применён метод систематического анализа научных публикаций, патентных источников и экспериментальных данных, посвящённых химическому составу, ферментации, микрокапсулированию и биодоступности активных компонентов молочных систем. Результаты показали, что животное молоко является источником легкоусвояемых белков и минералов, тогда как растительные аналоги обогащены ненасыщенными жирными кислотами и антиоксидантами. Их комбинация обеспечивает аминокислотную комплементарность и усиление антиоксидантного потенциала. Рассмотрены технологии ферментации и микрокапсулирования как ключевые инструменты сохранения пробиотиков и витаминов. Работа вносит вклад в развитие концепции функционального и устойчивого питания, формируя научно-практическую основу для создания отечественных функциональных напитков на основе животного молока и молока, полученного из семян растений Казахстана.

Ключевые слова: молочные системы, функциональные продукты, ферментация, пробиотики, микрокапсулирование, нутрицевтики.

ӨСІМДІК ЖӘНЕ ЖАҢУАР ТЕГІНЕН ШЫҚҚАН СҮТ ЖҮЙЕЛЕРІ: НУТРИЕНТТІК ПРОФИЛІ ЖӘНЕ ФУНКЦИОНАЛДЫ ӨНІМДЕРДІҢ ФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ МАҢЫЗЫ

*Л. Н. ИБРАГИМОВА**, Г.Б. ЕНСЕБАЕВА, С.В. ШВЕЦ, Р.З. ИБРАГИМОВА,
Н.А. АХРАМОВ, А.А. ПЕТРЕНКО, Р.З. ИБРАГИМОВ

(С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті,
Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би көш., 94)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: ibragimova.l@kaznmu.kz*

Бұл мақала жануар және өсімдік тектес сүт жүйелері туралы әдебиеттерге аналитикалық шолу ұсынады. Сүт жүйелері табиғи және биотехнологиялық дисперстік құрылымдар ретінде қарастырылады, олар ақуыздар, липидтер, көмірсулар және биоактивті заттарды біріктіріп, жоғары физиологиялық және тағамдық құндылықты қамтамасыз етеді. Қазіргі функционалды тамақтану контекстінде бұл жүйелер профилактикалық және емдік бағыттағы өнімдерді жасауға арналған әмбебап технологиялық платформа ретінде қарастырылады. Арнайы назар жануар және өсімдік компоненттерін біріктіретін гибриді жүйелерге аударылған, бұл нутриенттер, антиоксиданттар және метаболиталық белсенді қосылыстардың синергиясын қамтамасыз етіп, физиологиялық әсерлердің кең спектрін және негізгі компоненттердің биожетімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеудің мақсаты – жануар және өсімдік тектес сүт жүйелерінің құрамын, құрылымын және функционалды қасиеттерін талдап, оларды функционалды өнімдер мен нутрицевтиктер технологияларына интеграциялау бағыттарын анықтау.

Зерттеу тұжырымдамасы тағамдық жүйелердің биодизайны қағидаттарына негізделген, яғни табиғи матрицалар мен биотехнологиялық үдерістердің үйлесімді біріктірілуі арқылы мақсатты физиологиялық әсерге жету көзделеді. Ғылыми жарияланымдар, патенттік деректер және тәжірибелік нәтижелер негізінде сүт жүйелерінің химиялық құрамы, ферментациясы, микрокапсулалануы және биоқолжетімділігіне жүйелі талдау әдісі қолданылды. Нәтижелер жануар сүтінің оңай сіңірілетін ақуыздар мен минералдардың көзі екенін, ал өсімдік аналогтарының қанықпаған май қышқылдары мен антиоксиданттарға бай екенін көрсетті. Олардың комбинациясы аминқышқылдық толықтыру мен антиоксиданттық потенциалды арттыруды қамтамасыз етеді. Пробиотиктер мен витаминдерді сақтау үшін ферментация және микрокапсулалау технологиялары негізгі құрал ретінде қарастырылды. Бұл жұмыс функционалды және тұрақты тамақтану тұжырымдамасын дамытуға үлес қосып, Қазақстан өсімдік тұқымдарынан алынған және жануар сүтінен жасалған отандық функционалды сусындарды әзірлеуге ғылыми және практикалық негіз қалыптастырады.

Негізгі сөздер: сүт жүйелері, функционалды өнімдер, ферментация, пробиотиктер, микрокапсулалау, нутрицевтиктер.

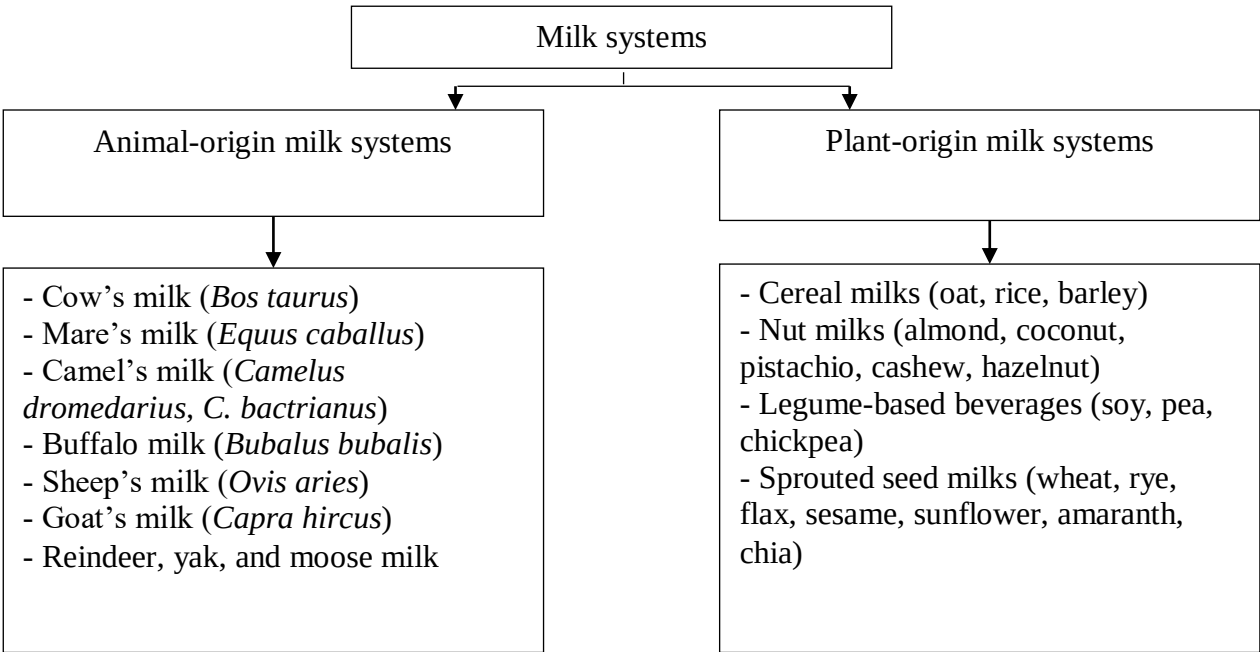
Introduction

Milk systems represent natural and biotechnological dispersed structures composed of proteins, lipids, carbohydrates, minerals, and biologically active components that possess high physiological value. In modern understanding, milk systems include both animal-derived milk and its plant-based analogues obtained from seeds, nuts,

cereals, and legumes. Both types of systems share a common functional purpose — to provide the human body with essential nutrients, antioxidants, and compounds that support metabolic and immune balance [1, 2].

Table 1. presents the classification of plant-based and animal milk systems according to their origin.

Table 1. Classification of plant-based and animal milk systems by origin



Milk systems of animal and plant origin differ in their nature, structure, and biochemical composition; however, they perform similar physiological functions, providing the human body with essential nutrients, vitamins, and bioactive compounds.

Animal milk is a natural biological product intended for the nourishment of offspring, containing a balanced complex of proteins, fats, carbohydrates, minerals, and vitamins. Cow's milk is traditionally used as a primary source of calcium, phosphorus, and high-quality protein. Mare's and camel's milk are characterized by lower fat content and reduced β -lactoglobulin levels, making them more hypoallergenic and suitable for people with cow's milk protein intolerance. Camel's milk is rich in immunoglobulins and exhibits pronounced antidiabetic properties, while buffalo milk contains higher amounts of fat and minerals, which give it a rich flavor and high energy value.

Goat and sheep milk are easily digestible and contain short-chain fatty acids that have a beneficial effect on lipid metabolism. In northern and

mountainous regions, reindeer, yak, and moose milk are traditionally consumed; they are high in fat and enriched with vitamins A and D. Animal-derived milk systems provide the human body with complete proteins and fats, support the musculoskeletal system, and possess high biological value [1–4].

Plant-based milk systems are aqueous emulsions obtained from plant raw materials such as seeds, cereals, nuts, and legumes. They serve as an important alternative to traditional milk and are used as sources of plant proteins, unsaturated fatty acids, vitamins, and antioxidants.

Cereal milks (oat, rice, barley) contain complex carbohydrates and β -glucans that help regulate cholesterol levels. Nut beverages (almond, coconut, pistachio, cashew, hazelnut) are rich in tocopherols and polyphenols, providing antioxidant effects. Legume-based drinks (soy, pea, chickpea) are valuable sources of plant protein and isoflavones.

A special category includes milk systems derived from sprouted seeds (wheat, rye, flax, sesame, sunflower, amaranth, chia), which become

enriched with B vitamins, enzymes, and polyphenols during germination. These systems are characterized by high nutrient bioavailability and a mild taste, making them promising bases for functional beverages and health-oriented foods [5–9].

In general, both animal and plant milk systems serve as important platforms for the development of functional products aimed at preventing metabolic disorders, supporting the immune system, and maintaining the body's energy balance.

The aim of this work is to conduct an analytical review of the composition, structure, and functional properties of milk systems of animal and plant origin, as well as to identify directions for their integration into the technologies of functional foods and nutraceuticals. The research concept is based on the principles of food system biodesign, which involve the deliberate combination of natural matrices and biotechnological processes to achieve targeted physiological effects.

Materials and methods

The study was conducted as an analytical review using domestic and international scientific publications, patent sources, and recent experimental research data focused on the composition, structure, and functional properties of milk systems of both animal and plant origin.

To systematize the information, databases such as Scopus, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, and open repositories of scientific journals were utilized. The analysis included articles published between 2010 and 2024, containing data on the chemical and nutrient composition of milk, as well as processes of

fermentation, microencapsulation, and bioavailability of active components.

The methodological approach included:

- Systematic and comparative analysis of literature data on the composition and functional characteristics of milk systems;
- Structural and biochemical interpretation of protein and lipid fractions, considering their origin;
- Evaluation of technological approaches aimed at improving the stability and bioavailability of bioactive compounds (fermentation, microencapsulation, probiotic technologies).

Data interpretation was carried out from the standpoint of the concept of functional and sustainable nutrition, which emphasizes the rational combination of animal and plant raw materials to create products with targeted physiological effects.

Results and discussion

The chemical and nutrient composition of milk is determined by its natural origin, the feeding base, and processing technology. Animal-derived milk systems are characterized by a balanced amino acid composition and high levels of calcium, phosphorus, and B vitamins, whereas plant-based milk systems generally contain lower amounts of protein but are rich in unsaturated fatty acids, dietary fiber, isoflavones, and antioxidants (Table 1) [1–4].

Proteins in animal milk (mainly casein and whey fractions — β -lactoglobulin and α -lactalbumin) have high biological value and digestibility (up to 95%), while plant proteins are often limited in methionine and lysine content. However, due to fermentation and seed germination, the bioavailability of plant proteins significantly increases, and the profile of essential amino acids becomes more balanced [5].

Table 2. Comparative chemical composition of milk systems of animal and plant origin [1–9]

Indicator	Animal milk systems (average value)	Plant milk systems (average value)
Protein, %	2.8–3.8	0.5–2.0 (up to 3.0 after fermentation)
Fat, %	3.0–7.5 (depending on species)	1.0–4.5 (mainly unsaturated fatty acids)
Lactose, %	4.5–5.0	absent
Minerals (Ca, P, Mg), mg/100 ml	Ca $\approx$ 120; P $\approx$ 95; Mg $\approx$ 10	Ca $\approx$ 25–60; P $\approx$ 40–80; Mg $\approx$ 30–50
B-group Vitamins	B ₁ 0.04; B ₂ 0.18; B ₁₂ 0.9 μ g	B ₁ 0.06–0.10; B ₂ 0.02–0.05
Antioxidants	carotenoids, tocopherols, glutathione	polyphenols, tocopherols, phytosterols
Main fatty acids	palmitic, stearic, oleic	linoleic, α -linolenic, oleic
pH	6.5–6.8	6.7–7.2
Energy value, kcal/100 ml	60–80	30–50

The composition and ratio of protein fractions vary among animal species. Mare's and camel's milk are characterized by low β -lactoglobulin content and a predominance of whey proteins similar in composition to human milk, ensuring high bioavailability and hypoallergenic properties. Buffalo and sheep milk contain increased amounts of casein and calcium, while goat's milk is distinguished by its high content of short-chain fatty acids (capric and caprylic), which enhances lipid digestibility [10, 11].

The lipid fraction of animal milk is mainly represented by saturated fatty acids (C14:0–C18:0), whereas plant systems contain predominantly mono- and polyunsaturated fatty acids (oleic, linoleic, and α -linolenic), which exhibit hypocholesterolemic effects [7].

The fatty acid profile also plays an important role: the presence of conjugated linoleic acid (CLA) and omega-3 and omega-6 fatty acids determines the anti-inflammatory and cardioprotective properties of milk systems. Biologically active components — peptides, flavonoids, phytosterols, and tocopherols — enhance antioxidant activity, forming a complex physiological effect [12].

The mineral composition also differs: animal milk is rich in calcium, phosphorus, zinc, and selenium, while plant-based beverages contain higher amounts of magnesium, potassium, and antioxidant elements (Fe, Mn).

Particular attention is given to biologically active compounds — vitamins (A, D, E, K, B1–B12) and natural antioxidants (polyphenols, tocopherols, carotenoids), which determine the physiological value of milk systems [6].

Despite compositional differences, plant and animal milk systems complement each other in terms of bioactive substances: animal-based systems provide easily digestible proteins and minerals, while plant-based systems supply antioxidants, unsaturated fatty acids, and dietary fibers. Their combined use forms the foundation for developing functional and preventive nutrition products [9].

The biological and physiological value of milk systems is determined by the degree of nutrient absorption, bioavailability, and the functional effects on the human body. Animal milk (cow, mare, camel, goat, buffalo) is traditionally considered a source of complete protein, calcium, and B vitamins, while plant-based milk systems (derived from sprouted seeds, nuts, legumes) are valuable sources of unsaturated fatty acids, polyphenols, and dietary fibers with systemic antioxidant and metabolic-regulatory effects [1, 13, 14].

Nutrient bioavailability in animal milk reaches 90–95% due to the optimal ratio of casein to whey proteins and the presence of phosphopeptides and trace elements that contribute to bone mineralization [15]. In plant-based milk systems, the digestibility of proteins and trace elements depends on the processing method. Fermentation and seed germination reduce antinutritional factors (phytic acid, protease inhibitors), thereby increasing the availability of iron, zinc, and amino acids [16].

Fermented forms of milk (ayran, shubat, kumis, yogurt) contain live cultures of *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, and *Lactocaseibacillus*, which help maintain normal gut microbiota and synthesize short-chain fatty acids (acetate, propionate, butyrate) that improve mucosal barrier function [17]. Fermented plant-based analogues can also possess probiotic potential: *Lactobacillus plantarum* and *L. fermentum* metabolize phenolic compounds of sprouted grains, producing bioactive metabolites with prebiotic effects [18].

Protein hydrolysates of mare's and camel's milk exhibit pronounced antioxidant and antiglycation properties due to the presence of peptides that inhibit the formation of advanced glycation end-products (AGEs) and activate antioxidant enzymes [19]. Plant-based milk systems, owing to polyphenols and isoflavones, additionally reduce serum glucose and cholesterol levels, as confirmed by clinical studies on metabolic syndrome models [20].

The immunoregulatory effect of mare's and camel's milk is associated with the presence of lactoferrin, immunoglobulins, and antimicrobial peptides that enhance macrophage and NK-cell activity [21]. In plant-based milk systems, similar properties are provided by polyphenols, phytosterols, and tocopherols, which modulate cytokine expression (IL-6, TNF- α) and NF- κ B-dependent inflammatory pathways [22].

Modern approaches to functional nutrition are based on the principle of amino acid complementarity: combining milk proteins (rich in leucine and methionine) with plant proteins (rich in lysine and arginine) allows for a complete amino acid profile and enhances the biological value of the product [23]. Such systems demonstrate synergistic effects, improving antioxidant activity, lipid metabolism, and resistance to oxidative stress [24].

Animal and plant milk systems represent complementary matrices that provide a wide range of physiological effects — from antioxidant and metabolic to immunomodulatory. Their rational combination forms the foundation for the development of functional foods aimed at preventing

metabolic syndrome, dysbiosis, and chronic inflammatory processes.

Milk systems of animal and plant origin play a central role in functional food technology due to their high nutritional and biological value and their ability to serve as efficient carriers for probiotics, vitamins, peptides, and antioxidants [1, 6]. Current research focuses on the creation of hybrid systems that combine the advantages of animal proteins and plant biomolecules — amino acids, polyphenols, and unsaturated fatty acids — ensuring a synergistic physiological effect and product stability during storage [25].

Milk systems are widely used in the production of probiotic yogurts, beverages, porridges, and smoothies, where the protein-lipid matrix is combined with live cultures such as *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus thermophilus*, and others [25]. The incorporation of plant extracts (including matcha tea, herbs, vitamins, and minerals) enriches the product with antioxidants and bioactive compounds, enhancing its preventive properties.

Combined fermented beverages based on milk and plant extracts demonstrate higher antioxidant activity and lipid oxidation stability compared to traditional dairy products [26, 27].

Protein concentrates and isolates derived from milk and plant raw materials (soy, oat, almond, hemp) are used in the formulation of nutraceutical complexes and sports nutrition products. The combination of animal and plant proteins provides a complete amino acid profile and contributes to more efficient muscle recovery after physical exertion [28]. In addition, the use of milk protein hydrolysates supplemented with antioxidants (EGCG, polyphenols) enables the creation of functional beverages with prolonged restorative and anti-inflammatory effects [29].

Key challenges in developing functional milk-based products include maintaining protein and lipid stability during heat treatment, ensuring compatibility with probiotics, and preserving the activity of added bioactive substances [30]. Factors such as pH, temperature, and fermentation duration significantly affect probiotic viability and protein matrix structure. At pH 6.0–6.5 and temperatures ≤ 45 °C, maximum viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* cells is maintained [31].

To enhance stability and prolong the activity of biomolecules, technologies of microencapsulation of peptides, vitamins, and antioxidants are applied using protein (caseinate, whey isolate) and polysaccharide (alginate, pectin, chitosan) carriers

[32]. Such systems protect active substances from degradation during pasteurization and oxygen exposure and allow controlled release in the gastrointestinal tract [33].

The preservation of bioactive substances largely depends on packaging technology. The most effective are aseptic filling and the use of multilayer barrier materials protecting against light and oxygen [34]. The use of mild fermentation and pasteurization conditions (≤ 70 °C) minimizes the loss of catechins, vitamins B and C, tocopherols, and flavonoids, which is especially important for the development of combined beverages based on milk and plant extracts [35].

Milk systems serve as a universal technological platform for creating next-generation functional products — from probiotic yogurts and protein blends to fermented beverages with high antioxidant and metabolic activity. The combination of animal and plant raw materials provides not only an optimal nutrient profile but also a synergistic physiological effect aimed at strengthening health and preventing chronic diseases.

Modern trends in functional nutrition are directed toward the development of milk and plant–milk systems with targeted physiological effects — adaptogenic, neuroprotective, antioxidant, and probiotic [36–38]. The advancement of such products is based on in-depth research into the biochemical mechanisms of action of biomolecules — peptides, polyphenols, unsaturated fatty acids, and amino acids — as well as their interactions in combined applications.

Priority directions include:

- Development of milk and plant–milk products with adaptogenic and neuroprotective properties. The combination of L-theanine and matcha tea catechins with bioactive peptides from mare's and camel's milk shows potential for regulating cognitive function, stress response, and neuroinflammation [39]. Such systems may be used in the prevention of cognitive disorders and as part of specialized nutrition for mental and physical performance.

- Formulation of combined probiotic beverages with plant extracts. The use of symbiotic combinations (*Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium breve*, matcha extract, *Melissa officinalis*, *Rhodiola rosea*, *Schisandra chinensis*) supports gut microbiota and enhances stress resistance. These products exhibit antioxidant, anti-inflammatory, and metabolic effects, making them promising for metabolic syndrome prevention [40].

- Nutraceutical formulas for metabolic regulation. Scientific studies confirm that combining

milk peptides (especially casein hydrolysates) with plant polyphenols enhances the activity of AMPK and Nrf2 signaling pathways, contributing to the reduction of hyperglycemia, dyslipidemia, and oxidative stress [41]. The implementation of such complexes in dry blends and beverages offers potential for preventing metabolic disorders.

Conclusions

For Kazakhstan, special importance lies in the use of domestic resources — mare's, camel's, and cow's milk, as well as plant materials (willowherb, cistanche, rosehip, barberry, sea buckthorn, licorice). These ingredients possess high biological value and can serve as the foundation for developing regional functional products with export potential [42].

The introduction of local technologies for fermentation, microencapsulation, and standardization of bioactive compounds will enable the creation of a product line that meets international quality and safety standards (ISO 22000, Codex Alimentarius, EFSA).

The future development of functional milk systems is closely linked to the concepts of sustainable and personalized nutrition. Hybrid products of animal and plant origin provide an optimal balance between environmental sustainability, nutrient density, and individual physiological needs.

The integration of artificial intelligence and nutrigenomics technologies into formulation development will allow the creation of personalized dietary recommendations based on genetic, metabolic, and microbiome profiles, opening new horizons for precision functional nutrition [43].

REFERENCES

1. Park, Y. W., & Haenlein, G. F. W. (2013). *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. Wiley-Blackwell. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118534168>
2. FAO/WHO. (2019). *Milk and Milk Products in Human Nutrition*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. Konuspayeva, G., et al. (2020). Camel Milk Composition and Nutritional Value. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. DOI: 10.4018/978-1-7998-1604-1.ch002
4. Claeys, W. L., et al. (2021). Composition and Nutritional Value of Raw Milk from Different Animal Species. *International Dairy Journal*, 114, 104937. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.045>
5. Jeske, S., Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>
6. Feyza E A, Tutuncu S, Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>
7. Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2022). How Well Do Plant-Based Alternatives Fare Nutritionally Compared to Cow's Milk? *Journal of Food Science and Technology*, 59(5), 1855–1865. DOI: 10.1007/s13197-017-2915-y
8. ScienceDirect. (2023). Trends in Sustainable Dairy and Non-Dairy Food Systems. ScienceDirect Database.
9. MDPI. (2023). Functional Dairy and Plant-Based Systems for Human Health. MDPI Foods.
10. Mouandhe I. H., Doli S., Ankita W Nutritional and Therapeutic Values of Camel Milk. <https://doi.org/10.22271/ALLRESEARCH.2022.V8.I4A.9614>
11. Park, Y. W. (2021). Goat Milk Chemistry and Nutritional Significance. *Small Ruminant Research*, 200, 106432 DOI:10.1002/9780470999738.ch3
12. Shan, L., et al. (2023). Conjugated Linoleic Acid and Antioxidant Potential in Dairy Fat Systems. *Journal of Dairy Science*, 106(8), 6423–6435. DOI: 10.1093/jn/129.8.1579
13. Thao M. Ho, Zhengzheng Zou, Nidhi Bansal. Camel milk: A review of its nutritional value, heat stability, and potential food products. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110870>
14. Alida Melse-Boonstra. Bioavailability of Micronutrients From Nutrient-Dense Whole Foods: Zooming in on Dairy, Vegetables, and Fruits. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00101>
15. Musaalbakri Abdul Manan. Progress in Probiotic Science: Prospects of Functional Probiotic-Based Foods and Beverages. doi: 10.1155/ijfo/5567567
16. Okoniewski A., et al. The Role of Fermented Dairy Products on Gut Microbiota Composition. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030231>
17. Hisham R I Potential antioxidant bioactive peptides from camel milk proteins DOI:10.1016/j.aninu.2018.05.004
18. Vanga, S. K., & Raghavan, V. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? DOI:10.1007/s13197-017-2915-y
19. Ayman A Swelum et al. Nutritional, antimicrobial and medicinal properties of Camel's milk: A review. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.02.057
20. Nonthiwat Taesuk et al. Phytochemical profiling of Thai plant-based milk alternatives: Insights into bioactive compounds, antioxidant activities, prebiotics, and amino acid abundance. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102402>
21. Peng Li, Wenliang He, Guoyao Wu. Composition of Amino Acids in Foodstuffs for Humans and Anim. DOI: 10.1007/978-3-030-74180-8_11
22. MDPI Foods. (2023). Hybrid Dairy–Plant Formulations: A New Frontier in Functional Nutrition. *Foods*, 12(6), 1125.
23. Shori, A. B. (2020). Potential Health-Promoting Effects of Probiotics in Dairy Beverages. DOI: 10.1016/B978-0-12-816687-1.00005-9

24. Barbara Wróblewska et al. Bioactive Dairy-Fermented Products and Phenolic Compounds: Together or Apart. doi: 10.3390/molecules28248081
25. Omer F Celik et al. Improving the antioxidant activity of yogurt through black and green tea supplementation. DOI:10.1111/ijfs.16722
26. Manoj Kumar et al. Plant-based proteins and their multifaceted industrial applications. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112620>
27. Tomas Lafarga, Maria Hayes. Bioactive protein hydrolysates in the functional food ingredient industry: Overcoming current challenges. DOI:10.1080/87559129.2016.1175013
28. Ana Curutchet et al. The future of hybrid foods: will consumers embrace dairy-plant blends? DOI:10.1111/ijfs.17473
29. L Varga I, J Süle, P Nagy Short communication: survival of the characteristic microbiota in probiotic fermented camel, cow, goat, and sheep milks during refrigerated storage. DOI: 10.3168/jds.2013-7339
30. Gultekin S B , et al. (2023). Microencapsulation Methods for Food Antioxidants. DOI:10.1007/978-3-030-78160-6_25
31. Thom Huppertz et al. Dairy Matrix Effects: Physicochemical Properties Underlying a Multifaceted Paradigm. <https://doi.org/10.3390/nu16070943>
32. Grand View Research. (2023). Functional Dairy Products Market Report.
33. ScienceDirect. (2022). Thermal Stability of Polyphenols and Vitamins in Fortified Dairy Systems. ScienceDirect Database.
34. Outi Mäkinen et al. Foods for Special Dietary Needs: Non-Dairy Plant Based Milk Substitutes and Fermented Dairy Type Products. DOI:10.1080/10408398.2012.761950
35. Guoyao Wu. Functional amino acids in nutrition and health. DOI:10.1007/s00726-013-1500-6
36. Aishwarya Korsapati et al. Neuroprotective phytochemicals in functional foods: Mechanistic insights, translational challenges, and nano-enabled delivery strategies. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105355>
37. Frontiers in Nutrition. (2023). Matcha Polyphenols and Milk Peptides: Synergistic Effects on Cognition.
38. Mohsen Mohammadi, Leila Nouri, Amir M Mortazavian. Development of a functional synbiotic beverage fortified with different cereal sprouts and prebiotics. doi: 10.1007/s13197-020-04887-4
39. Xiaojie Peng et al. Protective properties of milk-derived peptide QEPV in attenuating oxidative stress through AMPK/PPAR α signaling pathways. DOI:10.1016/j.jff.2024.106503
40. Faye, B., & Konuspayeva, G. (2021). Camel and Mare Milk Potential for Functional Food in Central Asia. *Journal of Dairy Research*, 88(S1), 102–111. DOI:10.1079/cabreviews.2024.0021
41. Kushagra Agrawal et al. Artificial intelligence in personalized nutrition and food manufacturing: a comprehensive review of methods, applications, and future directions. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1636980>

ЖАЛҒАНСҰЙЫЛУ ҚАБАТЫМЕН КЕПТІРГІШ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ

¹Н.О. ТУСИПОВ , ¹Г.Б. АБДИЛОВА * , ¹Б.Б. КАБУЛОВ ,
²А.Л. КАСЕНОВ , ³Г.Н. КОНАРБАЕВА 

¹ «Шәкәрім университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 071412, Семей қаласы, Глинка көшесі, 20а

² «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ,
Қазақстан Республикасы, 010011, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

³ «Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы,
070010, Өскемен қаласы, Серікбаев көшесі, 19)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: abdilova1979@bk.ru*

Тамақ өнімдерін кептіру процесі тамақ өнеркәсібіндегі энергияны көп қажет ететін және технологиялық тұрғыдан күрделі операциялардың бірі болып табылады, оған өнімнің сапасын сақтау және оның сақтау мерзімі тікелей байланысты. Дәстүрлі кептіру әдістері көбінесе қоректік заттардың жоғалуымен және органолептикалық қасиеттердің деградациясымен бірге жүреді, бұл тиімдірек технологиялық шешімдерді әзірлеуді қажет етеді. Қарқынды жылу және масса алмасуды қамтамасыз ететін, шикізаттың жылу зақымдануын азайтатын және жоғары сапалы өнім алуға ықпал ететін жалғансұйылу қабаты бар кептіргіштерді пайдалану перспективалы бағыт болып саналады. Жұмыста полидисперсті материалдарға арналған жалғансұйылу қабаты бар кептіргіштің инженерлік есептеу әдістемесі келтірілген. Әдістемеге кептіру агентінің қозғалу жылдамдығын анықтауға, қондырғының гидравликалық кедергісін есептеуге, сондай-ақ қопсытқыштардың жетек қуатын анықтауға арналған тәуелділіктер кіреді. Ұсынылған есептік тәсілдерді іске асыру айналмалы көлденең біліктердегі қопсытқыштары бар кептіргіштің құралмасын жасауға мүмкіндік береді. Бұндай жинастыру өнім кесектерінің пайда болуына жол бермейді, бөлшектердің біркелкі таралуына ықпал етеді және сонымен бірге айтарлықтай гидравликалық кедергі тудырмайды. Алынған нәтижелер әзірленген әдістеме мен құрылмалық шешімдерді қолдану процесінің экономикалық тиімділігін арттыруды, регидратацияланатын өнімдердің сапасын жақсартуды және тамақ өнеркәсібінде жалғансұйылу қабаты бар кептіргіштерді практикалық пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтуді қамтамасыз ететінін көрсетеді.

Негізгі сөздер: кептіру, кептіргіш, жалған сұйылу қабаты, инженерлік есеп.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

¹Н.О. ТУСИПОВ, ¹Г.Б. АБДИЛОВА, ¹Б.Б. КАБУЛОВ,
²А.Л. КАСЕНОВ, ³Г.Н. КОНАРБАЕВА

¹НАО «Шәкәрім университет», Республика Казахстан, 071412, город Семей, улица Глинки, 20а

²НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, 010011, город Астана, проспект Женис, 62»

³НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева»,
Республика Казахстан, 070010, город Усть-Каменогорск, улица Серикбаева, 19)

Электронная почта автора-корреспондента: abdilova1979@bk.ru*

Процесс сушки пищевых продуктов является одной из наиболее энергоёмких и технологически сложных операций в пищевой промышленности, от которой напрямую зависят сохранение качества продукции и её срок хранения. Традиционные методы сушки часто сопровождаются потерей питательных веществ и деградацией органолептических свойств, что требует разработки более эффективных технологических решений. Перспективным направлением считается использование сушилок с псевдоожиженным слоем, которые обеспечивают интенсивный тепло- и массообмен, снижают тепловые повреждения сырья и способствуют получению продукта высокого качества. В работе представлена методика инженерного

расчёта сушилки псевдооживленного слоя для полидисперсных материалов. В методику включены зависимости для определения скорости движения сушильного агента, расчёта гидравлического сопротивления установки, а также мощности привода ворошителей. Реализация предложенных расчётных подходов позволила разработать конструкцию сушилки с вращающимися горизонтальными валами с ворошителями. Такая компоновка предотвращает образование комков продукта, способствует равномерному распределению частиц и одновременно не создаёт значительного гидравлического сопротивления. Полученные результаты демонстрируют, что применение разработанной методики и конструктивных решений обеспечивает повышение экономической эффективности процесса, улучшение качества регидратируемых продуктов и расширение возможностей практического использования сушилок с псевдооживленным слоем в пищевой промышленности.

Ключевые слова: сушка, сушилка, псевдооживленный слой, инженерный расчет.

DEVELOPMENT OF AN ENGINEERING CALCULATION METHODOLOGY FOR A FLUIDIZED BED DRYING UNIT

¹N.O. TUSSIPOV, ¹G.B. ABDILOVA, ¹B.B. KABULOV,
²A.L. KASSENOV, G.N. KONARBAYEVA³

(¹NPJSC «Shakarim University», 071412, Semey city, Glinka Street, 20a

²NPJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», 010011, Astana city, Zhenis avenue, 62

³NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan technical university», 070004, Oskemen city, D. Serikbayev Street, 19)

Corresponding author's email: abdilova1979@bk.ru*

The food drying process is one of the most energy-intensive and technologically complex operations in the food industry, which directly affects the preservation of product quality and shelf life. Traditional drying methods are often accompanied by loss of nutrients and degradation of organoleptic properties, which requires the development of more efficient technological solutions. The use of fluidized bed dryers, which provide intensive heat and mass transfer, reduce thermal damage to raw materials and contribute to the production of high-quality products, is considered a promising area. The paper presents a technique for engineering calculation of a fluidized bed dryer for polydisperse materials. The methodology includes dependencies for determining the speed of movement of the drying agent, calculating the hydraulic resistance of the installation, as well as the drive power of the agitators. The implementation of the proposed computational approaches made it possible to develop a dryer design with rotating horizontal shafts with agitators. This arrangement prevents the formation of product lumps, promotes uniform particle distribution, and at the same time does not create significant hydraulic resistance. The results obtained demonstrate that the application of the developed methodology and design solutions ensures an increase in the economic efficiency of the process, an improvement in the quality of rehydrated products, and an expansion of the practical use of fluidized bed dryers in the food industry.

Keywords: drying, dryer, fluidized bed, engineering calculation.

Kіpicne

Тамақ өнімдерінде құнды қоректік заттар бар, бірақ оларды сақтауға шаралар қолданбаса олар бактериялармен, ашытқылармен, зеңмен тез бұзылуы мүмкін. Қоректік заттардың сақталуына ықпал ететін негізгі факторларға ылғалдың төмендігі, сүт қышқылы бактерияларын қосу арқылы қышқылдандыру және тұздау жатады. Тамақ өнімдерінің бұзылуын кептіру арқылы алдын алуға болады [1].

Бұрын кептіру күннің сәулелену энергиясын (атмосфералық кептіруді) қолдану арқылы жүзеге асырылса, қазір өнімдерді сусыздандыру үшін күрделі жабдықтардың көптеген түрлері мен әдістері қолданылады [2, 3,4].

Кептіру кезінде және кептіруден кейінгі кептірілген өнімдердің сапалық аспектісі өте күрделі құбылыс [5, 6]. Соңғы уақытта сусыздандыру кезінде болатын химиялық және биохимиялық өзгерістерді түсінуге және қажетсіз сапа шығындарының алдын алу әдістерін әзірлеуге айтарлықтай күш салынды [7, 8].

Құрамында ақуызы бар өнімдердің жабысқақтық қабілетінің жоғарылауы және жоғары термиялық сезімталдығы материалды шекті рұқсат етілген температурадан жоғары температураға дейін қыздыруға жол бермейді және біркелкі қыздыру мен кептіруді қамтамасыз ететін процестер мен қондырғыларды қолдану қажеттілігін тудырады

[9, 10]. Құрамында ақуызы бар өнімдерді кептіру кезінде ақуыздардың термолабильдігіне байланысты бірқатар қиындықтар туындайды, бұл термиялық ПӘК-ті айтарлықтай арттыруға мүмкіндік бермейді.

Осыны ескере отырып, өнімнің термиялық деградациясын және кептіргіштегі өнімнің жабысқақтығы сияқты қыздырумен байланысты басқа мәселелерді барынша азайту үшін қалыпты температура диапазоны ұсынылады. Сонымен қатар кептіру процесінің тиімділігін арттыру үшін оны механикалық қопсытумен бірге жалған сұйылу қабатта жүргізген жөн [11, 12].

Жалғансұйылу қабатта кептіру процесін эксперименттік зерттеу арқылы полидисперсті тамақ материалдарына арналған кептіргіштің құрылысын жетілдіру мақсатында келесі міндеттер шешілді: полидисперсті тамақ материалдары үшін жалғансұйылу қабат жасаумен жұмыс істейтін қолданыстағы кептіргіштердің конструкцияларын зерттеу; қолданыстағы кептіргіштердің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау; кептіру қондырғы-ларының құрылыс пен жұмысын талдауына сүйене отырып, полидисперсті материалдарға арналған кептіргіштің құрылысын жасау; шикізатты қарқынды араластыру кезінде кептіру процестерінің тиімді гидродинамикалық шарттарын анықтау; жалғансұйылу қабатта кептірілген материалға кептіру процесінің әсерін зерттеу.

Зерттеу барысында жаңа ғылыми нәтижелер алынды, атап айтқанда: жалғансұйылу қабаттағы полидисперсті материалдарға арналған кептіргіш әзірленді және жасалды; тиімді гидродинамикалық жағдайдың шарттары эксперименталды түрде анықталды; шикізат пен кептірілген өнімге зертханалық зерттеулер жүргізілді, сүзбенің физика-химиялық құрамы, витаминдік құрамы, микроқұрылымы анықталды; жалғансұйылу қабаттың гидродинамикасын зерттеу негізінде айналмалы қопсытқыштары бар полидисперсті материалдарға арналған кептіргішті есептеу әдістемесі жасалды; кептірілетін материалдың қабатын араластыру үшін қажетті қуат анықталды.

Зерттеу әдістері мен материалдар

Жұмыстың мақсаты – полидисперсті материалдарды кептіру үшін жалған сұйылу қабатындағы эксперименталды қондырғының инженерлік есептеудің әдістемесі кептіргіш агенттің жылдамдығы мен мөлшерін, кептіргіш

қондырғының гидравликалық кедергісін, қопсытқыштар жетегінің қуатын анықтау мақсатында әзірленді [13].

Кептірілген материалдың G_2 , кг/с және буланған ылғалдың мөлшерлері W , кг/с төмендегі формулалар бойынша есептеледі:

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{100-w_1}{100-w_2} \quad (1)$$

$$W = G_1 - G_2 \quad (2)$$

мұнда: G_1 – бастапқы ылғалды материалдың мөлшері, кг/с; w_1 – материалдың бастапқы ылғалдығы, %; w_2 – материалдың соңғы ылғалдылығы, %.

Жылу шығыны Q , Вт келесідей анықталады:

$$Q = 1,15 \cdot [W \cdot (r + c_{6y} \cdot (t_2 - t_1)) + G_2 \cdot c_m \cdot (t_2 - t_1)] \quad (3)$$

мұнда: 1,15 – материалды қыздыруға және ылғалды буландыруға жұмсалған жылу шығынын ескеретін коэффициент; r – булану жылуы, кДж/кг; c_{6y} – будың жылу сыйымдылығы, кДж/кг·К; c_m – материалдың жылу сыйымдылығы, кДж/кг·К; t_1 , t_2 – кептірілетін материалдың бастапқы және соңғы температурасы, °С.

Жылудың меншікті шығыны q , кДж/кг:

$$q = \frac{Q}{W} \quad (4)$$

Ылғалдың материалдық баланс тендеуінен:

$$L \cdot x_0 + W = L \cdot x_2 \quad (5)$$

мұнда: L – кептіру агентінің шығыны, кг/с; x_0 – калориферге дейін кептіру агенттің ылғал мөлшері, кг/кг; x_2 – кептіргіштің шыға берісінде кептіру агентінің ылғал мөлшері, кг/кг.

Кептіру агентінің L , кг/с шығыны:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (6)$$

Кептіру агентінің меншікті шығыны l , кг/кг:

$$l = \frac{L}{W} \quad (7)$$

Кептіру камерасының ішіндегі кептіру агентінің жылдамдығы келесідей есептеледі. Кептірілетін материалдың орташа өлшемді

бөлшектері үшін $Lu = f(Ar)$ графигін пайдалана отырып, оны ауаның сыртқа шығару температурасына $t_2 = 65^\circ\text{C}$ тең деп жалған сұйылудың сыни жылдамдығын алдын ала есептейміз.

Архимед критерийін есептейміз:

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho_m \cdot g}{v^2 \cdot \rho_a} \quad (8)$$

мұнда: d – кептірілетін материалдың орташа өлшемі, м; ρ_m – материалдың тығыздығы, кг/м^3 ; g – еркін түсу үдеуі, м/с^2 ; v – ауа (кептіру агенті) тұтқырлығының коэффициенті, $\text{м}^2/\text{с}$; ρ_a – ауа (кептіру агенті) тығыздығы, кг/м^3 .

Жалған сұйылудың сыни жылдамдығы $w_{кр}$, м/с :

$$w_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Lu_{кр} \cdot v \cdot g \cdot \rho_m}{\rho_a}} \quad (9)$$

мұнда: $Lu_{кр}$ – жалған сұйылудың сыни жылдамдығы кезіндегі Лященко критерийі.

Жалған сұйылу коэффициенті келесідей есептеледі:

$$K_w = \sqrt[3]{\frac{Lu}{Lu_{кр}}} \quad (10)$$

мұнда: Lu – Лященко критерийі.

Кептіру камерасындағы ауаның жылдамдығы w , м/с :

$$w = K_w \cdot w_{кр} \quad (11)$$

Кептіру қондырғысының сепарациялық кеңістігі келесідей есептеледі.

Ауаның ағыс әрекеті аймағының биіктігі h_a , м (гидродинамикалық тұрақтандыру аймағы):

$$h_a = 20 \cdot d_{жал} \quad (12)$$

мұндағы: $d_{жал}$ – кептіру агентінің өтуіне арналған жалюзидегі арнаның биіктігі, м.

«Қайнау қабатының» биіктігі h , м:

$$h = (2 \div 4) \cdot h_a \quad (13)$$

Кептіру қондырғысының жалпы биіктігі:

$$H = h + h_{сеп} \quad (14)$$

мұнда: $h_{сеп}$ – сепарациялық кеңістік биіктігі, м. $h_{сеп} = (3 \div 5) \cdot h$ деп қабылданады.

Жалған сұйылу қабатымен кептіру қондырғысының гидравликалық кедергісі $\Delta P_{к.қ}$, Па:

$$\Delta P_{к.қ} = \Delta P_{қаб} + \Delta P_{жал} \quad (15)$$

мұнда: $\Delta P_{қаб}$ – кептірілетін материалдың «қайнау» қабатының кедергісі, Па; $\Delta P_{жал}$ – жалюзидің кедергісі, Па, оны кептірілетін материалдың «қайнау» қабатының кедергісінің 1% тең деп қабылдаймыз:

$$\Delta P_{сл} = \rho_m \cdot (1 - \varepsilon) \cdot g \cdot h \quad (16)$$

мұнда: ε – «қайнау қабатының» кеуектілігі.

Калориферге кіретін кептіру агентінің көлемдік шығыны, V_0 , $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V_0 = \frac{L}{\rho_0} \quad (17)$$

мұнда: L – кептіру агентінің (ауаның) шығыны, кг/с ; ρ_0 – калорифердің кіреберісіндегі ауаның тығыздығы, кг/м^3 .

Калориферден шығатын ауаның көлемдік шығыны, V_1 , $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V_1 = \frac{L}{\rho_1} \quad (18)$$

мұнда: ρ_1 – калорифердің шығаберісіндегі ауаның тығыздығы, кг/м^3 .

Кептіру камерасынан шығатын ауаның көлемдік шығыны, V_2 , $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V_2 = \frac{L}{\rho_2} \quad (19)$$

мұнда: ρ_2 – кептіру камерасынан шығаберісіндегі пайдаланған ауаның тығыздығы, кг/м^3 .

Кептіру қондырғысы үшін калорифердің есептелуі. Кептіру агентің 70°C қыздыру үшін ТЭН-дары бар калорифер қолданылады. Кептіру қондырғы калорифердің ТЭН-дарының қуаты Q , кВт келесі формула бойынша есептеледі:

$$Q = L \cdot c \cdot (t_1 - t_0) \quad (20)$$

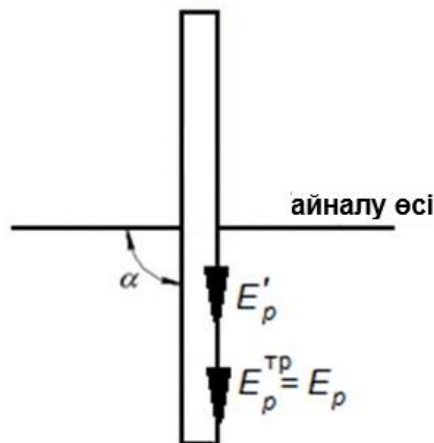
мұнда: c – ауаның меншікті жылусыйымдылығы, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; t_0 – калориферге дейінгі ауа температурасы, $^\circ\text{C}$; t_1 – калориферден кейінгі ауа температурасы, $^\circ\text{C}$.

Қопсытқыштар жетегінің қуатын есептейміз. Жалған сұйылу қабатының гидравликалық кедергісін айтарлықтай

арттырмау үшін саптамалардың шеңберлік жылдамдығын U кептіру камерасындағы жалған сұйылу жылдамдығына w теңестіріп табамыз.

Араластырылатын өнімдегі радиалды саптаманың қозғалысы кезінде ол ауырлық

күшімен өнімнің ішкі үйкелісінен де, өнімнің саптамаға үйкелісінен де туындаған қарсылықты жеңуі керек. Радиалды қарсылық күшін 1-суретте көрсетілген тәсілмен анықтауға болады.



Сурет 1. Радиалды саптамаға әсер ететін қарсылық күштерін анықтауға арналған есептеу тәсілі: α – саптаманың көлбеу бұрышы, град; E'_p – саптамаға әсер ететін өнімнің қарсылық күші, Н; E_p^{TP} – саптамаға өнімнің үйкеліс күші, Н; E_p – саптамаға өнімнің тең әсерлі қарсылық күші, Н.

$$\begin{aligned} \bar{E}_p &= \bar{E}'_p + \bar{E}_p^{TP} \\ E'_p &= E \cdot \cos \alpha = 0 \\ E_p^{TP} &= E_{TP} \cdot \sin \alpha = E \cdot \mu \cdot \sin \alpha = E \cdot \mu \\ E_p &= E \cdot \mu = \mu \cdot \gamma \cdot h_{cp} \cdot f \cdot tg^2(45^\circ + \beta/2) \end{aligned} \quad (21)$$

мұнда: E – қарсылық күштерінің тең әсерлі күші, Н; α – саптаманың көлбеу бұрышы, град.; μ – өнімнің саптамаға үйкеліс коэффициенті; γ – өнімнің ауырлық күші, Н; β – өнімнің ішкі үйкеліс бұрышы, град.; h_{cp} – саптаманың өнімге батырылуының орташа тереңдігі, м; f – өнімге батырылған саптаманың ауданы, м².

Саптамаға өнімнің тең әсерлі қарсылық күшін (21) формула бойынша анықтаймыз және шеңберлік жылдамдықтың U орнына кептіру камерасындағы жалған сұйылу жылдамдығын w қойып қажетті қуатты анықтаймыз.

Көлденең біліктерді айналдыру үшін қажетті жетек қуаты үздіксіз араластырғыштың типтік есебіне сәйкес есептеледі. Саптамалары бар біліктерді айналдыру үшін қажетті қуат:

$$N_b = \sum_1^z \frac{E_p \cdot w}{1000} \quad (22)$$

мұнда: E_p – өнімге батырылған саптамаға әсер ететін өнімнің тең әсерлі қарсылық күші, Н; w – саптаманың шеңберлік жылдамдығына тең келетін жалған сұйылу жылдамдығы, м/с; z –

өнімге бір мезгілде батырылған саптамалардың саны, дана.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Кептіру қондырғысының инженерлік есептеудің әзірленген әдістемесі бойынша есептеу келесі жағдайларда жүргізілді: бастапқы өнім бойынша өнімділік $G_1 = 10$ кг/ч; өнімнің бастапқы ылғалдылығы $w_1 = 70\%$; өнімнің соңғы ылғалдылығы $w_2 = 5\%$; өнімнің бастапқы температурасы $t_1 = 20^\circ\text{C}$; өнімнің соңғы температурасы $t_2 = 60^\circ\text{C}$; ауа температурасы: калориферге кірер алдында $t_0 = 20^\circ\text{C}$; калориферден кейін $t_1 = 70^\circ\text{C}$; кептіру қондырғысынан шыққан кезде $t_2 = 65^\circ\text{C}$; ауаның салыстырмалы ылғалдылығы $\varphi_0 = 70\%$; өнімнің жылу сыйымдылығы $C_m = 3,266 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$; тығыздығы $\rho_m = 1060$ кг/м³.

Кептірілген материалдың мөлшері:

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{100 - w_1}{100 - w_2} = 10 \cdot \frac{100 - 70}{100 - 5} = 3,15 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}$$

Буланған ылғал мөлшері :

$$W = G_1 - G_2 = 10 - 3,15 = 6,85 \frac{\text{кг}}{\text{сағ}}$$

Жылу шығыны:

$$Q = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{пот}}$$

$$= 1,15 \cdot [W \cdot (r + c_{\text{п}} \cdot (t_2 - t_1)) + G_2 \cdot c_{\text{м}} \cdot (t_2 - t_1)]$$

$$Q = 1,15 \cdot [6,85 \cdot (2448,2 + 1,923 \cdot (60 - 20)) + 3,15 \cdot 3,903 \cdot (60 - 20)]$$

$$= 20457,18 \text{ кДж/сағ}$$

мұндағы: r – будың пайда болу жылуы
 $t_1 = 20^\circ\text{C}$, ($r = 2448,2 \text{ кДж/кг}$)
 $c_{\text{п}}$ – будың жылусыйымдылығы, $\text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$,
 $(c_{\text{п}} = 1,923 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)})$

$Q_{\text{пот}}$ – материалды жылытуға және ылғалдың булануына жылу шығыны 15% тең деп қабылдаймыз.

Меншікті жылу шығыны:

$$q = \frac{Q}{W} = \frac{20457,18}{6,85} = 2986,45 \frac{\text{кДж}}{\text{кг ылғал}}$$

Ауа шығыны:

$$L = \frac{Q}{c_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{20457,18}{1,008 \cdot (70 - 65)} = 4058,96 \text{ кг/сағ}$$

Басқа көрсеткіштердің есептеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

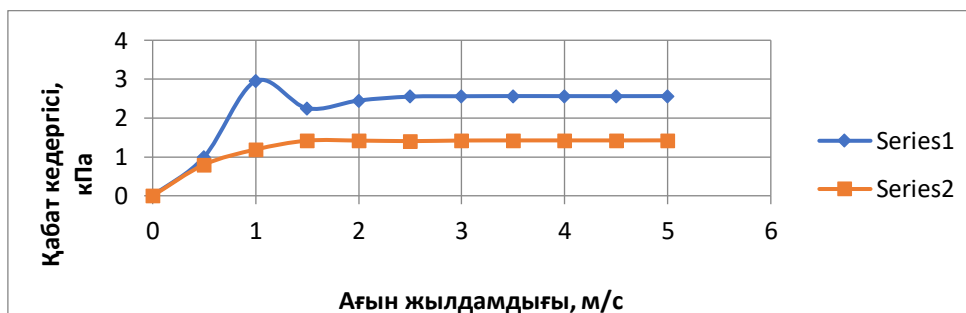
Кесте 1. Жалғансұйылу қабаты бар кептіру қондырғысының есептеу нәтижелері

Көрсеткіштер және оның өлшемі	Мәні
Ауаның меншікті шығыны l , кг/кг	592,55
Архимед саны Ar	1660613,5
Жалған сұйылудың сыни жылдамдығы $w_{\text{кр}}$, м/с	0,83
Жалған сұйылу коэффициенті K_w	2,74
Кептіру камерасының ішіндегі ауа жылдамдығы w , м/с	2,27
Кептіру камерасына кіре берістегі ауа жылдамдығы (80% жалюзидің есептік кимасы кезінде) $w_{\text{жал}}$, м/с	2,875
«Қайнау қабатының» биіктігі h , м	0,24
Сепарациялық кеңістігінің биіктігі $h_{\text{сеп}}$, м	0,96
Кептіру қондырғысының жалпы биіктігі H , м	1,2
Жалған сұйылу қабаты бар кептіру қондырғысының гидравликалық кедергісі $\Delta P_{\text{сұш}}$, Па	1498,1
ТЭН-дардың қуаты N , кВт	56,8
Біліктерді айналдыруға арналған жетек қуаты $N_{\text{в}}$, кВт	0,3

Мақала авторларымен жүргізген есептеулер негізінде эксперименттік қондырғы әзірленді, оның құрылма ерекшеліктері камера-ның төменгі жағына орнатылған жетекке жалғанған саптамалары бар өзара параллель көлденең біліктер және кептіру камерасына кептіру агентті енгізу үшін

тангенциалды келте құбырлар болып табылады [14-16].

Жалғансұйылу қабатының гидродинамикасы газдың жылдамдығы мен материал қабатының кедергісі арасындағы байланысты білдіретін жалғансұйылу қисығымен айқын сипатталады.



Сурет 2. Кептіру агентінің ағынының жылдамдығына байланысты кептірілетін материал қабатының кедергісі: 1 – газ тарату торы бар қондырғы; 2 – айналмалы саптамалары бар эксперименттік қондырғы.

2-суретте жалғансұйылу қабат күйінің классикалық қисығынан қабат үрленген кезде оның кедергісі ауа жылдамдығына пропорционалды түрде n дәрежесіне (ОА учаскесі) өсетінің көруге болады. АВ учаскесінде (қисық 1) қабат қопсытыла бастайды. $w_{кр}$ жылдамдығымен қабаттың кедергісі максималды мәнге жетеді, жылдамдықтың одан әрі шамалы жоғарлауымен, әдетте, ауаның бір бөлігі өтетін арналардың пайда болуынан туындаған қарсылықтың төмендеуі байқалады. Қаналдардың пайда болуы қабаттың кедергісі төмендеген кезде ауа жылдамдығының біршама жоғарлауына әкеледі [17].

Эксперименттік қондырғыдағы жалған сұйылу қабаттың күйін зерттеу кезінде алынған 2-қисықта газ тарату торының болмауына және саптамалардың көмегімен материал қабатын қопсытылуына байланысты қабаттың кедергісі 1,5-2 есе төмен болады.

Қорытынды

Орындалған есептеу мақала авторларына жалған сұйылу қабаты бар эксперименттік кептіру қондырғысының оңтайлы құрылмасын жасау үшін құрылма параметрлерін алуға мүмкіндік берді.

Қондырғының бұл құрылмасы кептіру процесін қарқындалтуға, қабаттың кеуектілігін реттеуге, тұрақты жалған сұйылту режимін құруға мүмкіндік береді, тоқырау аймақтары мен каналдардың пайда болуы мен кептірілген материал бөлшектерінің агломерациясын болдырмайды.

Корпуста орнатылған айналмалы көлденең біліктерге бекітілген камераның ішкі бетімен өзара әрекеттесу мүмкіндігі бар саптамаларды қолдану камераның қабырға-ларын материалдан үздіксіз тазартуға, өнімді ыдыратуға мүмкіндік береді, осылайша кептірілген материалдың түйіршіктелуіне және камерада тоқырау аймақтарының пайда болуына жол бермейді.

Зерттеулердің алдын-ала нәтижелері көрсеткендей, кептіру қондырғысының мұндай құрылмасы кептірілген материал қабатының кедергісінің төмендеуіне байланысты энергия шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Процестің жоғары қарқындылығы, демек, оның өңдеу ұзақтығының қысқаруы, әрбір жеке бөлшекті біркелкі термиялық өңдеу - мұның бәрі жоғары сапалы кептірілген өнімді алудың алғышарттарын құрайды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Hui, Y. H., Lisbeth Meunier-Goddik, and Jytte Josephsen. Handbook of Food and Beverage

Fermentation Technology. Technology & Engineering. 2004. p. 236.

2. Chen, Xiao Dong, and Arun S. Mujumdar, eds. Drying Technologies in Food Processing. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2008. pp. 113–265.

3. Zhonghua, W., and A. S. Mujumdar. "Simulation of the Hydrodynamics and Drying in a Spouted Bed Dryer." Drying Technology 25, no. 1 (2007): 59–74.

4. Jangam, Sachin V., Chung Lim Law, and Arun S. Mujumdar, eds. Drying of Foods, Vegetables and Fruits. Volume 1. 2010. p. 232.

5. Haron, Nazrul Syaif, et al. "Untitled." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 226 (2017): 012053. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/226/1/012053>.

6. Haron, N. S., et al. "Recent Advances in Fluidized Bed Drying." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 243 (2017): 012038.

7. Torki-Harchegani, M., et al. "Dehydration Behaviour, Mathematical Modelling, Energy Efficiency and Essential Oil Yield of Peppermint Leaves Undergoing Microwave and Hot Air Treatments." Renewable and Sustainable Energy Reviews 58 (May 2016): 407–418.

8. Broiner, H., and D. Mtwes. Slolfastaus Cheinschließung Chshemischer Reaktionen. Aarau: Frankfurt, 2011.

9. Валентас, К.Дж., Ротштейн, Э., Сингх, Р.П. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / (ред.) / пер. с англ. Под общ. науч. ред. А. Л. Ишевского. – СПб: Профессия, 2004. – С. 160-161.

10. Гальперин Н. И. Псевдооживление. – М.: Знание, 1968. – 63 с.

11. Гинзбург А.С., Резников В.Л. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. – М.: Пищевая промышленность. 1966. – 188 с.

12. Плаксин, Ю.М., Малахов, Н.Н., Ларин, В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 2007. – С. 525-530.

13. Тепляшин В.Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья [электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Н. Тепляшин, Л.И. Ченцова, В.Н. Невзоров; Краснояр. Гос. Аграр. Ун-т. – Красноярск, 2019. – 173 с.

14. Тусипов, Н.О., Акимов, М.М., Еренгалиев, А.Е., Давыдова, С.Г. Сушилки с псевдооживленным слоем: аналитический обзор. – Усть-Каменогорск, 2014. – 60 с.

15. Тусипов, Н.О., Акимов, М.М., Еренгалиев, А.Е., Давыдова, С.Г. Установка для сушки полидисперсных материалов. Инновационный патент РК № 29537 от 16.02.2015, бюл. №2. – 3с.

16. Тусипов, Н.О., Акимов, М.М., Лобасенко, Б.А., Алиева, М.А. Установка для сушки полидисперсных материалов. Патент РК на полезную модель № 4989 от 29.05.2020, бюл. № 21. – 4 с.

17. Тодес О.М. Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем (гидравлические и тепловые основы работы). – Л.: Химия. 1981. – 296 с.

REFERENCES

1. Hui, Y. H., Lisbeth Meunier-Goddik, and Jytte Josephsen. Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology. Technology & Engineering. 2004. p. 236.
2. Chen, Xiao Dong, and Arun S. Mujumdar, eds. Drying Technologies in Food Processing. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2008. pp. 113–265.
3. Zhonghua, W., and A. S. Mujumdar. "Simulation of the Hydrodynamics and Drying in a Spouted Bed Dryer." Drying Technology 25, no. 1 (2007): 59–74.
4. Jangam, Sachin V., Chung Lim Law, and Arun S. Mujumdar, eds. Drying of Foods, Vegetables and Fruits. Volume 1. 2010. p. 232.
5. Haron, Nazrul Syaif, et al. "Untitled." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 226 (2017): 012053. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/226/1/012053>.
6. Haron, N. S., et al. "Recent Advances in Fluidized Bed Drying." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 243 (2017): 012038.
7. Torki-Harchegani, M., et al. "Dehydration Behaviour, Mathematical Modelling, Energy Efficiency and Essential Oil Yield of Peppermint Leaves Undergoing Microwave and Hot Air Treatments." Renewable and Sustainable Energy Reviews 58 (May 2016): 407–418.
8. Broiner, H., and D. Mtwes. Slolfaustaus Cheinschlieffill Chshemischer Reaktionen. Aarau: Frankfurt, 2011.
9. Valentas, K.Dzh., Rotshtejn, E., Singh, R.P. Pishchevaya inzheneriya: spravochnik s primerami raschetov [Food Engineering: A Guide to Sample Calculations] / (red.) / per. s angl. pod obshch. nauch. red. A. L. Ishevskogo.– SPb: Professiya, 2004.– S. 160-161. (In Russian)
10. Gal'perin N. I. Psevdozhizhenie [Pseudoliquefaction]. - M.: Znanie, 1968.– 63 s. (In Russian)
11. Ginzburg A.S., Reznikov V.L. Sushka pishchevkh produktov v kipiyashchem sloe [Fluidized Bed Food Drying]. – M.: Pishchevaya promyshlennost'. 1966.– 188 s. (In Russian)
12. Plaksin, Yu.M., Malahov, N.N., Larin, V.A. Processy i apparaty pishchevkh proizvodstv [Food production processes and apparatus]. – M.: Kolos, 2007.– S. 525-530. (In Russian)
13. Teplyashin V.N. Tekhnologii i oborudovanie dlya sushki rastitel'nogo syr'ya [Elektronnyj resurs]: ucheb. posobie [Technologies and equipment for drying plant raw materials [electronic resource]: tutorial] / V.N. Teplyashin, L.I. Chencova, V.N. Nevzorov; Krasnoyar. Gos. Agrar. Un-t.– Krasnoyarsk, 2019.– 173 s. (In Russian)
14. Tusipov, N.O., Akimov, M.M., Erengaliev, A.E., Davydova, S.G. Sushilki s psevdoozhizhennym sloem: analiticheskij obzor [Fluid Bed Dryers: An Analytical Review]. Ust'-Kamenogorsk, 2014.– 60 s. (In Russian)
15. Tusipov, N.O., Akimov, M.M., Erengaliev, A.E., Davydova, S.G. Ustanovka dlya sushki polidispersnykh materialov [Polydisperse drying unit]. Innovacionnyj patent RK № 29537 ot 16.02.2015, byul. № 2.– 3 s. (In Russian)
16. Tusipov, N.O., Akimov, M.M., Lobasenko, B.A., Alieva, M.A. Ustanovka dlya sushki polidispersnykh materialov [Polydisperse drying unit]. Patent RK na poleznuyu model' № 4989 ot 29.05.2020, byul. № 21.– 4 s. (In Russian)
17. Todes O.M. Citovich O.B. Apparaty s kipiyashchim zernistym sloem (gidravlicheskie i teplovye osnovy raboty) [Fluidized bed vessels (hydraulic and thermal foundations)]. – L.: Himiya. 1981.– 296 s. (In Russian)

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІН КАПСУЛАЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖЕТІЛДІРІЛГЕН ҚОНДЫРҒЫ

М.М. ТАШЫБАЕВА* , А.К. КАКИМОВ , Г.А. ЖУМАДИЛОВА ,
А.Б. БАКИЕВА , А.М. МУРАТБАЕВ 

(«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы,
071412, Семей қ., Глинки көш., 20А)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: marzhan06081990@gmail.com*

Капсулалар шашырату әдіспен жетілдірілген қондырғыда алынды. Ортадан тепкіш форсунка жұмыс істеу принципі оған берілген сұйықтықтың айналуына негізделген. Ағын форсункадағы сұйықтық, сұйық бөлшектердің форсункаға қатысты импульс моментінің әрекетіне байланысты, ол сұйықтық айналу кезінде пайда болады. Капсулалау материал ретінде натрий альгинаты таңдалды. Альгинат тамақ өнеркәсібі, құрғақ сусын концентраттарын алу үшін немесе фармацевтика өнеркәсібінде энтеросорбенттердің сұйық түрлерін тез дайындау үшін немесе өндірілетін әртүрлі салаларда және медицинада қолданылады. Еритін альгинаттардың тән ерекшелігі - олардың тұтқыр ерітінділер түзу қабілеті, сондықтан олар әртүрлі салаларда тиімді қоюландырғыш ретінде кеңінен қолданылады. Альгинаттар диеталық тағамдардың бөлігі ретінде диеталық талшықтың көзі ретінде де қолданылады. Тәжірибе жасау кезінде ортадан тепкіш форсунка $d = 1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$ таңдалды. Капсулалау материалын негіздеу үшін 0,5%, 0,8%, 1% концентрациядағы натрий альгинаты ерітіндісі алынды. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі кезінде, $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада тұтқырлық мөлшері ротордың айналу жиілігі үшін шамалы өзгереді, ерітіндіні пайдаланудың ең қолайлы температурасы $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ алынды. Тісті сорғының $39,3 \text{ с}^{-1}$, $47,6 \text{ с}^{-1}$ жоғары айналу жиілігінде гель түзетін қоспаның тұтқырлығы төмендейді, форсунка диаметрі $1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$ өткізу қабілеті өнімділігі артады. Ал капсулалауға арналған материал ретінде 1% натрий альгинаты концентрациясы қабылданды, алынған капсула орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3} \text{ м}$ болды.

Негізгі сөздер: капсула, тісті сорғы, қондырғы, ортадан тепкіш форсунка, тұтқырлық, натрий альгинат.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

М.М. ТАШЫБАЕВА*, А.К. КАКИМОВ, Г.А. ЖУМАДИЛОВА,
А.Б. БАКИЕВА, А.М. МУРАТБАЕВ

(НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан, 071412,
г. Семей, ул. Глинки, 20А)

Электронная почта автора-корреспондента: marzhan06081990@gmail.com*

Капсулы получали в усовершенствованном устройстве методом распыления. Принцип работы центробежной форсунки основан на вращении подаваемой в нее жидкости. Течение жидкости в сопле зависит от действия момента импульса частиц жидкости относительно сопла, который возникает при вращении жидкости. В качестве инкапсулирующего материала был выбран альгинат натрия. Альгинат применяется в пищевой промышленности, для получения концентратов сухих напитков, или в фармацевтической промышленности для быстрого приготовления жидких видов энтеросорбентов, или в различных отраслях промышленности и медицины. Характерной особенностью растворимых альгинатов является их способность образовывать вязкие растворы, поэтому они широко используются в качестве эффективных загустителей в различных отраслях промышленности. Альгинаты также используются в качестве источника пищевых волокон в составе диетических продуктов. При проведении эксперимента была выбрана центробежная форсунка $d = 1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$. Для обоснования капсульного материала получен раствор альгината натрия в концентрациях 0,5%, 0,8%, 1%. При зависимости вязкости гелеобразующей смеси от концентрации раствора альгината натрия при различных температурах величина вязкости при температуре $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ незначительно изменяется для частоты вращения ротора, наиболее

благоприятная температура использования раствора 40 С°. При высокой частоте вращения шестеренчатого насоса 39,3 с⁻¹, 47,6 с⁻¹ снижается вязкость гелеобразующей смеси, увеличивается пропускная способность форсунки диаметром 1,2×10⁻³м. А в качестве материала для капсулирования была принята концентрация 1% альгината натрия, полученная капсула имела средний диаметр 1,4×10⁻³м.

Ключевые слова: капсула, шестеренчатый насос, установка, центробежная форсунка, вязкость, альгинат натрия.

IMPROVED FOOD ENCAPSULATION UNIT

M.M. TASHYBAYEVA*, A.K. KAKIMOV, G.A.ZHUMADILOVA,
A.B. BAKIYEVA, A.M. MURATBAYEV

(NJSC Shakarim University of Semey, Kazakhstan, 071412, Semey, Glinka st., 20A)

Corresponding author's e-mail: marzhan06081990@gmail.com*

Capsules were obtained in an improved device by spraying. The principle of operation of a centrifugal nozzle is based on the rotation of the liquid supplied to it. The flow of liquid in the nozzle depends on the action of the angular momentum of the liquid particles relative to the nozzle, which occurs when the liquid rotates. Sodium alginate was chosen as the encapsulating material. Alginate is used in the food industry, to produce concentrates of dry beverages, or in the pharmaceutical industry for the rapid preparation of liquid types of enterosorbents, or in various industries and medicine. A characteristic feature of soluble alginates is their ability to form viscous solutions, which is why they are widely used as effective thickeners in various industries. Alginates are also used as a source of dietary fiber in dietary products. During the experiment, a centrifugal nozzle $d = 1.2 \times 10^{-3} \text{m}$ was selected. To substantiate the capsule material, a solution of sodium alginate in concentrations of 0,5%, 0,8%, and 1% was obtained. When the viscosity of the gelling mixture depends on the concentration of the sodium alginate solution at different temperatures, the viscosity at a temperature of 40 °C varies slightly for the rotor speed, the most favorable temperature for using the solution is 40 °C. At a high speed of rotation of the gear pump 39,3 s⁻¹, 47,6 s⁻¹, the viscosity of the gel-forming mixture decreases, and the throughput of the nozzle with a diameter of $1,2 \times 10^{-3} \text{m}$ increases. And a concentration of 1% sodium alginate was used as the material for encapsulation, the resulting capsule had an average diameter of $1,4 \times 10^{-3} \text{m}$.

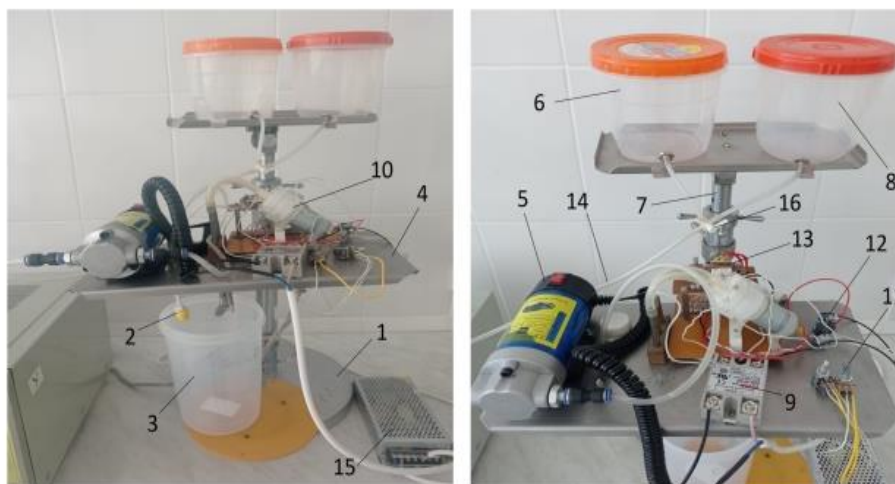
Keywords: capsule, gear pump, installation, centrifugal nozzle, viscosity, sodium alginate.

Kіpіcne

«Қазақстан Республикасының Президенті Қасым – Жомарт Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Қазақстан халқына жолдауында: «Ауыл шаруашылығын жаңа деңгейге көтеру қажет. Өнімдер әлемнің көптеген еліне тасымалданады. Мұндай жобалардың ауқымын кеңейту қажет. Әр аймақта дайын өнімді өндірістен дүкен сөресіне дейін жеткізетін әрбір өңірдің ерекшелігіне қарай біртұтас желі қалыптасуы керек. Көптеген аймақта өндірістің барлық сатысын қамтитын үздік агрокәсіпорындар бар. Бұл кәсіпорындар цифрландыру тәсілдерін жаппай енгізу арқылы өндірістің тиімділігін әлдеқайда арттырып жатыр. Үздік агрокәсіп-орындар ауыл шаруашылығы өнімін шығару-дан бастап оны терең өңдеуге дейін тұтас өндірісті толығымен жолға қойып, зор

табысқа жетіп отыр. Сондықтан осындай агрохолдинг-тердің тәжірибесін тарату үшін барынша жағдай жасаған жөн» деп айтылды [1].

Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы. Жұмыс блогына 1 штатив кіреді, оған екі консоль қозғалып тұрады. Төменгі консольға салқындату ерітіндісі мұзды суға арналған 3 контейнер орналастырылған. Екінші консольде 4 жетек панелі қойылған. Капсулалау ерітіндісі бар контейнерлерге арналған панельде жұмыс қоспасына арналған контейнер 6 және сұйықтықты шаюға арналған контейнер 8 бар. Панель реттелетін гайкамен 7 биіктікке реттеліп отырады. Атқарушы құрылғылар панелінде орналасқан: айналым сорғысы 10, тісті сорғы 5. Капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы 1-ші суретте көрсетілгендей [2].



Сурет 1. Капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы

1– штатив; 2 – ортадан тепкіш форсунка; 3 – контейнер (ерітіндіге арналған); 4 – қозғағыш панель; 5 – тісті сорғы; 6 – қоспаға арналған контейнер; 7 – реттегіш гайка; 8 – контейнер (шаяуға арналған); 9 – бір фазалы қатты күйдегі реле; 10 – айналым сорғысы; 11 – айнымалы сым резисторлары; 12 – тұрақты кернеуді төмендететін тұрақтандырғыш; 13 – термостат, 14 – құбырлар, 15 – қуат көзі.

Ортадан тепкіш форсункалар тангенциалды кірістері немесе айдалатын сұйықтыққа айналым қозғалыс беретін шнегі (немесе ұқсас элементі) болады. Форсунка арнасында сұйық жұқа қабықша түрінде өз қабырғасы бойымен қозғалады, ал ортасы ауа күйінды деп аталатын күйіндымен толтырылады. Форсункадан ағып жатқанда пленка ыдырап, қуыс конус түріндегі алауды құрайды [3].

Альгинат – қоңыр балдырлардан алынған табиғи жоғары молекулалы полисахаридтер. Химиялық құрылымы бойынша альгинаттар альгин қышқылының тұзы болып табылады, ол өз кезегінде D маннурон және L гулулон қышқылдарынан тұрады. Еритін альгинат-тардың тән ерекшелігі – олардың тұтқыр ерітінділер түзу қабілеті, сондықтан олар әртүрлі салаларда тиімді қоюландырғыш ретінде кеңінен қолданылады [4].

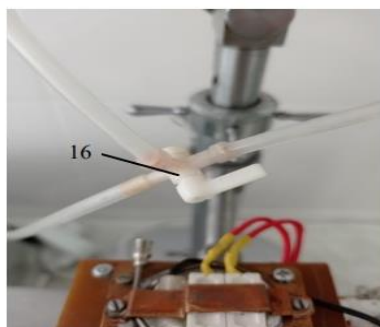
Тірі микроорганизмдер пробиотиктерді тұтынған кезде адам ағзасы жақсы жұмыс істей бастайды [5]. Капсулалау пробиотиктердің өміршеңдігін сақтайды, бұл асқазан-ішек жолдарының оңтайлы жұмысының маңызды аспектісі [6]. Капсулалау – биологиялық белсенді заттарды дәрілерді қабыққа енгізу. Құрамында қасиеттер бар капсулаланған материалды қорғау үшін қабырға орнатылады. Қабырғаға

берілген жағдайда өткізгіш материалдан босап шығады [7, 8].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Қондырғы келесідей үлгі бойынша жұмыс істейді: 40°C температураға дейін қыздырылған гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі 6, жұмыс қоспасына арналған контейнерге құйылады. Ерітіндіге арналған 3 контейнерге 0-ден 5 °C-қа дейінгі температураға дейін салқындатылған кальций хлоридінің 2% ерітіндісі болып табылатын форма түзетін сұйықтық құйылады. Бұл жағдайда 16 ауыстырып - қосқыш клапан құбырлар жүйесіне 2-суретте көрсетілгендей гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі түсетін етіп бұрылады. 3-суретте көрсетілгендей $d=1,2 \times 10^{-3}$ м үлгідегі ортадан тепкіш форсунка таңдалды.

Тісті сорғы сұйықтықты ерітінді ыдысынан ортадан тепкіш форсункаға жеткізуге арналған. Термостат 13 жүйеде белгіленген температураны ұстап тұрады. Ерітінділерге арналған контейнерлер, термостат, тісті сорғы силикон 14 құбырлармен қосылған. Панельде сонымен қатар тісті сорғыға құбырлар арқылы ортадан тепкіш форсунка жалғанған. Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка арқылы шашырату әдіспен (CaCl_2) салқындатылған ерітіндісі бар контейнерге құйылады [9, 10].



а)



в)

Сурет 2. Ауыстырып қосқыш клапаны (а)

Тісті сорғы (в)



Сурет 3. Ортадан тепкіш форсунка $d = 1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$

Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка тесік арқылы шашырату әдіспен (CaCl_2) салқындатылған ерітіндісі бар контейнерге түседі.

Келесіде гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі тісті сорғы арқылы 5 сұйықтықты шашырату орын алатын 2 ортадан тепкіш форсункаға жіберіледі.

Гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісін өндіргеннен кейін қондырғы өшіріледі және қалыптаушы сұйықтықтан алынған капсулалар сүзіледі және тазартылған суда жуылады.

Натрий альгинаты гель түзетін қоспа сулы ерітіндісі ретінде алынды. Ерітінді келесідей алынды: натрий альгинаты 1% концентрациясы дайындалды. Натрий альгинаты қоспасы өлшенген стаканда, электромагнитті қыздырылған араластырғышқа қоямыз және ерітінді толық ерігенше араластырылады. 60°C қыздыру температура-сына қоямыз, себебі 60°C -тан төмен температурада натрий альгинаты нашар ериді, ал 60°C -тан жоғары температурада натрий альгинаты жинала бастайды. Натрий альгинаты ерігеннен қоспасы 40°C температураға дейін салқындатылды. Алынған қоспаға *Propionibacterium freudenreichii*

пропион қышқылы бактерияларының штаммы қосылды. Кальций хлоридінің 2% қалыптау қоспасы дайындалады. Оған 98 мл тазартылған су алып, 2 грамм кальций хлориді қосамыз. Кальций хлориді ерітіндісі ерігеннен соң қалып түзетін қоспа дайын болады [11]. Гель түзетін қоспадан шашырату арқылы тамшылар қалыптастыру үшін бүріккіш пульверизатор пайдаланылды. Ортадан тепкіш форсункадан тамшылар шашырайды, кальций хлориді ерітіндісіне толығымен батырылып, натрий альгинаты кальций хлоридімен әрекеттесуінен, кальций альгинатынан тұратын капсулалар түзіледі. Соңында дөңгелек пішінді капсулалар алынды.

Гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісінің тұтқырлығын анықтау. Белгілі болғандай, дөңгелек шкаласы бар аналогтық вискозиметрлер қарапайым және қолдануға ыңғайлы. Тұтқырлықты өлшеу үшін вискозиметрдің негізгі жұмыс денесін тік цилиндрлік штангаға бекіту керек. Вискозиметр корпусында электр қозғалтқышының шығыс білігіне ротор бекітіледі. Ротордың айналу жылдамдығын реттегіштің айналу жиілігі 0-ден 100 айн/мин аралығында болады.

Бөлу шкаласы бар дөңгелек теру 4-суретке сәйкес вискозиметр корпусында орналасқан.

Тұтқырлықты өлшеу әдістемесі бірнеше кезеңнен тұрады: Сынаманы көлемі кемінде 600 мл химиялық ыдысқа орналастыру жолымен дайындау. Ротордың дұрыс ұшын таңдау және оны ротордың шығыс білігіне

бекіту. Қажетті ұштың түрі зерттелетін сұйықтықтың тұтқырлығына байланысты анықталады. Гель тәрізді ортада өлшеу жүргізу үшін № 4 ротордың ұшын пайдалану қажет. Өлшенетін қоспаның түріне сәйкес келмейтін ұштардың басқа түрлерін пайдалану өлшеудің тиісті нәтижелерін бермейді [12; 13].



Сурет 4. Дөңгелек шкаласы бар Брукфилдтің аналогтық вискозиметрі

1- штанга; 2 - станина; 3 - қысқыш; 4 - ротор; 5 - жылдамдық реттегіші; 6 - бұранда; 7 - дөңгелек шкала; 8 - қорғаныс жақтауы.

1. Зерттелетін сынамаға жұмыс элементін орналастыру. 2. Вискозиметрді қосу. 3. Ротордың қажетті айналу жылдамдығын анықтау. 4. Көрсеткіштерді тұрақтандыру (тұрақтандыру уақыты орта есеппен ротордың 5 айналымынан кейін анықталады және айналу жылдамдығына және зерттелетін сұйықтықтың сипаттамаларына тікелей байланысты). 5. Дөңгелек шкаладан көрсеткіштерді алу.

Капсулалар микроқұрылымын анықтау. 1. Алдымен капсулалар ретімен 30%, 50% және 70% изопропил спирті ерітінділеріне салынып, әрбір ерітіндіде 3 сағат ұсталды. Кейін олар 100% изопропил спирті бар ыдысқа ауыстырылып, сусыздандыру мақсатында кемінде 6 сағат бойы сақталды. 2. Осыдан кейін капсулалар 30%, 50% және 70% концентрациядағы терт-бутил спирті ерітінділеріне салынып, соңында 100% терт-бутил спиртіне ауыстырылды. 100% терт-бутил спирті +25 °C температурада қату қасиетіне ие болғандықтан, үлгілер мұздатылған күйде бекітілді. 3. JEOL (Жапония) фирмасының JFD-320 мұздатып кептіру қондырғысында вакуум әсерінен терт-бутил спирті мұздатылған күйден бірден бу күйіне өтеді. Бұл капсула құрамынан терт-бутил спирті толық жоюға және оның құрылымын бұзбай сақтауға мүмкіндік береді. 4. Кейін JEOL (Жапония) фирмасының JEE-420 вакуумды тұндыру қондырғысында капсула-ның кесілген бетіне жұқа көміртекті қабат жағылады, бұл

жоғары контрастылы кескіндер алуға мүмкіндік береді. 5. Дайындалған капсулалар екі жақты көміртекті таспа көмегімен бекітіліп, микроскоп камерасына орналастырылады. Одан кейін үлгі беті сканерленіп, оның құрылымы зерттеледі [14].

Нәтижелер және оларды талқылау

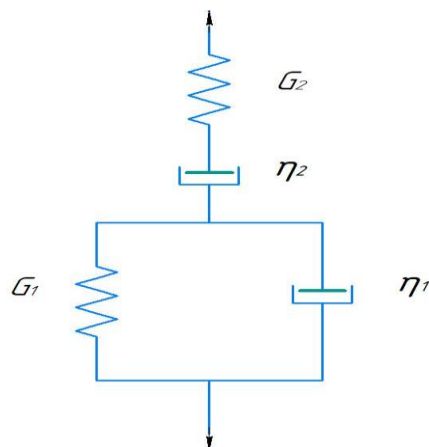
Бингам, Шведов, Шофильд-Скоттблер, Пелег механикалық модельдерін қолдана отырып және механикалық әсер ету кезінде гель тәрізді шикізаттың әрекетін сипаттау үшін негіздеме жүргізе отырып, реологиялық дене-нің механикалық моделін алуға болады. Берілген реологиялық дене моделі – Бюргерс моделі 5-суретке сәйкес, яғни Максвеллдің тұтқыр-серпімді босаңсытатын денесінің және гель тәрізді ортаға арналған тұтқыр-серпімді Кельвин-Фойгт денесінің дәйекті механикалық моделі.

Осылайша, берілген модель үшін гель тәрізді шикізаттың жалпы деформациясы Максвелл денесінің деформацияларының қосындысы және уақыт өте келе серпімді деформацияның өзгеруі болып табылатын серпімді әсер құбылысын көрсететін шикізаттың әрекетін модельдейтін элемент болып табылады [14].

$$\Delta\gamma = \Delta\gamma_M + \Delta\gamma_K,$$

мұндағы, $\Delta\gamma_M$ – Максвелл моделінің деформациясы;

$\Delta\gamma_K$ – Кельвин – Фойгт моделінің деформациясы



Сурет 5. Бюргерс механикалық моделі

$\dot{\gamma}G_1$ – лездік серпімді деформация модулі, Па; G_2 – баяу серпімді деформация модулі, Па; η_1 – Ньютон тұтқырлығы, Па·с; η_2 – пластикалық ығысу тұтқырлығы, Па·с.

Теңдеудің сол және оң бөліктерінен алынған уақыт туындысы (1.1) келесідей:

$$\frac{d\gamma}{d\theta} = \frac{d\gamma_M}{d\theta} + \frac{d\gamma_K}{d\theta}.$$

Максвелл моделінің реологиялық теңдеуі мәнді анықтайды $\frac{d\gamma_M}{d\theta}$:

$$\frac{d\gamma_M}{d\theta} = \frac{1}{G_1} \frac{\theta}{d\theta} + \frac{\theta \cdot t}{\eta_1} \quad (1.3)$$

$\frac{d\gamma_K}{d\theta}$ мәні Кельвин - Фойгт моделінің реологиялық теңдеуімен анықталады:

$$\frac{d\gamma_K}{d\theta} = \left(\frac{\theta}{G_2 \cdot d\theta} \right) \cdot [1 - e^{(-G_2 \cdot t/\eta_2)}] \quad (1.4)$$

Бұл мәнді (1.2) өрнекке ауыстырып, гель тәрізді шикізат үшін Бюргерс теңдеуін аламыз: [14].

$$\dot{\gamma} = \frac{\theta}{G_1} + \frac{\theta \cdot t}{\eta_1} + \left(\frac{\theta}{G_2} \right) \cdot [1 - e^{(-G_2 \cdot t/\eta_2)}]$$

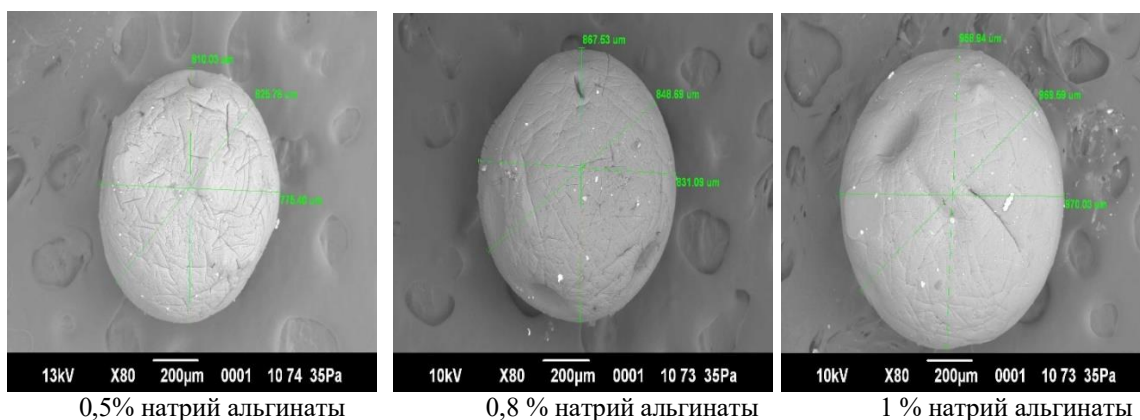
мұндағы: $\dot{\gamma}$ – жылдамдық градиенті, s^{-1} ; G_1 – лездік серпімді деформация модулі, Па; G_2 – баяу серпімді деформация модулі, Па; η_1 – ньютондық тұтқырлық, Па·с; η_2 – ығысу кезіндегі пластикалық тұтқырлық, Па·с; θ – ығысу кернеуі, Па; t – уақыт, с.

Форсункалардың геометриялық өлшемдерін анықтау үшін рентгендік талдау жүйесімен жабдықталған JEOL (Жапония) фирмасының «JSM-6390LV» төмен вакуумды аналитикалық сканерлеуші электронды

микроскопы (SEM) пайдаланылды. Сонымен қатар, «OXFORD INSTRUMENTS» (Ұлыбритания) компаниясының «INCA ENERGY 250» микроанализ жүйесі қолданылды. Бұл микроскоп материал құрылымын 30-дан 300

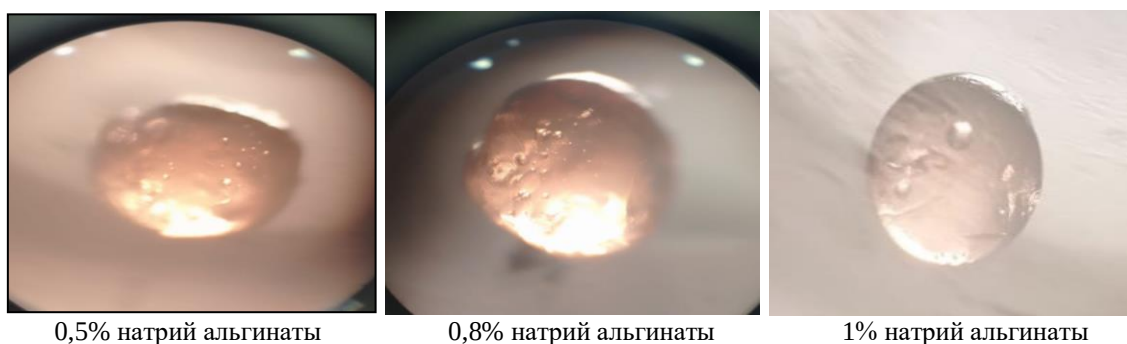
000 есеге дейін үлкейтіп зерттеуге, жоғары және төмен вакуум режимдерінде жұмыс істеуге, зерттелетін үлгінің химиялық құрамын

0,1% дәлдікпен анықтауға және оны карта түрінде бейнелеуге мүмкіндік береді (6-сурет)[14].



Сурет 6. Форсунка тесік диаметрі $1,2 \times 10^{-3}$ м алынған капсулалар

Капсулалар жетілдірілген қондырғыда шашырату әдіспен алынды. Капсулалау материалы ретінде натрий альгинаты таңдалды. Ортадан тепкіш форсунка диаметрі $d=1,2 \times 10^{-3}$ м алынды, микроскоптау нәтижелері 7-суретте көрсетілген.



Сурет 7. Форсунка тесік диаметрі $d=1,2 \times 10^{-3}$ м алынған микроскоптау нәтижелері

Таңдалған капсулалау материалды негіздеу үшін 0,5%, 0,8%, 1% концентрациядағы натрий альгинаты капсула түзілу мүмкіндігін анықтау үшін тәжірибелік зерттеулер жүргізілді [14].

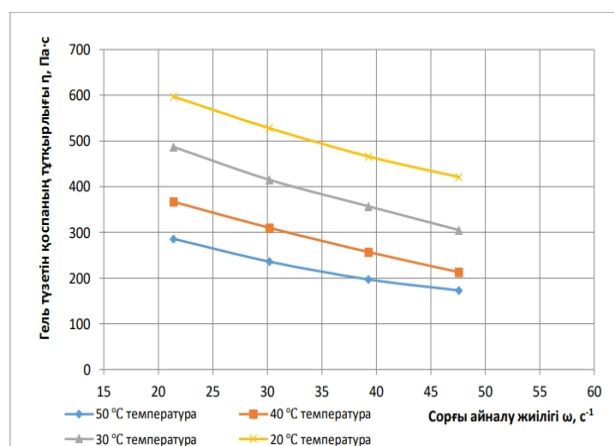
Сонымен, форсункадағы тесік диаметрі $d=1,2 \times 10^{-3}$ м тәжірибе жасау кезінде, капсулалардың 0,5% натрий альгинат концентрациясында алынған капсулалар пішіні дұрыс және құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциясы бар, физикалық әсер ету кезінде оңай бұзылады, орташа диаметрі $1,1 \times 10^{-3}$ м болды.

Ал 0,8% натрий альгинат концентрациясында алынған капсулалар, пішіні дұрыс және құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциясы бар, физикалық әсер ету кезінде

оңай бұзылады, орташа диаметрі $1,3 \times 10^{-3}$ м болды.

1% альгинат концентрациясында тұтқырлығы жоғары болуына байланысты алынған капсулалар, дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, физикалық әсер ету кезінде тұрақты, орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3}$ м болды.

Капсулалауға арналған материал ретінде 1% натрий альгинаты концентрациясы қабылданды, себебі алынған капсулалар талаптарға сәйкес келеді, алынған капсула орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3}$ м болды. Осы құрамнан жасалған капсулалар әдемі дөңгелек пішінді, құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциялы, физикалық әсерге төзімді болып келеді.

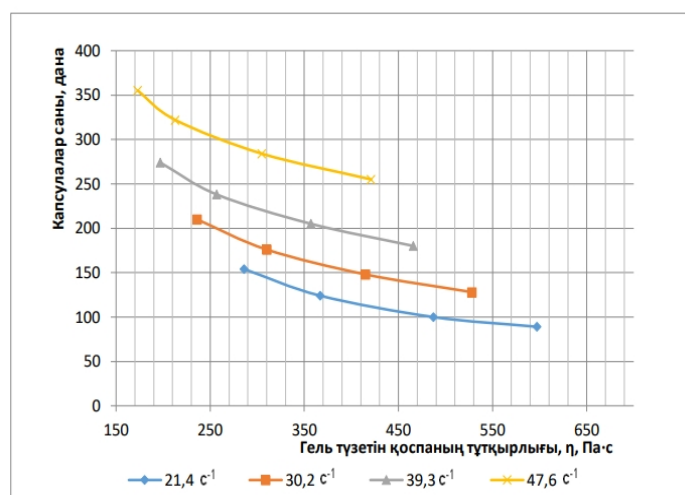


Сурет 8. Капсула алуға арналған тәжірибелік қондырғыда тісті сорғының әр түрлі айналу жиілігі кезінде ерітінді температурасының гель түзетін қоспаның тұтқырлығына тәуелділігі

Гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісінің тұтқырлығын анықтау. Капсулалар алу үшін тәжірибелік қондырғыда 8-суретте көрсетілгендей тісті сорғының айналу жиілігі мен ерітінді температурасынан, гель түзетін қоспаның тұтқырлығының тәуелділігі, гель түзетін қоспаның температурасы көтерілуімен тұтқырлығы төмендейтіндігі көрінеді, бұл ретте 40°C және 50°C температурада тұтқырлығы шамалы өзгереді, мұны ескере отырып, 40°C температурасын неғұрлым қолайлы деп қабылдауға болады.

Капсулалауға арналған тәжірибелік қондырғыда

9-суретте көрсетілгендей тісті сорғының әр түрлі айналу жиілігінде алынатын капсулалар санының гель түзетін қоспаның тұтқырлығына тәуелділігі, гель түзетін қоспаның тұтқырлығының азаюымен алынатын капсулалардың саны артатыны көрінеді. Тісті сорғының 47,6 с⁻¹ айналу жиілігі оңтайлы болды, себебі алынған капсулалар саны артты. Мұны тұтқырлықтың төмендеуі кезінде гель түзетін қоспаның тығыздығы және тиісінше уақыт бірлігінде ортадан тепкіш форсунка тесігі арқылы өтетін сұйықтықтың көлемі артуымен түсіндіруге болады [14, 15].



Сурет 9. Капсула алуға арналған тәжірибелік қондырғыда, алынатын капсулалар саны тісті сорғының әр түрлі айналу жиілігі кезінде гель түзетін қоспаның тұтқырлығына тәуелділігі

Қорытынды

Жұмыс ыдысындағы ерітінді ортадан тепкіш форсунка тесік арқылы шашырату әдіспен (CaCl_2) салқындатылған ерітіндісі бар

контейнерге түседі. Тұтқырлықты өлшеу үшін вискозиметрдің негізгі жұмыс денесін тік цилиндрлік штангаға бекіту керек. Вискозиметр корпусында электр қозғалтқышының шығыс

білігіне ротор бекітіледі. Ротордың айналу жылдамдығын реттегіштің айналу жиілігі 0-ден 100 айн/мин аралығында болады. Тәжірибе жасау кезінде ортадан тепкіш форсунка $d=1,2 \times 10^{-3}$ м таңдалды. Капсулалау материалы ретінде 0,5%, 0,8%, 1% концентрациядағы натрий альгинаты ерітінді-лері алынды, 1% натрий альгинат концентрациясында тұтқырлығы жоғары болуына байланысты алынған капсулалар, дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, физикалық эсер ету кезінде тұрақты, орташа диаметрі $1,4 \times 10^{-3}$ м болды. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі кезінде, 40 °C температурада тұтқырлық мөлшері ротордың айналу жиілігі үшін шамалы өзгереді, ерітіндіні пайдаланудың ең қолайлы температурасы 40 °C алынды. Тісті сорғының $39,3 \text{ c}^{-1}$, $47,6 \text{ c}^{-1}$ жоғары айналу жиілігінде гель түзетін қоспаның тұтқырлығы төмендейді, форсунка диаметрі $1,2 \times 10^{-3}$ м өткізу қабілеті өнімділігі артады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасының Президенті Қасым – Жомарт Тоқаевтың «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті мәселелер және оны түбегейлі цифрлық өзгерістер арқылы шешу» атты Қазақстан халқына жолдауы. - Астана. – 2025.
2. Tashybayeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z., Bepeyeva A. Optimization of encapsulation parameters for sodium alginate capsules: A study on the effect of temperature and gear pump rotation speed on capsule production and quality // *Food Process Engineering*. – 2024. - №47(7). – 14687 p. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14687>.
3. Пажі Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыления жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 256 с.
4. Пат. RU 2395525 –Россия, МПК C08B 37/04. Способ получения альгината кальция. Ковалев В.В., Хотимченко М.Ю., Хотимченко Ю.С. опубл. 27.07.2010. – 9 с.
5. Kakimov A., Kakimova Zh., Mirasheva G., Bepeyeva A., Toleubekova S., Jumazhanova M., Zhumadilova G., Yessimbekov Zh. Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics // *Annual Research & Review in Biology Article*. - 2017. - №18(1). – 36079 p.
6. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А. Безопасность, функциональные и технологические свойства пробиотических бактерий // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию отдела сибниис федеральное государственное бюджетное научное учреждение Фанца. Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий. – Барнаул: Новый формат, 2018. – 216 с.
7. Champagne C.P., Kailasapathy K. Encapsulation of probiotics / In: *Delivery and Controlled Release of Bioactives in Foods and Nutraceuticals*. Woodhead publishing Ltd.- Cambridge: UK, 2008.- P. 344– 369.
8. Chen M.J., Chen, K.N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products/ In: *Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems*. - USA: Wiley-Blackwell, 2007- P. 83–107.
9. Jumazhanova M., Kakimova Z., Zharykbasov Y., Kassymov S., Zhumadilova G., Muratbayev A., Tashybayeva M., Suychinov A. Effect of the Encapsulation Process on the Viability of Probiotics in a Simulated Gastrointestinal Tract Model Medium // *Processes*. – 2023. - № 11. – 2757 p. <https://doi.org/10.3390/pr11092757>.
10. ҚР пайдалы модельге патенті № 9093. Ташыбаева М.М., Какимов А.К., Майоров А.А., Ибрагимов Н.К., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А., Муратбаев А.М., Бакиева А.Б., Дукенбаев Д.К. Капсулаған өнімдерді өндіруге арналған қондырғы. 03.05.2024.
11. Жумадилова Г.А., Какимов А.К., Абдилова Г.Б., Ибрагимов Н.К., Ташыбаева М.М. Разработка состава гелеобразующей смеси для оборудования инкапсулирования пробиотиков // *Вестник Алматинского технологического университета*. - Алматы. - 2023. - №2 (140).- С.38-46.
12. Какимов А.К., Есимбеков Ж.С., Кабулов Б.Б., Бепеева А.Е. Ротационные вискозиметры Брукфильда в исследовании пищевых продуктов // *Вестник ГУ имени Шакарима города Семей*. - 2015. - №3 (71). – С. 87-91.
13. Kakimov, A., Yessimbekov, Z., Bepeyeva, A., Kabulov, B., Kakimova, Z. Consistency cone penetrometry for food products // *Pakistan Journal of Nutrition*. - 2015 - № 14 (11). - P. 837-840.
14. Ташыбаева М.М. Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру. - Семей: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, 2024. – 114 б.
15. Ташыбаева М.М., Какимов А.К., Майоров А.А., Жумадилова Г.А. Установка для капсулирования пробиотиков // *Вестник КазУТБ*. – Астана. – 2024. - №3. – С.399-410. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.24-353>

REFERENCES

1. Qasym–Zhomart Toqae. Zhasandy intellekt дәуіріндегі Qazaqstan: özehti мәseleler және оны түbegeyli tsifrdyq özgertister arqyly шеу ["Kazakhstan in the Era of Artificial Intelligence: Current Issues and Their Solution through Fundamental Digital Transformations"]. – Astana, 2025. (in Kazakh).
2. Tashybaeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z., Bepeyeva A. Optimization of encapsulation parameters for sodium alginate capsules: A study on the effect of temperature and gear pump rotation speed on capsule production and quality

// Food Process Engineering. – 2024. – №47(7). – 14687 p. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14687>.

3. Pazhi D.G., Galustov V.S. Osnovy tekhniki raspyleniya zhidkostey [Fundamentals of Liquid Spray Technology]. – Moscow: Khimiya, 1984. – 256 p. (in Russian).

4. Pat. RU 2395525 – Russia, IPC C08B 37/04. Sposob polucheniya alginata kal'tsiya [Method for obtaining calcium alginate]. Kovalev V.V., Khotimchenko M.Yu., Khotimchenko Yu.S. Publ. 27.07.2010. – 9 p. (patent in Russian).

5. Kakimov A., Kakimova Zh., Mirasheva G., Bepeyeva A., Toleubekova S., Jumazhanova M., Zhumadilova G., Yessimbekov Zh. Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics // Annual Research & Review in Biology. – 2017. – №18(1). – 36079 p.

6. Kakimov A.K., Kakimova Zh.Kh., Bepeyeva A.E., Dzhumazhanova M.M., Zhumadilova G.A. Bezopasnost', funktsional'nye i tekhnologicheskie svoystva probioticheskikh bakteriy [Safety, Functional and Technological Properties of Probiotic Bacteria] // Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 60-letiyu otdela SibNIIS Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo nauchnogo uchrezhdeniya FANCA. Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka. – Barnaul: Novyy format, 2018. – 216 p. (in Russian).

7. Champagne C.P., Kailasapathy K. Encapsulation of probiotics // In: Delivery and Controlled Release of Bioactives in Foods and Nutraceuticals. – Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2008. – P. 344–369.

8. Chen M.J., Chen K.N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products // In: Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems. – USA: Wiley-Blackwell, 2007. – P. 83–107.

9. Jumazhanova M., Kakimova Z., Zharykbassov Y., Kassymov S., Zhumadilova G., Muratbayev A., Tashybaeva M., Suychinov A. Effect of the Encapsulation Process on the Viability of Probiotics in a Simulated

Gastrointestinal Tract Model Medium // Processes. – 2023. – №11. – 2757 p. <https://doi.org/10.3390/pr11092757>.

10. Qazaqstan Respublikasynyn paidaly modelge patenti № 9093. Tashybaeva M.M., Kakimov A.K., Mayorov A.A., Ibragimov N.K., Dzhumazhanova M.M., Zhumadilova G.A., Muratbayev A.M., Bakiyeva A.B., Dukenbaev D.K. Kapsulag'an öndiristerdi öndirye arnalğan qondyrgy [Device for Production of Encapsulated Products]. 03.05.2024. (in Kazakh).

11. Zhumadilova G.A., Kakimov A.K., Abdilova G.B., Ibragimov N.K., Tashybaeva M.M. Razrabotka sostava geleobrazuyushchey smesi dlya oborudovaniya inkapsulirovaniya probiotikov [Development of a Gel-forming Mixture Composition for Encapsulation Equipment of Probiotics] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – Almaty, 2023. – №2 (140). – P. 38–46. (in Russian).

12. Kakimov A.K., Yesimbekov Zh.S., Kabulov B.B., Bepeeva A.E. Rotatsionnye viskozimetry Brukfilda v issledovanii pishchevykh produktov [Brookfield Rotational Viscometers in the Study of Food Products] // Vestnik GU imeni Shakarima goroda Semey. – 2015. – №3 (71). – P. 87–91. (in Russian).

13. Kakimov A., Yessimbekov Zh., Bepeyeva A., Kabulov B., Kakimova Z. Consistency cone penetrometry for food products // Pakistan Journal of Nutrition. – 2015. – №14(11). – P. 837–840.

14. Tashybaeva M.M. Tamaq önimderin kapsulalağa arnalğan qondyrgyny zhetildiru [Improvement of Equipment for Food Encapsulation]. – Semey: “Shakarim atyndagy Semey qalasynyn universiteti” KEAQ, 2024. – 114 p. (in Kazakh).

15. Tashybaeva M.M., Kakimov A.K., Mayorov A.A., Zhumadilova G.A. Ustanovka dlya kapsulirovaniya probiotikov [Device for Encapsulation of Probiotics] // Vestnik KazUTB. – Astana, 2024. – №3. – P. 399–410. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.24-353>. (in Russian).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРУКТОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

М.Б. СУЛТАНКУЛ  , Д.Б. АБДРАИМОВА  , Д.А. ШАНШАРОВА  Б.Ж. МУЛДАБЕКОВА 

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100)
Электронная почта автора-корреспондента: d.abdraimova@atu.edu.kz*

В статье представлены результаты исследования влияния порошков из груши и черной смородины на физико-химические, технологические и органолептические характеристики сахарного печенья. Установлено, что оптимальным вариантом для обогащения рецептуры является сочетание 6 % грушевого порошка и 4,5 % порошка черной смородины. Добавление грушевого порошка снижает содержание клейковины с 32 % до 29 %, что положительно влияет на пластичность и мягкость теста. С увеличением концентрации черносмородинового порошка возрастает влажность изделий (до 8,5 %) и водопоглощение (до 182,3 %), способствуя формированию более сочной текстуры. Порошки обогащают продукт пищевыми волокнами, витаминами, органическими кислотами и антиоксидантами, повышая его пищевую и функциональную ценность. Комплексное использование данных компонентов обеспечивает улучшение технологических параметров и создание функциональных кондитерских изделий, соответствующих современным требованиям к рациональному здоровому питанию. Результаты эксперимента свидетельствуют о возможности промышленного применения растительных порошков, обеспечивающих не только высокое качества, но и биологическую ценность продукции, что особенно актуально при разработке функциональных продуктов питания для массового потребления и при формировании здорового рациона различных возрастных категорий населения.

Ключевые слова: грушевый порошок, смородиновый порошок, сахарное печенье, функциональные ингредиенты, натуральные добавки.

ЖЕМІС-ЖИДЕК ШИКІЗАТЫНЫҢ ҰНДЫ КОНДИТЕР ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

М.Б. СУЛТАНКУЛ, Д.Б. АБДРАИМОВА, Д.А. ШАНШАРОВА, Б.Ж. МУЛДАБЕКОВА

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: d.abdraimova@atu.edu.kz*

Мақалада алмұрт және қарақат ұнтақтарының қант печеньесінің физика-химиялық, технологиялық және органолептикалық қасиеттеріне әсері зерттелген. № Рецептұраны байытудың оңтайлы нұсқасы ретінде 6 % алмұрт ұнтағы мен 4,5 % қарақат ұнтағының үйлесімі анықталды. Алмұрт ұнтағының қосылуы клейковинаның мқштерін 32 %-дан 29 %-ға дейін төмендетіп, қамырдың пластикалығын және жұмсақтығын арттырады. Қарақат ұнтағының концентрациясы артқан сайын дайын өнімнің ылғалдылығы (8,5 %-ға дейін) мен су сіңіру қабілеті (182,3 %-ға дейін) жөгарлайды, бұл оның шырындылығын арттыруға ықпал етеді. Ұнтақтар тағамдық талшықтармен, дәрумендермен, органикалық қышқылдармен және антиоксинаттарымен байытылған, бұл өнімнің тағамдық және функционалдық құндылығын арттырады. Аталған компоненттерді кеиенді қолдану технологиялық параметрлерді жақсартуға және қазіргі заманға салауатты әрі теңгерімді тамақтану талаптарына сай келетін функционалдық кондитерлік өнімдер шығаруға мүмкіндік береді. Эксперимент нәтижелері өсімдік ұнтақтарын өнеркәсіптік мақсатта қолдану мүмкіндігін дәлелдейді. Бұл ұнтақтар өнімнің жоғары сапасын ғана емес, оның биологиялық құндылығын да қамтамасыз етеді. Аталған тәсіл жаппай тұтынуға арналған функционалды тағам өнімдерін әзірлеу мен әртүрлі жас топтарының салауатты тамақтану рационын қалыптастыру үшін өзекті болып табылады.

Негізгі сөздер: алмұрт ұнтағы, кара қарақат ұнтағы, қантты печенье, функционалды ингредиенттер, табиғи қоспалар.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FRUIT AND BERRY RAW MATERIALS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FLOUR-BASED CONFECTIONERY PRODUCTS

M.B. SULTANKUL, D.B. ABDRAIMOVA, D.A. SHANSHAROVA,
B.ZH. MULDABEKOVA

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

Corresponding author's e-mail: d.abdraimova@atu.edu.kz*

The article presents the results of a study on the effects of pear and blackcurrant powders on the physicochemical. Technological and organoleptic properties of sugar cookies. The optimal formulation was found to be a combination of 6 % pear powder and 4,5 % blackcurrant powder. The addition of pear powder reduced the gluten content from 32 % to 29 %, improving the doughs plasticity and softness. As the concentration of blackcurrant powder increased, the moisture content (up to 8,5 %) and water absorption (up to 182,2 %) of the final product also increased, enhancing its juiciness. The powder are rich in dietary fiber, vitamins, organic acids and antioxidants, which enhance the nutritional and functional value of the product. The combined use of these components improves technological parameters and allows for the development of functional confectionery products that meet modern requirements for healthy and balanced nutrition. The results of the experiment confirm the potential for industrial application of plant powders, which ensure not only high product quality but also enhanced biological value. This approach is particularly relevant for the development of functional food products intended for mass consumption and for shaping a healthy diet across various age groups.

Keywords: pear powder, currant powder, sugar cookies, functional ingredients, natural additives.

Введение

Решение задачи сохранения и укрепления здоровья человека относится к приоритетным задачам. Использование фруктово-ягодного сырья в технологии мучных кондитерских изделий предоставляет значительные преимущества, обогащая продукцию ценными питательными веществами и улучшая ее органолептические свойства. Добавление порошков из ягод, таких как смородина, способствует повышению содержания пищевых волокон, витаминов и минералов в изделиях, что делает их более полезными для здоровья потребителей. На основе анализа информационных источников определена тенденция использования плодово-ягодного сырья, способствующего повышению уровня технологического потенциала ингредиентов рецептуры и повышению пищевой и биологической ценности хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [1].

Все более актуальным становится развитие новых направлений в производстве продуктов функционального питания на основе нетрадиционных видов растительного сырья. Химический состав ягод черной смородины и вторичных продуктов ее переработки, в частности высокое содержание полифенольных веществ и неусвояемых углеводов определяет перспективность использования этого сырья в пищевой промышленности [2,3].

Применение плодово-ягодных добавок также позволяет улучшить вкусовые характеристики и внешний вид кондитерских изделий. Например, введение порошка из ягод черной смородины в тесто для сдобного печенья придает продукту привлекательный цвет и аромат, не ухудшая при этом его физико-химические показатели [4].

Кроме того, использование фруктово-ягодного сырья способствует увеличению срока годности продукции за счет природных антиоксидантов, содержащихся в ягодах. Это позволяет снизить необходимость применения искусственных консервантов и улучшить экологическую чистоту изделий [3].

Таким образом, интеграция фруктово-ягодного сырья в рецептуры мучных кондитерских изделий не только повышает их пищевую и биологическую ценность, но и улучшает потребительские свойства, что способствует расширению ассортимента и повышению конкурентоспособности продукции на рынке [5].

Повышение пищевой ценности хлебобулочных и мучных кондитерских изделий может быть осуществлено путем замены части пшеничной муки на различные фрукты, овощи и продукты их переработки по массе сухих веществ. Применение фруктово-овощных обогатителей перспективно в связи с высоким содержанием в них моно- и дисахаридов, витаминов, минеральных веществ, пищевых

волокон, включая пектин. Фруктово-ягодное сырье обогащено витаминами, макро- и микроэлементами, которые положительно влияют на работу центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, способствуют росту и развитию костной и мышечной тканей, регулируют кислотно-щелочной баланс, поддерживают гомеостаз и помогают в профилактике заболеваний. Кроме того, в составе фруктов и ягод содержится множество пищевых волокон, флавоноидов, антиоксидантов и других биологически активных веществ [6].

Ягоды чёрной смородины содержат целый комплекс биологически активных и пищевых веществ (витаминов, фенольных соединений, органических кислот, пищевых волокон, микронутриентов), оказывающих стимулирующее воздействие на многие функции организма человека. В составе сахаров, характеризующих пищевую ценность ягод, количественно преобладает фруктоза с незначительным содержанием глюкозы и сахарозы [7]. Чёрную смородину и продукты её переработки применяют в качестве вспомогательных средств для улучшения качества и повышения хранимостепособности целевой продукции [8].

Чёрная смородина является ценным источником биологически активных веществ, включающих широкий спектр функционально значимых компонентов. 100 г ягод содержат витамин С – 200 мг, железо – 1,3 мг, калий – 372 мг, калорийность 45 ккал. Она благотворно влияет на работу сердца и головного мозга, укрепляет сосуды, устраняет проблемы кишечника; уменьшает воспалительные процессы и способствует регенерации поврежденных клеток; регулирует уровень глюкозы; успокаивает нервную систему; уменьшает пагубное воздействие радиоактивных элементов; нормализует обменные процессы; предупреждает рост раковых клеток [9].

Основными сахарами в ягодах чёрной смородины являются фруктоза 48–60 % от общего содержания сахаров, глюкоза 38–47 %, и сахароза [10]. Органические кислоты, содержащиеся в чёрной смородине, представлены лимонной – 75–97 % от общего содержания кислот, яблочной, хинной и аскорбиновой кислотами [11]. Основной органической кислотой, обнаруженной в выжимках чёрной смородины, была лимонная кислота, хотя также была идентифицирована и яблочная кислота [12]. Ягоды чёрной смородины содержат значительные количества пищевых волокон, в том числе 2,68 % нерастворимых и 1,62 % растворимых [10].

Общее содержание фенольных соединений в ягодах варьирует от 598 до 2798 мг/100 г, содержание антоцианов находится в диапазоне 160–411 мг/100 г, среди которых дельфинидин-3-О-глюкозид, дельфинидин-3-О-рутинозид, цианидин-3-О-глюкозид и цианидин-3-О-рутинозид характерны именно для чёрной смородины. 92–97 % от общего количества антоцианов в чёрной смородине составляют гликозиды цианидина и дельфинидина (3-О-глюкозид и 3-О-рутинозид) [13].

Общая антиоксидантная способность чёрной смородины, измеренная фотометрическим методом FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power) с использованием фотометрического реагента – трипиридилтриазин, 1,10-фенантролин, 2,2'-дипиридила по интенсивности восстановления Fe^{3+} , составляет $51,6 \pm 1,2$ мкмоль Fe^{2+} /г, и является одной из самых высоких по сравнению с другими ягодами [14]. Плоды чёрной смородины содержат 116–342 мг/100 г аскорбиновой кислоты и 160–411 мг/100 г антоцианов, которые являются наиболее распространенными представителями полифенольных соединений в этом фрукте [15].

Исследования показывают, что добавление порошка чёрной смородины в количестве 10–15% от массы муки улучшает органолептические и физико-химические показатели бисквитного теста. Пенообразующая способность смеси, удельный объем и пористость выпеченного полуфабриката увеличиваются по сравнению с контролем, а изделия приобретают мелкопористую, пышную структуру. Введение грушевого порошка в рецептуру сахарного печенья в количестве 2,5–3% от массы сухих веществ сахара и жира не изменяет органолептических показателей, но повышает физиологическую ценность продукта.

Растительное сырье, которое долго не выводится из организма, является актуальной проблемой в современном мире. Обоснованные продукты переработки дикорастущих и садовых ягод и плодов представляют собой порошкообразные полуфабрикаты, обладающие высокой пищевой ценностью, биохимической стабильностью при хранении за счет низкой влажности, занимают мало места при транспортировке. Источниками йода является чёрная смородина [16].

Грушевый порошок содержит значительное количество углеводов, преимущественно в виде фруктозы и глюкозы, пищевые волокна, витамины (С, К, группы В) и минералы (калий, медь). Пищевые волокна способствуют улучше-

нию пищеварения, а витамины и минералы повышают общую питательную ценность продукта. [17]. Груша также содержат и аскорбиновую кислоту (3-17 мг %), катехин, танин, флавоноиды, ряд оксикоричневых кислот (хлорогеновую, неоскан-тин); арбутин, гидрохинон; каротиноиды (β -каротин, лютеин, виолоксантин, неоксантин). В некоторых сортах груши найдены антоциановые пигменты [19].

Добавление грушевого порошка в тесто для сахарного печенья влияет на его реологические свойства. Пищевые волокна, присутствующие в порошке, могут связывать воду, изменяя консистенцию теста и требуя корректировки рецептуры для достижения оптимальной пластичности. Кроме того, натуральные сахара из грушевого порошка могут способствовать карамелизации, улучшая цвет и аромат готового изделия [17]. Поскольку порошок из груш ухудшает потребительские свойства, авторы рекомендуют использовать его при разработке новых сортов мучных изделий для профилактического питания [20].

Добавление грушевого порошка влияет на физико-химические показатели печенья, такие как влажность, кислотность и содержание редуцирующих сахаров. Пищевые волокна могут повышать влагосвязывающую способность изделия, что замедляет его черствение и продлевает срок годности. Натуральные сахара из грушевого порошка могут повышать общую сладость продукта, что следует учитывать при дозировке сахара в рецептуре [18].

Включение порошков груши и черной смородины в рецептуру сахарного печенья способствует повышению его пищевой и биологической ценности за счет обогащения витаминами, антиоксидантами и микроэлементами. Порошок черной смородины является источником витаминов С, Р, группы В, антоцианов и пектиновых веществ, обладающих выраженными антиоксидантными свойствами. Грушевый порошок содержит пищевые волокна, органические кислоты, калий и магний, способствуя улучшению минерального состава изделия.

Использование данных компонентов оказывает значительное влияние на технологические свойства теста и готового продукта. Порошок черной смородины увеличивает вязкость и пластичность теста, улучшая его формируемость. Порошок груши, за счет высокого содержания пектинов, усиливает влагосвязывающую способность, снижает темпа черствения и стабилизирует структуру изделия.

Присутствие природных антиоксидантов в составе порошков замедляет окислительные процессы, что способствует продлению сроков хранения готовой продукции и сохранению ее органолептических характеристик.

Материалы и их методы исследований

При выполнении работы использовали органолептические и физико-химические методы исследований. В качестве материалов исследований были выбраны:

-ГОСТ 26574-85. Мука пшеничная хлебопекарная;

-смородиновый и грушевый порошок;

-контрольные образцы сахарного печенья;

-опытные образцы сахарного печенья.

Показатели качества определяли в соответствии с методиками, изложенными в следующих нормативных документах: ГОСТ 5897—90 Методы определения органолептических показателей качества; ГОСТ 5898—87 Методы определения кислотности и щелочности; ГОСТ 5900—73 Методы определения влаги и сухих веществ; ГОСТ 10114—80 Метод определения намокаемости.

Методы определения органолептических показателей согласно ГОСТ 5897—90 включают визуальную оценку внешнего вида и цвета продукта, тактильный анализ консистенции, а также дегустацию для определения вкуса и запаха. Оценка проводилась в стандартизованных условиях с использованием эталонов для количественной и качественной характеристики. В процессе участвовали специалисты данной отрасли, а результаты фиксировались в протоколах для дальнейшего анализа и сравнения с установленными нормами качества.

Согласно ГОСТ 5898—87, метод определения щелочности основан на титровании пробы раствора пищевого продукта стандартным раствором кислоты (HCl) в присутствии индикатора, такого как фенолфталеин. Пробу вещества растворяют в дистиллированной воде и проводят титрование до изменения цвета индикатора, что свидетельствует о достижении нейтральной реакции. Объем израсходованной кислоты фиксируется, и на его основе рассчитывается щелочность в установленных единицах.

ГОСТ 5900—73 описывает определение влажности с использованием сушильного шкафа СЭШ-3М путем взвешивания предварительно подготовленного образца до и после сушки. Проба продукта массой, установленной стандартом, равномерно распределяется на

поддоне и помещается в сушильный шкаф, где выдерживается при заданной температуре (105 °С) в течение определенного времени до постоянной массы. После охлаждения в эксикаторе проводится повторное взвешивание, и влажность рассчитывается по разнице массы до и после сушки, выраженной в процентах от исходной массы образца.

Процесс получения порошка из груш включает следующие этапы: прием сырья, мойка плодов, удаление семян, нарезка ломтиками толщиной 0,3–0,5 мм, сушка в сушильной установке, измельчение в лабораторной мельнице, просеивание через сито и получение готового продукта — порошка из груш.

Процесс получения порошка из фруктов отличается от процесса получения порошка из ягод. Эти различия связаны с физическими характеристиками, формой и структурой фруктов и ягод.

Для получения порошка из груши и черной смородины использовалась электросушилка «Нептун», предназначенная для сушки овощей и фруктов. Груши нарезали ломтиками толщиной 0,3–0,5 мм и сушили при температуре 55–70 °С в течение 15 часов. Для сушки черной смородины и последующего получения порошка использовали температурный режим 40–50 °С с продолжительностью 10–15 часов, контролируя степень высыхания ягод.

Высушенные фрукты и ягоды измельчали с помощью лабораторной мельницы ЛЗМ-1М. Полученный порошок из груши просеивали через лабораторное сито из шелкового материала. В то же время порошок из черной смородины,

благодаря особенностям физической структуры ягод, не требовал дополнительного просеивания.

Результаты и их обсуждение

Химический состав порошков из черной смородины и груши оказывает комплексное влияние на качество и технологические свойства сахарного печенья. Смородиновый порошок обогащает изделие органическими кислотами, витамином С, антоцианами и пектиновыми веществами (табл. 1). Эти компоненты придают печенью насыщенный вкус с легкой кислинкой, естественный темный оттенок, а также улучшают его текстуру, делая ее более мягкой и воздушной. Антиоксиданты, присутствующие в смородине, замедляют процессы окисления липидов, способствуя увеличению сроков хранения и сохранению свежести изделия.

Грушевый порошок содержит природные сахара, клетчатку и дубильные вещества, благодаря чему придает выпечке сладковатый вкус и тонкий фруктовый аромат. Сахара участвуют в карамелизационных реакциях, улучшая внешний вид печенья за счет образования равномерной золотистой корочки. Пищевые волокна повышают его пищевую ценность, однако при чрезмерном количестве грушевого порошка возможно уплотнение теста, что потребует точной корректировки рецептурных пропорций.

Таким образом, применение порошков из черной смородины и груши позволяет целенаправленно улучшать органолептические, структурные функциональные свойства сахарного печенья, повышая его пищевую ценность и стабильность при хранении.

Таблица 1. Химический состав грушевого порошка и смородинового порошка на 100 грамм

Наименование	Грушевый порошок	Смородиновый порошок
Белки, г	2,3	1,0-1,4
Жиры, г	0,6	0,2-0,4
Углеводы, г	62,6	6,6-15,4
Моно- и –дисахариды, г	42,3	6,7-13,7
Клетчатка, г	7,5	3,0
Крахмал, г	20,3	0,6-2,7
Пектин, г	0,95-1,2	0,38-1,5
Органические кислоты, г	1,5	2,2-3,9
Зола, г	1,11	0,9
Содержание витаминов		
Витамин β-каротин, мг	-	0,08-0,11
Витамин Е, мг	-	0,72
Витамин В ₁ , мг	0,03	0,03
Витамин В ₂ , мг	0,01	0,04
Витамин В ₆ , мг	-	0,13
Витамин В ₉ , мкг	-	5,0
Витамин РР, мг	1	0,3
Витамин Е	0,4	0,11
Витамин С	8	4,7
Содержание минеральных веществ		
Калий, мг	872	892
Кальций, мг	107	86
Магний, мг	66	41
Фосфор, мг	92	125
Натрий, мг	8	8
Железо, мг	1,8	3,26

Грушевый порошок отличается высоким содержанием углеводов (62,6 г), включая моно-и дисахариды (42,3 г), что придает изделию выраженный сладкий вкус и повышает его энергетическую ценность. В технологическом процессе есть возможность снижения количества вносимого сахара по рецептуре сахарного печенья. Также он содержит значительное количество клетчатки (7,5 г) и крахмала (20,3 г), что положительно влияет на пищевую ценность и структуру печенья. Груша богата минеральными веществами, особенно кальцием (107 мг) и магнием (66 мг), а также содержит больше витамина С (8 мг) и витамина РР (1 мг). Благодаря этим свойствам, грушевый порошок способствует формированию нежной текстуры изделия, улучшает его питательные характеристики и придает легкий фруктовый аромат.

Смородиновый порошок, в свою очередь, имеет более выраженный функциональный профиль за счет высокого содержания органических кислот (2,2-3,9 г), антоцианов, пектинов и антиоксидантов. Он содержит витамины группы В (в частности В₂, В₆, и фолиевую кислоту), β-каротин и витамин Е (0,72

мг), что делает его ценным источником биологически активных веществ. Смородина также богата железом (3,26 мг) и фосфором (125 мг), что способствует улучшению состава крови и обменных процессов. Несмотря на сравнительно низкое содержание сахаров, смородиновый порошок придает выпечке характерную кислинку, усиливает вкус и аромат, а также улучшает текстуру за счет пектинов. Антиоксидантные свойства смородины способствуют замедлению процессов окисления жиров и увеличению срока хранения изделий.

Грушевый порошок предпочтителен для повышения сладости, питательной ценности и улучшения текстуры изделия, а смородиновый порошок целесообразно использовать для обогащения продукта витаминами, минеральными веществами и антиоксидантами, а также для придания насыщенного вкуса и аромата. Оптимальный эффект достигается при комбинированном использовании обоих порошков в рецептуре.

Исследовано влияние внесения грушевого порошка на количество и качество клейковины, (табл. 2).

Таблица 2. Влияние грушевого порошка на количество и качество клейковины

Варианты %-го внесения порошка	Содержание клейковины, %	Показатель по прибору ИДК-1
Контрольный образец	32	87,9
1,5 %	31	83,6
3%	29,7	80,1
4,5%	29,5	79,3
6%	29	78,9
7,5%	28,7	78,5

Грушевый порошок не содержит глютенобразующих белков и, следовательно, снижает общую концентрацию клейковинообразующих белков в тесте. Это приводит к уменьшению количества и ухудшению качества клейковинного каркаса, особенно при значительном уровне замещения пшеничной муки (рис.1). При использовании грушевого порошка наблюдается снижение как количества клейковины, так и ее качества (снижается эластичность,

растяжимость). Это особенно важно учитывать при производстве мучных изделий, где структура клейковины критична для объема и текстуры. В случае сахарного печенья, где большое количество клейковины не является приоритетом, умеренное ослабление клейковинного каркаса стало даже благоприятным, способствуя более рассыпчатой и нежной структуры.



Рисунок 1. Влияние грушевого порошка на качество клейковины

На основании анализа данных рисунка 1 установлено, что добавление 6% грушевого порошка в рецептуру сахарного печенья является оптимальным решением. Содержание клейковины при добавлении 6% грушевого порошка снизилось с 32% (контрольный

образец) до 29%, что способствовало улучшению пластичности и мягкости теста. Это связано с высоким содержанием сахаров в грушевом порошке, которые взаимодействуют с белками муки и формируют гликопротеиды, укрепляющие структуру теста.

Таблица 3. Физико-химические показатели сахарного печенья с добавлением 6% грушевого порошка и 1,5; 3; 4,5; 6; 7,5% смородинового порошка

Показатели по ГОСТ	Контрольный образец	6%+1,5	6%+3	6%+4,5	6%+6	6%+7,5
Влажность, %	6	6,3	6,9	7,2	7,8	8,5
Намокаемость, %	152,1	153,8	159,5	164,7	171,6	182,3
Щелочность, град	1,70	1,70	1,72	1,72	1,74	1,76

Добавление грушевого и смородинового порошков увеличивает влажность и намокаемость печенья, улучшая его мягкость и структурную устойчивость (табл. 3). С ростом концентрации черносмородинового

порошка увеличиваются показатели влажности (до 8,5%) и водопоглощения (до 182,3%). Щелочность меняется незначительно, что указывает на стабильность кислотно-щелочного баланса продукта.

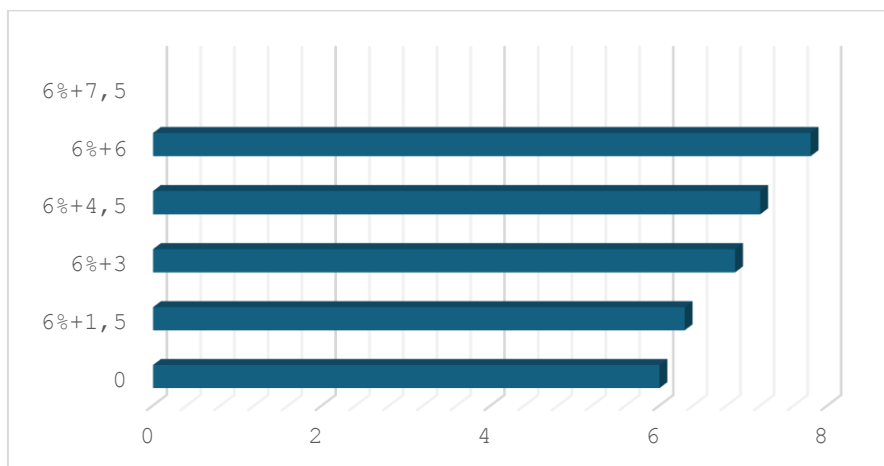


Рисунок 2. Массовая доля влаги в готовых изделиях, %

На основании данных (рис.2), можно отметить, что добавление порошка черной смородины в сочетании с 6% грушевого порошка оказывает значительное влияние на показатель влажности. В контрольном образце показатель влажности составляет 6%. При добавлении 1,5% порошка черной смородины влажность возрастает до 6,3%, при добавлении 3% — до 6,9%.

Дальнейшее увеличение содержания порошка черной смородины приводит к более выраженному росту влажности: при 4,5% она составляет 7,2%, а при максимальном добавлении 7,5% достигает 8,5%. Это

свидетельствует о способности порошка связывать и удерживать влагу, что может быть обусловлено их химическим составом, в частности, высоким содержанием пектинов и других гидрофильных веществ.

Таким образом, использование комбинации грушевого и смородинового порошков позволяет увеличить влагосодержание продукта, что важно для улучшения его текстуры и увеличения срока хранения. Данные результаты подчеркивают перспективность применения данных порошков в рецептурах функциональных продуктов питания.

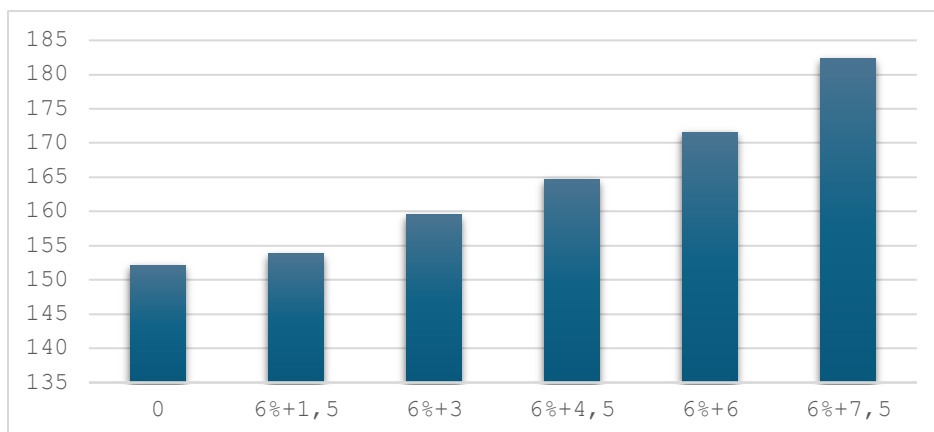


Рисунок 3. Намокаемость готовых изделий, %

На основании анализа графических данных (рис. 3) установлено, что включение порошка черной смородины в сочетании с 6 % грушевого порошка приводит к значительному увеличению показателя намокаемости теста. В контрольном образце данный показатель составляет 15,2 %, а при добавлении 1,5 % порошка черной смородины - увеличивается до 153,8 %, а при повышенной концентрации до 7,5 % достигает 182,3 %. Это указывает на выраженный синергетический эффект взаимодействия грушевого и смородинового порошков, способствующий росту влагопоглощающей способности теста.

Динамика роста намокаемости объясняется высоким содержанием гидрофильных компонентов, таких как пищевые волокна и пектин, в порошке черной смородины. Такое свойство позволяет использовать данное сочетание порошков в рецептурах изделий, где требуется повышенная влагоемкость, например, в хлебобулочной или кондитерской продукции, обеспечивая улучшенные структурные и текстурные характеристики готовых изделий.

На основании проведенного исследования было установлено, что сочетание 6% грушевого порошка и 4,5% порошка черной смородины является наиболее оптимальным вариантом для разработки рецептуры сахарного печенья. Такое сочетание ингредиентов обеспечивает сбалансированные показатели влажности (7,2%) и намокаемости (164,7%), что положительно влияет на структуру теста, его пластичность и формуемость. Благодаря этим свойствам обеспечивается улучшение органолептических характеристик готового продукта, включая мягкость и нежность текстуры.

Введение порошков в данной пропорции обогащает продукт функциональными компонентами, такими как пищевые волокна и пектины, которые содержатся в составе грушевого и смородинового порошков. Это позволяет повысить пищевую ценность печенья, сохранив его традиционные вкусовые качества. Таким образом, данный вариант рецептуры может быть рекомендован для применения в производстве сахарного печенья с улучшенными качественными характеристиками и функциональными свойствами. В дальнейшем будет исследовано содержание химического состава продукции.

Заклучение

Проведенное исследование показало, что использование порошков из груши и смородины положительно влияет на качество как полуфабрикатов, так и готовых изделий. Добавление фруктовых порошков способствует улучшению текстурных характеристик теста, делает его более пластичным и мягким, а также обеспечивает высокую водопоглощающую способность. Эти изменения улучшают процесс формирования тестовых заготовок, облегчая их обработку и создавая благоприятные условия для выпечки.

Груша и черная смородина, выступая в качестве функциональных ингредиентов, обогащают химический состав готового продукта. Высокое содержание сахаров, пищевых волокон, витаминов и органических кислот позволяет повысить питательную ценность сахарного печенья, добавляя полезные вещества, которые благоприятно влияют на организм человека. Включение этих ингредиентов также усиливает вкусовые характеристики изделий, добавляя фруктовые нотки и естественную сладость.

Оптимальным сочетанием установлено добавление 6% грушевого и 4,5 % смородинового порошков, обеспечивающее сбалансированные показатели влажности и намокаемости, улучшенную пластичность теста и высокое качество готового изделия. Применение данных компонентов в указанной пропорции целесообразно для создания функциональных кондитерских изделий с улучшенными технологическими и органолептическими свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабурова Г. В., Лукьянова Е. А. Плоды и ягоды в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий //Иновационная техника и технология. – 2018. – Т. 5. – №. 4. – С. 35-38.
2. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26– 29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 072006.
3. Кузнецов, М. Г. Переработка растительного сырья / М. Г. Кузнецов / Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы II Международной научно-практической конференции. – Казань, 2020. – С. 111-113.
4. Бакин И. А. и др. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий //Техника и

технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45. – №. 2. – С. 5-12.

5. Меренкова С.П., Полякова Е.Л. Экспериментальное обоснование применения ягодного сырья в технологии обогащенных мучных кондитерских изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. №2.

6. Гарькина П. К., Пшеницын Д. С. Фруктовое и овощное сырье в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. – 2022. – Т. 9. – №. 3. – С. 12-18.

7. Prichko TG, Droficheva NV, Smelyk TL. Chemical quality parameters of berries of black currant cultivars. Scientific Works North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making. 2019;25:123–127. (In Russ.). <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-25-123-127>; <https://elibrary.ru/JFOCYA>

8. Cho J, Kim H-J, Kwon J-S, Kim H-J, Jang A. Effect of Marination with Black Currant Juice on the Formation of Biogenic Amines in Pork Belly during Refrigerated Storage. Food Science of Animal Resources. 2021;41(5):763–778. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e34>

9. Кузнецов М. Г., Кузнецова А. М. Применение нетрадиционного сырья (Черная смородина) в производстве ржаного хлеба // Редакционная коллегия: д. т. н., доцент Валиев АР; д. т. н., профессор Зиганшин БГ; д. т. н., доцент Калимуллин МН; д. э. н., профессор. – 2023. – С. 228.

10. Akimov MYu, Bessonov VV, Kodentsova VM, Eller KI, Vrzhesinskaya OA, Beketova NA, et al. Biological value of fruits and berries of Russian production. Problems of Nutrition. 2020;89(4):220–232. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>; <https://elibrary.ru/UOAQLM>

11. Tian Y, Laaksonen O, Haikonen H, Vanag A, Ejaz H, Linderborg K, et al. Compositional Diversity among Blackcurrant (*Ribes nigrum*) Cultivars Originating from European Countries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019; 67(19):5621–5633. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00033>

12. Ejaz A, Waliat S, Afzaal M, Saeed F, Ahmad A, Din A, et al. Biological activities, therapeutic potential, and pharmacological aspects of blackcurrants (*Ribes nigrum* L): A comprehensive review. Food Science and Nutrition. 2023; 11(10):5799–5817. <https://doi.org/10.1002/fsn.3592>

13. В. М. Коденцова, Д. В. Рисник, Е. М. Серба, И. М. Абрамова, Е. Н. Соколова, Е. Р. Крючкова, Л. В. Римарева Перспективы комплексной переработки ягод черной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2024. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-kompleksnoy-pererabotki-yagod-chernoy-smorodiny> (дата обращения: 25.12.2024).

14. Kowalski R, Gustafson E, Carroll M, de Gonzalez ME. Enhancement of Biological Properties of Blackcurrants by Lactic Acid Fermentation and Incorporation into Yogurt: A Review. Antioxidants. 2020;9(12):1194. <https://doi.org/10.3390/antiox9121194>

15. Trych U, Buniowska M, Skapska S, Kapusta I, Marszałek K. Bioaccessibility of Antioxidants in Blackcurrant Juice after Treatment Using Supercritical Carbon Dioxide. Molecules. 2022;27(3):1036. <https://doi.org/10.3390/molecules27031036>

16. Khakimzhanov A., Shansharova D., Abdraimova D., Hrivna L., Sotnicova V. Developing an assortment of bakery products in Kazakhstan from the standpoint of healthy eating. 2014. 8(6); pages 6-10.

17. Викторова Е. П. и др. Исследование влияния пищевой добавки "Порошок грушевый" на качество и свойства пшеничной муки // Новые технологии. – 2018. – №. 2. – С. 18-23.

18. Гусакова Г. С., Евстафьев С. Н. Использование грушевой выжимки в производстве пищевых продуктов // Инновационная техника и технология. – 2016. – Т. 3. – №. 3. – С. 5-11.

19. Шульга О.С., Шульга С.И. Фруктовые и овощные порошки – необходимое сырье для продуктов здорового питания // Материалы Юбилейной X научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты». – М., 2012. – С. 291-293

20. Аманова З.М., Мажидов К.Х., Музаффаров Д.Ч. Использование продуктов переработки айвы в хлебопечении // Хлебопечение России. – 1998 №4. – С. 26.

REFERENCES

1. Shaburova G. V., Lukyanova E. A. Plody i yagody v tekhnologii khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdeliy [Fruits and berries in the technology of bakery and flour confectionery products] // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. – 2018. – Т. 5. – №. 4. – С. 35-38. (in Russian)

2. Study of power consumption in vibromixing apparatus during Jerusalem artichoke drying / M. G. Kuznetsov, N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 fevralya 2020 goda. – Voronezh, 2021. – P. 072006.

3. Kuznetsov, M. G. Pererabotka rastitel'nogo syr'ya [Processing of plant raw materials] / M. G. Kuznetsov // Razvitie APK i sel'skikh territoriy v usloviyakh modernizatsii ekonomiki: Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Kazan', 2020. – С. 111-113. (in Russian)

4. Bakin I. A. i dr. Ispol'zovanie vtorichnykh resursov yagodnogo syr'ya v tekhnologii konditerskikh i khlebobulochnykh izdeliy [Utilization of secondary berry raw materials in the technology of confectionery and bakery products] // Tekhnika i tekhnologiya

pishchevykh proizvodstv. – 2017. – Т. 45. – №. 2. – С. 5-12. (in Russian)

5. Merenkova Svetlana Pavlovna, Polyakova Elena Leonidovna Eksperimental'noe obosnovanie primeneniya yagodnogo syr'ya v tekhnologii obogashchennykh muchnykh konditerskikh izdeliy [Experimental justification for the use of berry raw materials in the technology of enriched flour confectionery products] // Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. 2018. №2. (in Russian)

6. Garkina P. K., Pshenitsyn D. S. Fruktovoe i ovoshchnoe syr'yo v tekhnologii khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdeliy [Fruit and vegetable raw materials in the technology of bakery and flour confectionery products] //Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. – 2022. – Т. 9. – №. 3. – С. 12-18. (in Russian)

7. Prichko T. G., Droficheva N. V., Smelyk T. L. Chemical quality parameters of berries of black currant cultivars. Scientific Works North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making. 2019;25:123–127. (In Russ.). <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-25-123-127>; <https://elibrary.ru/JFOCYA>

8. Cho J, Kim H-J, Kwon J-S, Kim H-J, Jang A. Effect of Marination with Black Currant Juice on the Formation of Biogenic Amines in Pork Belly during Refrigerated Storage. Food Science of Animal Resources. 2021;41(5):763–778. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e34>

9. Kuznetsov M. G., Kuznetsova A. M. Primenenie netraditsionnogo syr'ya (Chernaya smorodina) v proizvodstve rzhano go khleba [Use of unconventional raw materials (black currant) in rye bread production] //Redaktsionnaya kollegiya: d. t. n., dotsent Valiev A. R.; d. t. n., professor Ziganshin B. G.; d. t. n., dotsent Kalimullin M. N.; d. e. n., professor. – 2023. – С. 228. (in Russian)

10. Akimov M. Yu., Bessonov V. V., Kodentsova V. M., Eller K. I., Vrzhesinskaya O. A., Beketova N. A., et al. Biological value of fruits and berries of Russian production. Problems of Nutrition. 2020;89(4):220–232. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>; <https://elibrary.ru/UOAQLM>

11. Tian Y, Laaksonen O, Haikonen H, Vanag A, Ejaz H, Linderborg K, et al. Compositional Diversity among Blackcurrant (*Ribes nigrum*) Cultivars Originating from European Countries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019; 67(19):5621–5633. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00033>

12. Ejaz A, Waliat S, Afzaal M, Saeed F, Ahmad A, Din A, et al. Biological activities, therapeutic

potential, and pharmacological aspects of blackcurrants (*Ribes nigrum* L): A comprehensive review. Food Science and Nutrition. 2023; 11(10):5799–5817. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3592>

13. V. M. Kodentsova, D. V. Risnik, E. M. Serba, I. M. Abramova, E. N. Sokolova, E. R. Kryuchkova, L. V. Rimareva Perspektivy kompleksnoy pererabotki yagod chernoy smorodiny [Perspectives on the comprehensive processing of black currant berries] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2024. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-kompleksnoy-pererabotki-yagod-chernoy-smorodiny> (data obrashcheniya: 25.12.2024). (in Russian)

14. Kowalski R, Gustafson E, Carroll M, de Gonzalez M. E. Enhancement of Biological Properties of Blackcurrants by Lactic Acid Fermentation and Incorporation into Yogurt: A Review. Antioxidants. 2020;9(12):1194. <https://doi.org/10.3390/antiox9121194>

15. Trych U, Buniowska M, Skapska S, Kapusta I, Marszałek K. Bioaccessibility of Antioxidants in Blackcurrant Juice after Treatment Using Supercritical Carbon Dioxide. Molecules. 2022;27(3):1036. <https://doi.org/10.3390/molecules27031036>

16. Khakimzhanov A., Shansharova D., Abdraimova D., Hrivna L., Sottnicova V. Developing an assortment of bakery products in Kazakhstan from the standpoint of healthy eating. 2014. 8(6); pages 6–10.

17. Viktorova E. P. i dr. Issledovanie vliyaniya pishchevoy dobavki “Poroshok grushevyy” na kachestvo i svoystva pshenichnoy muki [Study of the effect of the food additive “Pear Powder” on the quality and properties of wheat flour] //Novye tekhnologii. – 2018. – №. 2. – С. 18-23. (in Russian)

18. Gusakova G. S., Evstaf'ev S. N. Ispol'zovanie grushevoy vyzhimki v proizvodstve pishchevykh produktov [Use of pear pomace in food production] //Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. – 2016. – Т. 3. – №. 3. – С. 5-11.

19. Shulga O.S., Shulga S.I. Fruit and vegetable powders are essential raw materials for healthy food products//Materials of the Anniversary Scientific and practical conference with international participation "Technologies and products of healthy nutrition. Functional food products." Moscow, 2012. pp.291-293.

20. Amanova Z.M., Mazhidov K.Kh., Muzaffarov D.Ch. The use of quince processing products in bakery//Bakery of Russia. - 1998.No. 4.- p.26.

АСПАЗДАРДЫҢ ДЕНСАУЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ МАҚСАТЫНДА ҚОРҒАНЫС ФАРТУГЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Л.Т. САРТТАРОВА* , Н.А. ЕГЕН , М.Т. КАЛДЫГУЛОВА 

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

Автор-корреспонденттің электронды поштасы: sarttarova.l@atu.kz*

Бұл зерттеу асханалық өндірісте қызмет атқаратын аспаздардың еңбек қауіпсіздігін арттыруға бағытталған арнайы жұмыс киімінің эргономикалық, гигиеналық және қорғаныс қасиеттерін кешенді бағалауға арналған. Жұмыс барысында негізгі назар екі материал түріне – негізгі жұмыс костюміне арналған Панацея Премиум В7420 матасына және қорғаныс фартугына арналған отқа төзімді Пробан материалына аударылды. Зерттеудің мақсаты – аспаздардың кәсіби қызметінің биомеханикалық ерекшеліктерін ескере отырып, қауіпсіз және эргономикалық киім моделін ғылыми тұрғыдан негіздеу. Зертханалық сынақтар материалдардың физика-механикалық беріктігін, ауа өткізгіштік деңгейін, термиялық тұрақтылығын, ылғал сіңіру қабілетін, жану динамикасын және гигиеналық сипаттамаларын анықтауға бағытталды. Қосымша ретінде, аспаз жұмысына тән қозғалыстар: алға еңкею, қолды жоғары көтеру, жсылдам бұрылу және ұзақ уақыт тік тұру жағдайлары кезінде фартуктың эргономикалық бейімділігі бағаланды. Пробан материалының жоғары температура әсеріне төзімділігі, өздігінен соғу қабілеті және деформацияға ұшырамауы оның кәсіби қауіптерді азайтуда тиімді шешім екенін көрсетті. Сондай ақ Пробан материалының термиялық әсерден, ашық жалыннан және жоғары температуралық факторлардан қорғау деңгейін айтарлықтай арттыратынын көрсетті. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде аспаздарға арналған арнайы киімнің қауіпсіздік, жайлылық және функционалдық талаптарға толық сәйкес келетін ғылыми негізделген моделі ұсынылды.

Негізгі сөздер: эргономика, қорғаныс материалдары, асханалық өндіріс, отқа төзімді, Пробан, термиялық тұрақтылық.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ФАРТУКА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПОВАРОВ

Л.Т.САРТТАРОВА*, Н.А.ЕГЕН, М.Т.КАЛДЫГУЛОВА

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

Электронная почта автора-корреспондента: sarttarova.l@atu.kz*

Данное исследование посвящено комплексной оценке эргономических, гигиенических и защитных свойств специальной рабочей одежды для поваров, направленной на повышение уровня профессиональной безопасности в условиях пищевого производства. Основное внимание уделено двум типам материалов – ткани Панацея Премиум В7420, применяемой для изготовления базового рабочего костюма, и трудногорючему материалу Пробан, используемому для проектирования защитного фартука. Цель исследования заключается в научном обосновании безопасной и эргономичной модели одежды с учетом биомеханических особенностей профессиональной деятельности поваров. Лабораторные испытания были направлены на определение физико-механической прочности материалов, уровня воздухопроницаемости, термостойкости, влагопоглощения, динамики горения и санитарно-гигиенических характеристик. Дополнительно проведена эргономическая оценка поведения фартука при типичных производственных движениях: наклон вперед, поднятие рук, быстрый поворот корпуса и длительная работа в положении стоя. Материал пробан продемонстрировал устойчивость к воздействию высоких температур, способность к самозатуханию и сохранение структуры при контакте с горячими брызгами масла, что подтверждает его эффективность как защитного барьера. Полученные результаты показали что материал Пробан значительно увеличивает уровень защиты от теплового воздействия, открытого пламени и термических факторов. По итогам исследования разработана научно обоснованная модель двухкомпонентного комплекта специальной одежды, соответствующая требованиям безопасности, комфорта и функциональности.

Ключевые слова: эргономика, защитная одежда, кухонное производство, огнестойкие материалы, Пробан, термостойкость.

STUDY THE PROPERTIES OF A PROTECTIVE APRON TO ENHANCE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY OF CHEFS

L.T. SARTTAROVA*, N.A. YEGEN, M.T. KALDYGULOVA

(Almaty technological university, 050012, Kazakhstan, Almaty, Tole bi 100)

Corresponding author's e-mail: sarttarova.l@atu.kz*

This study is dedicated to a comprehensive evaluation of the ergonomic, hygienic, and protective properties of specialized workwear for chefs aimed at increasing the level of occupational safety in food production environments. The main focus is placed on two types of materials: Panacea Premium B7420 fabric, applied in the design of protective apron. The purpose of the research is to scientifically justify a safe and ergonomic clothing model, taking into account the biomechanical characteristics of chefs' professional activities. Laboratory tests were conducted to determine the physical and mechanical strength of the materials, air permeability level, thermal resistance, moisture absorption, burning dynamics, and sanitary-hygienic properties. Additionally, an ergonomic assessment of apron performance was carried out during typical production movements such as bending forward, raising arms, rapid torso rotation, and prolonged standing. The Proban material demonstrated resistance to high temperatures, the ability to self-extinguish, and structural stability when exposed to hot oil splashes, confirming its effectiveness as a protective barrier. The obtained results showed that Proban significantly increases the level of protection against heat exposure, open flame, and thermal hazards. Based on the findings, a scientifically grounded model of a two-component set of specialized workwear was developed, meeting the requirements of safety, comfort, and functionality.

Keywords: ergonomics, protective clothing, kitchen production, flame-retardant materials, Proban, thermal resistance.

Kіpіcne

Қоғамдық тамақтандыру саласында еңбек ететін аспаздардың кәсіби қызметі жоғары температура, ашық жалын, ыстық бу, май шашырауы және ұзақ уақыт бойы тұрып жұмыс істеу сияқты өндірістік факторлармен тікелей байланысты. Мұндай ортада жұмысшының денсаулық қауіпсіздігін қамтамасыз ету – өндірістік гигиенаның негізгі талаптарының бірі. Соңғы жылдары тағам өндірісіндегі қауіпсіздік стандарттары күшейіп, қызметкерлердің қорғаныс киіміне қойылатын талаптар да артты. Әсіресе, термиялық әсерлерден қорғайтын арнайы материалдардың тиімділігі мен эргономикалық қасиеттерін ғылыми тұрғыда бағалау қажеттілігі өзекті мәселе болып отыр.[1]

Аспаздарға арналған қорғаныс фартугын жобалау кезінде киімнің отқа төзімділігі, материалдың физика-механикалық беріктігі, ауа және бу өткізгіштігі, ылғал сіңіру қабілеттілігі, сонымен қатар биомеханикалық қозғалыстарға бейімделуі сияқты көрсеткіштер маңызды рөл атқарады. Өндірістік ортада қауіптің жоғары болуына байланысты фартуктың тиімді моделі қызметкердің қауіпсіздігін арттырумен қатар, оның жұмыс өнімділігі мен жайлылығына әсер етеді.[2]

Егер аспаздар үшін арнайы қорғаныс фартугын отқа төзімді, баяу жанғыш, термиялық тұрақтылығы жоғары Пробан материалынан жобалап, ал негізгі костюмге Панацея матасын

қолдансақ, жалын, ыстық май шашырауы және механикалық әсерлер жағдайында қызметкердің еңбек қауіпсіздігін айтарлықтай арттырады және эргономикалық жайлылық сақтайды.[3]

Осы зерттеу жұмысының мақсаты – аспаздар үшін арнайы қорғаныс фартугын ғылыми негізде бағалау, оның материалдық құрамын, функционалдық тиімділігін және эргономикалық сипаттамаларын талдау. Зерттеу барысында Пробан сияқты отқа төзімді материалдардың қасиеттері зертханалық сынақтар арқылы салыстырылып, өндірістік жағдайларда қолдану қолайлылығы анықталды. Алынған нәтижелер тағам өндірісінде пайдалануға арналған қауіпсіз әрі тиімді арнайы киім үлгісін жобалауға мүмкіндік береді.

Осылайша, зерттеудің өзектілігі тағам өндірісі қызметкерлерінің кәсіби денсаулығын қорғауға бағытталған заманауи, эргономикалық әрі жоғары қорғаныс деңгейіне ие жұмыс киімін жасау қажеттілігімен айқындалады.[4]

Зерттеу әдістері мен материалдары

Зерттеу жұмысының материалдық базасы ретінде аспаздардың кәсіби қызметінде жиі қолданылатын екі түрлі тоқыма материалы таңдалды: негізгі жұмыс костюміне арналған Панацея Премиум B7420 матасы және қорғаныс фартугына арналған отқа төзімді Пробан материалы. Аталған материалдар өндірістік гигиена, термиялық қауіпсіздік және эргономика талаптарына сәйкес таңдалып, олардың

құрылымдық, физикалық және химиялық қасиеттері кешенді талдаудан өткізілді.[5]

Материалдардың сапалық көрсеткіштерін бағалау үшін бірқатар стандартизеленген сынақ әдістері қолданылды. Талшықтың құрамын, жіптің құрылымын және материалдың тоқылу тығыздығын анықтау ГОСТ 3816-81, ГОСТ 6611.2-73 және ГОСТ 8847-85 талаптарына сәйкес жүргізілді. Маталардың физика-механикалық беріктігі, оның ішіндегі созылуға және жыртылуға төзімділігі ГОСТ 270-75 әдістері бойынша бағаланды. [6]

Материалдардың қасиеттерін салыстыру үшін зертханалық деректер негізінде интегралды бағалау әдістері қолданылды. Кестеде көрсетілгендей, екі материалдың негізгі эксплуатациялық параметрлері салыстырылып, олардың қауіпсіздік деңгейіне әсер ету коэффициенті есептелді. Алынған сандық мәліметтер математикалық статистика әдістерімен өңделіп, стандартты қателік, орташа мән вариациялық коэффициенттер анықталды.

Осы тәсілдер жиынтығы зерттеу нәтижелерінің дәлдігі мен ғылыми негізділігін қамтамасыз етті және аспаздарға арналған арнайы қорғаныс фартугын жобалауда материалдардың тиімділігін кешенді бағалауға мүмкіндік берді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Тамақ өндірісіндегі еңбек ортасы көпфакторлы физикалық, химиялық және

Кесте 1. Қауіп факторларын бағалау

№	Қауіп факторы	Температуралық немесе әсер ету деңгейі	Әсер ету механизмі
1	Май шашырауы	180-250°C	Конвективті жылу және қызған май тамшылары
2	Пеш/плита жылуы	150-200°C	Инфракызыл сәуле және жанама қызу
3	Ыстық бу	100-110°C	Бу күйігі, ылғалды жылу
4	Өткір құралдар	Механикалық күш 10-20 Н	Қию, тесу, жырту
5	Химиялық заттар	Хлор, сілті, жуғыш ерітінділер	Полимер бұзылуы, түс өзгеруі

Пеш пен плита аймағындағы 150-200°C диапазонындағы инфракызыл сәулелену де елеулі қауіпті фактор болып табылады. Инфракызыл сәулеленің ткань беткі қабатында абсорбциясы радиациялық жылу тасымалын күшейтіп, материалдың ішкі құрылымына жылудың терең өтуін жылдамдатады. Сондықтан фартуктың талшықтық матрицасы термо-стабильді болуы, ал жылулық релаксация уақыты ұзақ болуы тиіс. Қаныққан бу әсері кезінде конденсация құбылысы жасырын жылу бөлінуімен қатар жүреді, бұл ылғалды күйікке әкеледі. Сондықтан материалдың гидрофобты қасиеттері, су

термикалық жүктемелермен сипатталады. Аспаздар күнделікті кәсіби қызметінде жоғары температуралы жабдықтармен, тез қызатын майлармен, өткір құралдармен және агрессивті химиялық реагенттермен тікелей әрекеттеседі. Осы факторлардың жиынтық әсері қызметкерлердің кәсіби қауіпсіздігіне елеулі қатер төндіреді. [7]

Зерттеу барысында аспаздардың жұмыс процессіне тән негізгі қауіп көздері анықталды және тәуекел деңгейі бағаланды.

Кәсіби аспаздардың еңбек ортасы көпкомпонентті техногендік қауіптермен сипатталатындықтан, жеке қорғаныс құралдарының материалдық құрылымына қойылатын талаптар классикалық тоқыма өнімдеріне қарағанда едәуір жоғары. Өндірістік процестердің термиялық, радиациялық, механикалық және химиялық факторларының бір мезгілде әсер етуі адам терісінің зақымдану қауіпін арттырады. Мысалы, 180-250°C дейін қыздырылған майдың жылу сыйымдылығы мен жылу өткізгіштігі термиялық энергияның тікелей берілуін күшейтеді. Осындай жағдайларда фартук материалының жылулық диффузиясы төмен, жылу инерциясы жоғары және майды сіңірмеу қабілеті минималды болуы қажет – бұл теріге түсетін жылу импульсін бәсеңдетудің негізгі механизмі.[8]

сіңіргіштігінің төмендігі және бу диффузиясының бақылануы өте маңызды.[9]

Асүйдегі өткір құралдардан туындайтын механикалық қауіптер де ескерілмей қоймайды. Пышақ, сатыр немесе басқа да тесу-қию құралдары материалға динамикалық жүктеме түсіретіндіктен, фартук жоғары жыртылуға төзімділікке, тесу күшіне қарсы белсенді механикалық беріктікке және абразивтік тұрақтылыққа ие болуы қажет. Сонымен қатар асханалық тазарту құралдарының химиялық агрессиясы – хлорсодалы, сілтілі ерітінділер мен май еріткіштердің әсері – материалдың полимерлік құрылымын деградацияға ұшыратуы

мүмкін. Осыған байланысты химиялық инерттілік пен қорғаныс үлдірінің болуы материалдың жұмыс қабілеттілігін ұзақ мерзімге сақтаудың маңызды элементі саналады.[10]

Факторлардың салыстырмалы қауіптілігін анықтау үшін интегралды тәуекелді бағалау жүргізіліп, оның нәтижелері кестеде көрсетілгендей, әр қауіп көзі және әсер ету механизмдері бағаланды. Кестеде ұсынылған деректер май шашырауы мен инфрақызыл сәуле

әсерінің ең жоғары тәуекел коэффициентін қалыптастыратынын көрсетті, бұл әсері мен механикалық жарақаттану орташа деңгейде, ал химиялық факторлар салыстырмалы түрде төмен, бірақ маңызды тәуекел аймағына жататыны анықталды. Интегралды көрсеткіштер фартук материалының термиялық, механикалық және химиялық қорғаныс қасиеттерінің үйлесімді түрде қамтамасыз етілуінің қажеттігін дәлелдейді. [11]

Кесте 2. Материалдардың физика-механикалық көрсеткіштерінің салыстырмалы нәтижесі.

№	Материал атауы	Тарту күші (кН)	Жыртылу күші (Н)	Жану уақыты (сек)	Жылу өткізгіштігі (Вт/(мК))*
1	Мақта матасы	1,5	25	15	0,06
2	Аралас (65%ПЭ/35%ВС)	1,8	30	12	0,055
3	Полиэстер	2,0	35	10	0,05
4	Пробан	2,2-2,5	40	3-4	0,045

Матаның физика-механикалық қасиет-терін салыстыру үшін Пробан матасына және классикалық мақта, аралас (ПЭ/ВС) және полиэстер маталарына лабораториялық сынақтар өткізілді. Осы зерттеу барысында келесі стандарттар қолданылды: ГОСТ ISO 13934-1 – 2021 – максималды тарту күші мен созылғыштығын өлшеу әдісі; ГОСТ R ISO 13937-1 – 2012 – жыртылуға төзімділікті баллистикалық маятник (Эльмендорф) әдісімен анықтау; ГОСТ R 50810-95 – текстильдік материалдардың жануын анықтау.

Зерттеу бойынша, Пробан материалы классикалық мақта және аралас маталармен салыстырғанда механикалық беріктік (тарту және жыртылу күші) жағынан жоғары. Осы жоғары көрсеткіштер талшықаралық құрылымның тығыздығы мен антипиренді өңдеу арқасында қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, Пробан матасының қалдық жалын уақыты өте қысқа – тек 3-4 секунд шамасында, бұл жоғары деңгейлі отқа төзімділікті білдіреді. Бұл нәтиже ГОСТ R 50810-95 стандартындағы «тұтанғаннан кейінгі жалын

уақыты» өлшеуіне сай болып, материалдың баяу жанғыш классына жатуын дәлелдейді.

Физикалық қасиеттеріне келсек, Пробан матасының жылу өткізгіштік коэффициенті (болжамды мән – 0,045 Вт/(мК)) төмендеу болғандықтан, ол жоғары температура әсерінен жылуды тиімді тежей алады. Бұл қасиет әсіресе аспаздық өндірісінде, май шашырауы немесе ИҚ-сәулелену жағдайында маңызды қорғаныс береді.[12]

Осылайша, механикалық, термиялық және қауіпсіздік қасиеттерінің кешенді талдауы Пробан материалының негізгі маталардан айтарлықтай артықшылықтары бар екенін көрсетеді. Мұндай артықшылықтар оны фартук ретінде қолдануға ғылыми түрде негіздейді.

Аспаздық өндірістегі еңбек әрекеттерінің биомеханикалық құрылымы фартук материалының салмағына, қаттылығына және қимыл еркіндігіне тікелей тәуелді. Осыған байланысты жүргізілген эргономикалық зерттеу барысында аспаздар орындауға мәжбүр болатын негізгі қозғалыс түрлері талданды:

Кесте 3. Аспаздардың негізгі жұмыс қозғалыстары және фартук материалына қойылатын талаптар

№	Қозғалыс түрі	Қозғалыстың сипаттамасы	Қойылатын эргономикалық талаптар
1	Алға еңкею	Ингредиенттерді алу, пешке еңкею, үстелге жақындау	Материал жеңіл болуы, қаттылық тудырмау, бел аймағында жиналып қалмауы
2	Қолды жоғары көтеру	Сорелерден зат алу, ас құралдарын ілу	Иық аймағында тартылмау, созылу қасиеті жақсы болуы
3	Жылдам айналу	Ас үй ішінде маневр жасау, бірнеше операцияны қатар орындау	Қимыл еркіндігін шектемеу, үйкеліс коэффициенті төмен болуы
4	Ұзақ уақыт тік тұру	Тұрақты қимыл және статикалық жүктеме	Материалдың салмағы минималды болуы, тер бөлуді қиындатпау, ауа өткізгіштігі жоғары болуы

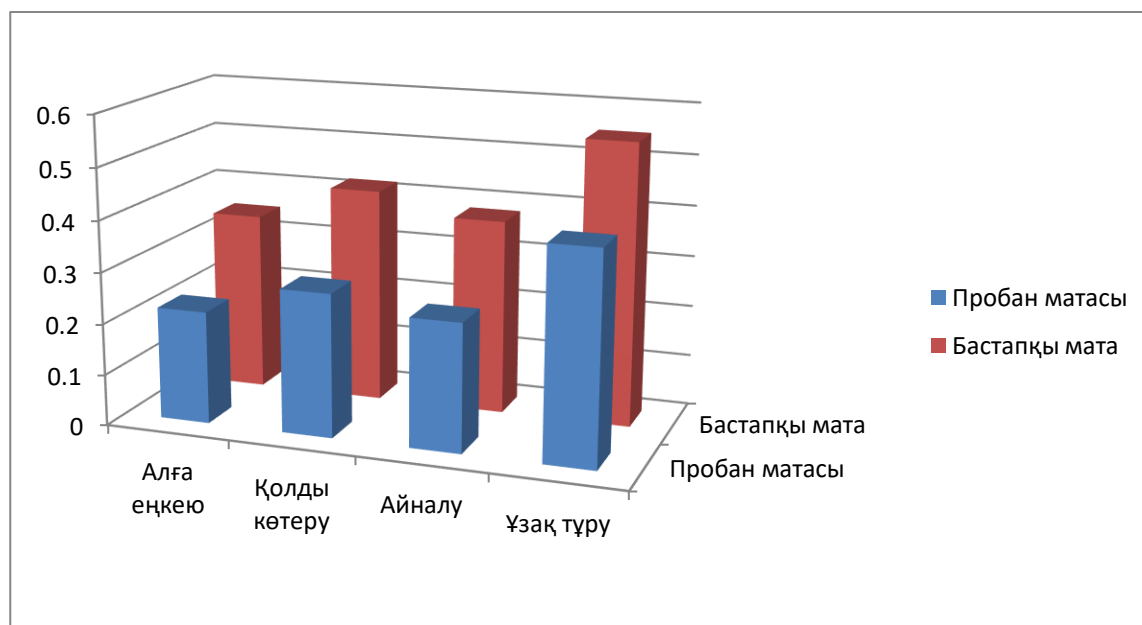
МЕМСТ 12.2.033 – 2012 «Еңбекті қорғау. Арнайы киімнің эргономикалық талаптары» стандарттарының негізгі критерийлеріне сүйене отырып зерттеу жұмыстары жүргізілді. Қимыл амплитудасы, дене бұлшықеттерінің кернеуі және локомоторлық еркіндік деңгейі бағаланды. Сонымен қатар, фартук материалының массасы, қаттылығы, қалыңдығы және иілгіштік модулі талданды [14].

Зерттеу нәтижелері 1-диаграммада көрсетілгендей, Пробан материалы стандартты мақта немесе аралас маталармен салыстырғанда эргономикалық жүктемені 20-35% дейін төмендетеді. Бұл оның төмен меншікті салмағы, талшықаралық ауа өткізгіштігі және материалдың құрылымдық икемділігімен түсіндіріледі. Мысалы, алға еңкею кезінде дене алдындағы жүктеме 0,35-тен 0,22-ге дейін азайғаны анықталды. Бұл көрсеткіштер фартуктың жалпы

массасының төмендеуі және қозғалысқа кедергі келтірмеуімен байланысты.

Ұзақ уақыт тік тұрып жұмыс істеу процестерінде де оң өзгеріс байқалды: статикалық жүктеме 0,55-тен 0,41-ше бірлікке дейін төмендеді. Бұл нәтижелер материалдың қатаңдық модулінің төмен болуын және дене контурына жеңіл бейімделетін құрылымын дәлелдейді.[13]

Жүргізілген зертханалық-бақылау сынақтары Пробан материалының эргономикалық тиімділігін объективті түрде дәлелдеп, оны кәсіби аспаздар үшін арнайы қорғаныс киімдеріне қолданудың қисындылығын арттырады. Материалдың жеңілдігі, иілгіштігі және қозғалыс кезіндегі механикалық кедергіні азайту қабілеті еңбек өнімділігін жоғарылатып, шаршау деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді.



Сурет 1. Диаграмма 1 – Фартук маталарының эргономикалық әсерін салыстыру

Жүргізілген зертханалық-эксперименттік талдаулардың нәтижесінде негізгі жұмыс костюміне арналған Панацея Премиум В7420 матасының өндірістік гигиена, эргономика және физика-механикалық талаптарына толық сәйкес келетіні анықталды. Матаның құрылымдық тығыздығы, ауа өткізгіштігі және гигиеналық сипаттамалары аспаздардың ұзақ уақыт бойы жұмыс істеу жағдайында терморегуляциялық тұрақтылықты сақтайтынын көрсетті. Сонымен бірге, материалдың салмақ жеңілдігі мен иілгіштік модулі қозғалыс еркіндігін шектемейтінін дәлелдеді.[14]

Қорғаныс фартуына арналған Пробан материалының қасиеттерін бағалау кезінде оның жоғары температуралы май шашырауы, жалын, инфрақызыл жылулық және қаныққан бу әсеріне қарсы қорғаныс деңгейі стандартты маталардан айтарлықтай жоғары екені анықталды. Лабораториялық сынақтар нәтижесі бойынша Пробан матасы баяу жанғыш материалдар тобына жататындығы, жану уақытының минималды екендігі және өздігінен сөну қабілетінің жоғары екендігі дәлелденді. Бұл көрсеткіш аспаздардың кәсіби қызметіндегі негізгі қауіпті факторларды айтарлықтай төмендетеді. [15]

Эргономикалық сынақтар да оң нәтиже көрсетті: жобаланған фартук моделі жұмыс қимылдарының биомеханикасына сәйкес келетінін, қозғалыс диапазонын шектемейтінін және денеге бейімделгіштігі оператордың шаршауын 20-30% азайтуға мүмкіндік береді (нәтижелер кесте және диаграммада көрсетілген). [16]

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері фартуктың конструктивтік шешімі мен қолданылған материалдардың қорғаныс, эргономикалық және гигиеналық тиімділігін дәлелдеп, жобаның қауіпсіздік деңгейін жоғары технологиялық деңгейге жеткізгенін көрсетті.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. БАЛҚАРА Нұрпейісова А.Б., Мырзабекова Г.А. Тоқыма материалтану негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2019. – 248б.
2. Шәріпова С.Қ., Қалибаева А.Б. Киім конструкциялау және модельдеу. – Алматы: Эверо, 2020.
3. Қасымова Г.Ә., Жолдасова А.Ә. Тоқыма бұйымдарының сапасын бағалау. – Алматы: Эверо, 2021.
4. ГОСТ 12088–77. Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости.
5. Белова В.В., Гусев В.Г. Материаловедение швейных изделий. – Москва: Академия, 2018.
6. Толегенова С.У. Жеңіл өнеркәсіптегі материалдардың қасиеттері. – Алматы: Қазақ университеті, 2017.
7. ГОСТ 12.4.026–2015. ССБТ. Одежда специальная защитная. Общие требования.
8. ГОСТ Р ISO 15025–2016. Одежда защитная. Метод определения поведения тканей при воздействии пламени.
9. ГОСТ 3816–81. Материалы текстильные. Методы определения структуры тканей.
10. ГОСТ ISO 13934-1–2014. Ткани. Определение разрывной нагрузки.
11. Зубцов А.П., Трофимова Н.Е. Термостойкие и огнезащитные композиции для текстильных материалов. – Москва: Химия, 2016.
12. Серікбаева М.Қ. Арнайы киімдердің эргономикасы және қауіпсіздігі. – Алматы: ҚР БҒМ баспа орталығы, 2018.
13. Исаев А.А., Чернышева Е.В. Материаловедение и теория одежды. – Москва: Форум, 2021. – 305ст.
14. ГОСТ 12.2.033 – 2012 «Еңбекті қорғау. Арнайы киімнің эргономикалық талаптары»
15. Каменева Н.А. Гигиена одежды и обуви. – Москва: Академия, 2017.
16. Құрманқұлова Л.Т. Арнайы киім және өндірістік қорғаныс бұйымдары. – Алматы: Қазақ университеті, 2020.

REFERENCES

1. Nurpeisova A.B., Myrzabekova G.A. Tokyma materialtanu negizderi [Fundamentals of Textile Materials Science]. – Almaty: Qazaq universiteti, 2019. – 248 p. (in Kazakh)
2. Sharipova S.Q., Qalibaeva A.B. Kiim konstruktialau zhәне modeldeu [Clothing Construction and Modeling]. – Almaty: Evero, 2020. (in Kazakh)
3. Serikbaeva M.Q. Arnaiy kiimderdin ergonomikasy zhәне qauipsizdigi [Ergonomics and Safety of Special Clothing]. – Almaty: QR BFM baspa ortalygy, 2018. (in Kazakh)
4. Qasymova G.Ә., Zholdasova A.Ә. Tokyma buyymdarynyn sapasyn bagalau [Quality Assessment of Textile Products]. – Almaty: Evero, 2021. (in Kazakh)
5. Belova V.V., Gusev V.G. Materialovedenie shveinykh izdelii [Materials Science of Garment Products]. – Moskva: Akademiya, 2018. (in Russian)
6. GOST 12.4.026–2015. SSBT. Odezhda spetsialnaya zashchitnaya. Obshchie trebovaniya [Protective Special Clothing. General Requirements]. (in Russian)
7. GOST R ISO 15025–2016. Odezhda zashchitnaya. Metod opredeleniya povedeniya tkanei pri vozdeistvii plameni [Protective Clothing. Method for Determining Fabric Behavior under Flame Exposure]. (in Russian)
8. GOST 3816–81. Materialy tekstilnye. Metody opredeleniya struktury tkanei [Textile Materials. Methods for Determining Fabric Structure]. (in Russian)
9. GOST 12088–77. Materialy tekstilnye. Metod opredeleniya vozdukhoproneimosti [Textile Materials. Method for Determining Air Permeability]. (in Russian)
10. GOST ISO 13934-1–2014. Tkani. Opreделение razryvnoi nagruzki [Textiles. Determination of Tensile Strength]. (in Russian)
11. Zubtsov A.P., Trofimova N.E. Termostoikiye i ognезashchitnye kompozitsii dlya tekstilnykh materialov [Heat-Resistant and Flame-Retardant Compositions for Textile Materials]. – Moskva: Khimiya, 2016. (in Russian)
12. Tulegenova S.U. Zhenil onerkasiptegi materialdardyn kasietteri [Properties of Materials in Light Industry]. – Almaty: Qazaq universiteti, 2017. (in Kazakh)
13. Isaev A.A., Chernysheva E.V. Materialovedenie i teoriya odezhdy [Materials Science and Clothing Theory]. – Moskva: Forum, 2021. – 305 p. (in Russian)
14. GOST 12.2.033–2012. Enbektі qorǵau. Arnaiy kiimnin ergonomikalyq talaptary [Occupational Safety. Ergonomic Requirements for Special Clothing]. (in Kazakh/Russian)
15. Kameneva N.A. Gigiena odezhdy i obuvi [Hygiene of Clothing and Footwear]. – Moskva: Akademiya, 2017. (in Russian)
16. Qurmanqulova L.T. Arnaiy kiim zhәне ondiristik qorǵanys buyymdary [Special Clothing and Industrial Protective Equipment]. – Almaty: Qazaq universiteti, 2020. (in Kazakh)

ОҢТҮСТІК ЖӘНЕ СОЛТҮСТІК ӨНІРЛЕРДЕГІ КАДЕТТЕРДІҢ АНТРОПОМЕТРИЯЛЫҚ ТИПОЛОГИЯСЫ МЕН ЖАЛПЫ БІЛІМ БЕРЕТІН МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ

¹Г.Б. АРЫСТАНОВА *, ¹Л.Т. САРТТАРОВА , ²Н.А. АИЙЫПКАНОВА 

(¹Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Толе би көш., 100

²Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан Республикасы 050012, Алматы қ., Достық 13)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: viagulnur@mail.ru*

Мақалада Қазақстан Республикасының оңтүстік және солтүстік аймақтарындағы кадеттердің физикалық даму көрсеткіштерін салыстырмалы түрде талдау негізінде олардың антропометриялық типологиясын әзірлеу мәселесі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – кадеттердің морфофункционалдық параметрлерінің ерекшеліктерін айқындап, олардың аймақтық айырмашылықтарын анықтау арқылы әскери оқу орындарында білім алатын курсанттарға арналған формалық киім үлгілерін жобалауға қажетті антропометриялық сипаттамалар құрылымын жасау. Зерттеу барысында 16–17 жастағы кадеттердің негізгі антропометриялық көрсеткіштері өлшенді. Әскери лицей тәрбиеленушілерінің өлшемдік типологиясын анықтау үшін математикалық статистика және кластерлік талдау әдістері қолданылды. Антропометриялық көрсеткіштерді талдау нәтижесінде Қазақстан Республикасының әртүрлі аймақтарында тәрбиеленіп жатқан кадеттердің физикалық даму деңгейінде елеулі айырмашылықтар бар екендігі анықталды. Конституциялық типтердің аймақтық-климаттық ерекшеліктермен байланысы көрсетілді. Зерттеу нәтижелері практикалық маңыздылығымен ерекшеленеді және жеңіл өнеркәсіп пен тоқыма өндірісінде Қазақстан Республикасы әскери лицейлерінің оқушыларына арналған формалық киімдерді жобалау мен дайындау үдерісінде қолданылуы мүмкін. Алынған ғылыми қорытындылар ұлттық өлшемдік стандарттарды әзірлеуге негіз бола отырып, әскери киім өндірісін жаңғыртуға және оның сапасын арттыруға септігін тигізеді. Бұл өз кезегінде әскери оқу орындарының тәрбиеленушілерінің антропометриялық ерекшеліктерін есепке алуға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: антропометрия, кадеттер, өлшемдік типология, формалық киім, өңірлік айырмашылықтар, физикалық даму, жобалау.

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ КАДЕТОВ ЮЖНОГО И СЕВЕРНОГО РЕГИОНОВ РК В СРАВНЕНИИ С УЧАЩИМИСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ

¹Г.Б. АРЫСТАНОВА*, ¹Л.Т. САРТТАРОВА, ²Н.А. АИЙЫПКАНОВА

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

²Казахский Национальный педагогический университет им. Абая Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Достык, 13)

Электронная почта автора корреспондента: viagulnur@mail.ru*

Статья посвящена разработке антропометрической типологии кадетов южного и северного регионов Республики Казахстан на основе сравнительного анализа показателей их физического развития. Цель работы – выявить особенности морфофункциональных параметров кадетов и определить их региональные отличия для создания структуры антропометрических характеристик для проектирования форменной одежды для обучающихся военных образовательных учреждений Казахстана. В ходе исследования проведены антропометрические измерения базовых показателей кадетов 16-17 лет. Применены методы математической статистики и кластерного анализа для определения размерной типологии воспитанников военных лицеев. Анализ антропометрических показателей выявил значимые различия в физическом развитии между кадетами различных регионов РК. Выявлены особенности конституциональных типов лицеев, связанные с климатическими и региональными условиями. Результаты исследования обладают высокой

практической значимостью и могут быть применены в лёгкой и текстильной промышленности при проектировании и производстве форменной одежды обучающихся военных лицеев Республики Казахстан. Полученные выводы создают основу для создания национальных стандартов размерных характеристик, способствуя модернизации производства военной формы и повышения ее качества с учетом антропометрических особенностей воспитанников казахстанских военных лицеев.

Ключевые слова: антропометрия, кадеты, размерная типология, форменная одежда, региональные различия, физическое развитие, проектирование.

ANTHROPOMETRIC TYPOLOGY OF CADETS FROM THE SOUTHERN AND NORTHERN REGIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN COMPARISON WITH GENERAL EDUCATION SCHOOL STUDENTS

¹G. ARYSTANOVA*, ¹L. SARTTAROVA, ²N. AIIYPKANOVA

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

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Dostyk str., 13)

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

The article is dedicated to the development of an anthropometric typology of cadets from the southern and northern regions of the Republic of Kazakhstan based on a comparative analysis of their physical development indicators. The aim of the study is to identify the morphological and functional parameters of cadets and determine their regional differences in order to develop a structure of anthropometric characteristics for designing uniforms for students of military educational institutions in Kazakhstan. During the research, anthropometric measurements of basic physical indicators were conducted among 16–17-year-old cadets. Methods of mathematical statistics and cluster analysis were applied to determine the dimensional typology of students in military lyceums. The analysis of anthropometric indicators revealed significant differences in the physical development of cadets from different regions of the Republic of Kazakhstan. Specific constitutional types were identified, which are associated with climatic and regional conditions. The results of the study are of high practical significance and can be applied in the light and textile industries in the design and production of uniforms for students of military lyceums in the Republic of Kazakhstan. The findings serve as a basis for developing national standards for body size characteristics, contributing to the modernization of military uniform production and improving its quality by taking into account the anthropometric features of cadets in Kazakhstan's military schools.

Keywords: anthropometry, cadets, dimensional typology, uniform clothing, regional differences, physical development, design.

Kіріспе.

Қазақстан Республикасының оңтүстік және солтүстік өңірлеріндегі кадеттердің физикалық даму көрсеткіштерін салыстырмалы талдау негізінде олардың антропометриялық типология-сын дайындауға арналған.

Зерттеудің мақсаты — кадеттердің морфо-функционалдық параметрлерінің ерекшеліктерін анықтау, олардың аймақтық айырмашылықтарын белгілеу арқылы Қазақстан Республикасының әскери оқу орындары курсанттарына арналған формалы киімді жобалау үшін антропометриялық сипаттамалар құрылымын жасау.

Зерттеу барысында 16–17 жас аралығындағы кадеттердің негізгі антропометриялық көрсеткіш-тері өлшенді.

Өлшемдер: бой, дене массасы, кеуде, бел және жамбастың шеңбері. Өлшемдік типологияны анықтауда математикалық статистика және кластерлік талдау әдістері қолданылды.

Антропометриялық көрсеткіштерді талдау нәтижесі арқылы кадеттердің әртүрлі өңірлердегі физикалық дамуда елеулі айырмашылықтары анықталды. Конситуционалдық (дене бітімі) типтердің климаттық-сәулеттік факторлармен тәуелділігі байқалды.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңызы жоғары болып шығып, жеңіл және тоқыма өнеркәсібінде әскери лицей оқушыларына арналған формалы киімдерді жобалау мен өндіру кезінде қолданылуы мүмкін. Алынған қорытындылар ұлттық өлшемдік стандарттарды қалыптастыруға негіз бола

отырып, әскери киім өндірісін жаңғыртуға және оның сапасын арттыруға қол жеткізуге септігін тигізеді.

Қазақстан Республикасындағы қазіргі әскери білім беру жүйесінде кадет корпустары мен әскери лицейлердің санының артуы болашақ әскери қызметшілерге арналған тиісті, ыңғайлы формалы киім қажет екендігін көрсетеді. Бұл оқу орындарында оқитын жас курсанттардың дене бітімі мен физикалық даму деңгейін ескере отырып, униформаның өлшемдік сипаттамаларын жаңарту немесе жаңа стандарттарды дайындау қажеттілігін туғызады. Жобаланатын антропо-метриялық құрылымның тиімді болуы үшін антропология, материалтану, эргономика және дизайн салаларының мамандары бірлесіп жұмыс жасауы тиіс. Мұндай интегративтік, көпсалалы тәсіл ұлттық стандарттарға сай келетін және өмірлік міндеттерді орындауда қолайлы, ыңғайлы әскери киімді жобалауға көмектеседі.

Әдеби шолу және зерттелу деңгейі Қазақстан мен шет елдердің әскери лицей оқушыларының антропометриясы саласындағы зерттеулерді талдаған кезде мына мәселелер анықталды:

- Кадеттерге арналған формалы киім өлшемдік типологиясында олардың өңірлік, этникалық және жас ерекшеліктері көбіне ескерілмейді.

- Ғылыми зерттеулер көбіне ересек әскери қызметшілердің антропометриялық деректеріне негізделеді, жас өспірімдер көрсеткіштері жеткіліксіз қарастырылған.

- Қазақстандық ғалымдар (С.Т. Ахметова, М.О. Турсумбаева [1], Ж. Хайбуллина [2], Г.Т. Нурмадиева, Б.А. Жетписбаев [3] және басқа зерттеушілер) климаттық шарттардың халықтың денсаулығы мен жайлылығына әсерін атап өткенмен, бұл әсердің морфологиялық көрсеткіштерге нақты сандық сипаттарын көрсететін деректер мен тігін өнеркәсібі үшін ұсынылатын әдістемелік нұсқаулар жеткіліксіз.

Қолданыстағы стандарттар — СТ РК 1137-2015, СТ РК 1138-2015, СТ РК 1140-2015 — жалпы ересек топтардың орташа өлшемдеріне негізделген, 14–17 жастағы жасөспірімдерге тән физикалық даму ерекшеліктерін ескермейді. Қазақстан аумағының кеңдігі мен этникалық әртүрлілігіне байланысты дәстүрлі өлшемдік жобалау тәсілдері дайын форманы 15-20 % дәрежеде ғана сәйкес етеді, бұл оның функционалдылығы мен эргономиялық қасиеттерін төмендетеді.

Зерттеу нысаны: 16–17 жас жасындағы кадеттердің морфологиялық сипаттамалары, Қазақстан Республикасының әскери лицейлерінің оңтүстік (Алматы) және солтүстік (Қарағанды) өңірлерінде оқитын кадеттер.

Зерттеу пәні: Кадеттердің антропометриялық көрсеткіштерінің (биіктік, дене массасы, кеуде, бел және жамбастың көлемі) өңірлік ерекшелігі, оны өлшемдік типологияның құрылымдық негізі ретінде пайдалану мүмкіндігі.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу материалдары мен әдістері: морфологиялық көрсеткіштердің өңірлік вариативтілігін анықтап, өлшемдік типологияны қалыптастыру үшін кластерлік талдау негізінде ғылыми негізделген құрылымды дайындау.

Тапсырмалар:

1. Оңтүстік және солтүстік өңірлердегі кадеттердің антропометриялық сипаттамаларында статистикалық айтарлық айырмашылықтарды вариациялық статистика әдістерімен анықтау.

2. Морфологиялық ерекшеліктерді кадеттердің өңірлік тиесілілігіне қарай анықтау.

3. Антропометриялық деректер негізінде өңірлік спецификаны ескеретін кластерлік талдау арқылы кадеттердің өлшемдік типологиясын дайындау.

Ғылыми жаңалығы— кадеттердің антропометриялық көрсеткіштерінің өңірлік айырмашылықтарын анықтау, өлшемдік жүйені құрылымдаудың жаңа әдістемесін дайындау. Оңтүстік және солтүстік өңір кадеттерінің морфологиялық айырмашылықтары көпөлшемді статистикалық талдау арқылы сандық түрде түпнұсқа көрсеткіштермен анықталды. Өңірлік климаттық ерекшеліктерді ескеретін өлшемдік типология ұсынылды.

Теориялық маңызы — Қазақстан кадеттерінің физикалық дамуының өңірлік ерекшеліктерін зерттеп, өлшемдік стандарттарды морфофункционалдық сипаттамалар негізінде түзету принциптерін теориялық тұрғыдан негіздеу.

Практикалық маңызы — өлшемдік типология құрылымының жеңіл өнеркәсіп кәсіпорындарына қолданылуы нәтижесінде формалы киімнің антропометриялық сәйкес келу мөлшері 12–15 %-ға ұлғаюына, өлшемдік шкалаларды түзету есебінен өндірістік шығындардың 8–10 %-ға төмендеуіне ықпал етеді. Нәтижелер кадеттердің физикалық даму деңгейін және кәсіби дайындығын жақсартуға түседі. Бұл практикалық нәтижелерге әлемдік антропометриялық

тәжірибені зерттеу және бейімдеу арқылы қол жеткізу жоспарланған.

Методология — зерттеу проблемасын зерделеу үшін шетелдік және отандық ғалымдардың антропометрия саласында жарияланған ғылыми мақалалары, диссертациялары мен мемлекеттік статистикалық деректер жүйелі түрде талданды. Өлшемдік типологияны құруда вариациялық статистика мен кластерлік талдау әдістері қолданылды.

Халықаралық тәжірибе мен Қазақстан контексті — Халықаралық тәжірибе әскери қызметшілердің морфологиялық ерекшеліктерін кешенді зерттеуге негізделген. Gordon C.C пен Bradtmiller B. (2012) [4] АҚШ-тың әртүрлі өңірлерінде антропометриялық көрсеткіштердің өзгергіштігін бойынның ұзындығы бойынша 8–12 %, ал көлемдік өлшемдер бойынша 15–18 % дейін анықтады. Gordon C. C, Bradtmiller B. (1989) [5] басшылығымен жүргізілген ANSUR ауқымды зерттеуі 13 000 әскери қызметшіні қамтып, өлшемдердің дифференциаланған стандарттарының қажеттілігін көрсетті. Жалпы қабылданған өлшем шкалалары эргономикалық сипаттамаларды 20–25 % төмендетеді. Британдық зерттеушілер S.P. Ashdown және L. Dunne (2012) [6] әскери мекемелерде 14-17 жастағы жасөспірімдердің өсу қарқыны құрдастарына қарағанда 12-15 % жоғары екенін анықтады. Жапон ғалымдары S. Yan, J. Wirta және J.K. Kämäräinen (2019) [7] 3D-сканерлеуді қолдана отырып, өлшеулердің дәлдігін 8-10 % арттырды. НАТО-ның Becker C, J. Allison және E. Halsne (2017) [8] жүргізген зерттеулері климаттық аймақтарға бейімделген өлшемдік шкалаларды дайындау қажеттілігін растады. Teng J.G. және Fok S.L. (2021) [9] машиналық оқытуды енгізу арқылы стандарттарды дайындау уақытын 30–40 % қысқартты.

Ballester A. және әріптестері (2016) [10] ANSUR II негізінде дәл өлшеу жүйелерін жасады. Simmons K.P. пен Istook C.L. (2003) [11] дәстүрлі әдістерді 3D-сканерлеумен салыстырды. Imaoka H. және әріптестері (2017) [12] пішіннің дәл сәйкестігін арттыруға арналған алгоритмдерді дайындады.

Қазақстандық контекст — отандық зерттеулер қазіргі уақытта фрагментарлы сипатқа ие болып, негізінен медициналық бағытта дамуда және тігін өнеркәсібіне арналған практикалық ұсыныстарды қамтымайды.

С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті (ҚазНМУ) жасөспірімдердің физикалық дамуын зерттеумен

айналысады: А.У. Балтаева және әріптестері [13] Алматы қаласының мектеп оқушыларын зерттесе, Н.Т. Джайнакбаев және әріптестері [14] астаналық мектеп оқушыларының зерттеу барысында елорда өңірінің жасөспірімдеріне тән ерекшеліктерді анықтады. Аймақтық айырмашылықтарды түсінуге елеулі үлес қосты. С.Ж. Кабиева және әріптестері [15] Павлодар индустриялық аймағы жасөспірімдерінің физикалық даму ерекшеліктерін ашу арқылы қосты. В.В. Кожанов және әріптестері [16] Оңтүстік Қазақстан өңірінің, атап айтқанда Шымкент қаласының мектеп оқушыларының морфологиялық көрсеткіштерін сипаттады. Ұлттық ерекшеліктерді түсінуде принциптік мәнге ие нәтижелерді А.Т. Нурханова және әріптестері ұсынды, олар Орталық Қазақстанның ауылдық және қалалық жасөспірімдері арасында маңызды айырмашылықтарды анықтады.

Г.И. Алдибекова және әріптестері жүргізген лонгитюдті зерттеулер [17] соңғы 30 жыл ішінде әлеуметтік-экономикалық трансформацияларға байланысты антропометриялық көрсеткіштердің айтарлықтай өзгерістер динамикасын көрсетті. В.С. Павловская және әріптестері [18] жасөспірімдердің морфологиялық көрсеткіштерінің көпжылдық динамикасына негізделген өлшем стандарттарын үнемі жаңарту қажеттігін растады.

С.М. Базарбаева және әріптестері [19] қазақ ұлттық жастардың спецификалық антропометриялық ерекшеліктерін алғаш рет анықтады. С.Т. Нуртазин және әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің әріптестері [20] ірі қала жағдайындағы қазақ жігіттерінің морфологиялық сипаттамаларын егжей-тегжейлі зерттеді.

Н.С. Жанабаев және әріптестері [21] халықаралық физикалық даму критерийлерін Қазақстан жағдайына бейімдеді. А.С. Абильдина [22] ұлттық денсаулық сақтау саясаты контекстінде физикалық дамуды зерттеудің жүйелік тәсілін ұсынды.

Қазақстандық ғалымдар жасөспірімдердің физикалық дамуы туралы аймақтық, этникалық және уақыттық аспектілерді қамтитын кең көлемді білім базасын құрды. ҚазНМУ, ҚазАТУ, ҚазҰУ және басқа да институттардың ғылыми ұжымдарының жұмыстары ұлттық өлшемдік классификация стандарттарын әзірлеудің ғылыми негізін қалыптастырады. Сонымен қатар, отандық зерттеулерді талдау барысында төмендегі кемшіліктер анықталды:

- киім конструирлеу мақсатында 14-17 жастағы жасөспірімдердің кешенді антропометриялық деректерінің жоқтығы;

- әскери оқу орындары тәрбиеленушілерінің морфологиялық ерекшеліктерінің зерттелмеуі;

- халықаралық өлшемдік стандарттарды Қазақстан жағдайына бейімдеу бойынша жұмыстардың жеткіліксіздігі;

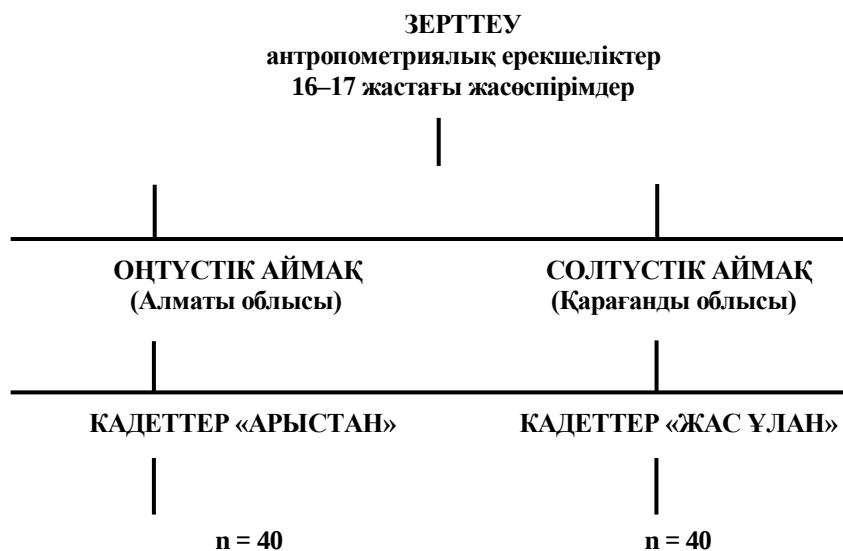
- 3D-сканерлеудің заманауи технологияларын қолдану арқылы зерттеулердің болмауы.

Әдеби шолуда анықталған кадеттердің формалы киімін жобалауда антропометриялық қамтамасыз ету саласындағы олқылықтар кешенді зерттеуді жүргізудің қажеттілігін анықтады, бұл ағымдағы кемшіліктерді жоюға және тігін өнеркәсібі үшін ғылыми негізделген методологиялық базаны құруға мүмкіндік береді.

Кадеттердің морфологиялық сипаттамалары климатогеографиялық және этникалық факторлардың кешеніне байланысты статистикалық маңызы бар өңірлік вариативтілікті көрсетеді деген болжамға сүйене отырып, формалы киімнің өлшемдік стандарттауына дифференцирленген тәсілмен зерттеу жобаланды.

Зерттеу дизайны — салыстырмалы көлденең (cross-sectional comparative) зерттеу түрінде жүргізілді. Салыстыру топтары: әскери училищелер мен кадет корпустары оқушылары; өңірлік бөліну: оңтүстік (Алматы) және солтүстік (Қарағанды) Қазақстан. Бұл дизайн зерттеу топтары арасындағы морфологиялық айырмашылықтарды климаттық-регионалдық факторларды ескере отырып жан-жақты талдауға мүмкіндік берді.

Кесте 1. Қазақстанның оңтүстік және солтүстік өңірлеріндегі әскери лицей кадеттерінің антропометриялық ерекшеліктерін зерттеудің құрылымдық схемасы.



Негізгі өлшемдер.

Зерттеу шеңберінде 6 базалық антропометриялық өлшем енгізілді:

1. Жасы – жыл есебімен;
2. Бойы – тік тұрып өлшенген жалпы бой ұзындығы;
3. Дене салмағы – килограмммен;
4. Кеуде айналымы (ОГ) – сантиметрмен;
5. Бел айналымы (ОТ) – сантиметрмен;
6. Маңдай айналымы (ОБ) – сантиметрмен.

Зерттеу қатысушыларының саны — 80 адам.

Өңірлік бөлініс:

- Оңтүстік өңір (Алматы) – 40 адам (50%);
- Солтүстік өңір (Қарағанды) – 40 адам (50%).

Топтық бөлініс:

- «Арыстан» кадеттері – 40 адам (50%)
- «Жас Ұлан» кадеттері – 40 адам (50%).

Одан әрі зерттеу авторы Қазақстан Республикасының оңтүстік («Арыстан», Алматы, $n=40$) және солтүстік («Жас Ұлан», Қарағанды, $n=40$) өңірлеріндегі әскери лицей кадеттеріне антропометриялық өлшемдер жүргізді. Зерттеу нәтижесінде физикалық даму деңгейінде статистикалық тұрғыдан маңызға ие

айырмашылықтар анықталды. Бұл айырмашылықтар әскери киімді жобалау кезінде

конструкторлық-технологиялық шешімдерді нақтылау үшін айрықша маңызға ие (2-кесте).

Кесте 2.«Арыстан» (Алматы) және «Жас Ұлан» (Қарағанды) әскери лицей кадеттерінің антропометриялық көрсеткіштері бойынша өңірлік айырмашылықтарды талдау

Көрсеткіш	«Арыстан» 0) Алматы (n=40)	«Жас Ұлан» Қарағанда (n=40)	Айырмашылық
Жасы (жыл)	16,7	16,4	0,3
Биіктігі (см)	177,2	172,8	4,4
Салмағы (кг)	65,7	64,4	1,3
Кеуде (см)	92,4	91,7	0,7
Бел (см)	74,8	78,1	-3,3
Жамбас (см)	95	95	0

Нәтижелер және оларды талқылау.

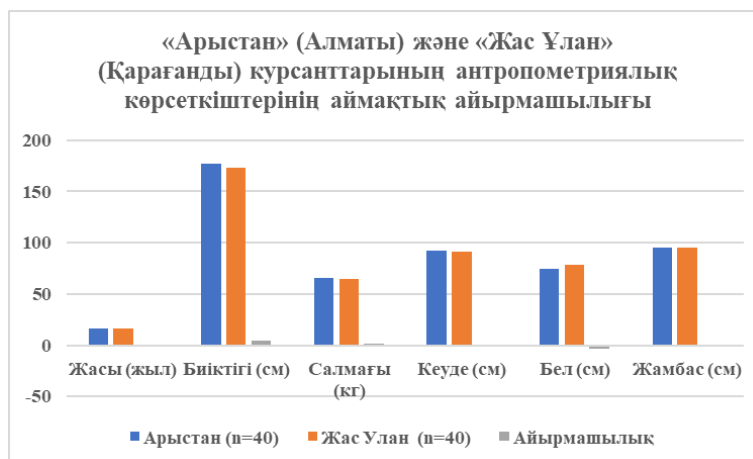
Базалық антропометриялық параметрлерді талдау нәтижелері зерттелушілердің жасы шамалас екенін көрсетті (айырмашылық — 0,3 жыл), алайда оңтүстік өңір кадеттері дене бітімінің сызықтық өлшемдері бойынша жоғары көрсеткіштерге ие. Бой ұзындығы бойынша ең айқын айырмашылық байқалды — «Арыстан» әскери лицейінің кадеттері жоғары солтүстік өңірдегі «Жас Ұлан» лицейінің кадеттерінен 4,4

см ге (177,2 см қарсы 172,8 см) ұзын, бұл орташа мәндердің 2,5%-ын құрайды. Осыған ұқсас үрдіс басқа көрсеткіштерде де байқалды:

- дене салмағы бойынша айырмашылық - 1,3 кг;

- кеуде айналымы бойынша - 0,7 см.

Бұл оңтүстік өңір кадеттерінің, әсіресе дененің жоғарғы бөлігіндегі бұлшық ет дамуы жағынан анағұрлым жақсы қалыптасқанын көрсетеді (1-сурет).



Сурет 1. «Арыстан» (Алматы) және «Жас Ұлан» (Қарағанды) кадеттерінің антропометриялық көрсеткіштері бойынша өңірлік айырмашылықтардың салыстырмалы сипаттамасы

Солтүстік өңірдегі кадеттердің белі орта есеппен 3,3 см үлкен (78,1 см қарсы 74,8 см), бұл айырмашылық бой көрсеткіштерінен кейінгі екінші орынға ие. Екі топтағы жамбас аймағының көлемі (95 см) бірдей болып шықты, бұл төменгі дене бөлігінің жалпы пропорцияларын сақтай отырып, ортаңғы дене бөлігінің өңірлік даму ерекшелігін көрсетеді.

Қазақстанның оңтүстік және солтүстік өңірлеріндегі кадеттердің антропометриялық көрсеткіштеріндегі өңірлік айырмашылықтар әр өңірдегі дене бітімінің өлшемдік типтерін кластерлік талдаудың қажеттігін айқындайды. Әскери лицейлер тәрбиеленушілерінің физикалық дамуының географиялық ерекшеліктері оңтүстік және солтүстік өңірлер арасында конституционалдық типтердің таралуындағы

айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік береді.

Кластерлік талдау әдістерін (k-орташа әдісі, силуэт коэффициенті $S=0,76$) қолдану нәтижесінде кадеттердің жалпы таңдауы ішінде төрт түрлі морфотип бөлініп алынды, олардың әрқайсысы өзіндік антропометриялық параметрлері мен дене салмағы индексімен (ДСИ) сипатталады.

Доминирленген нормостеникалық тип (таңдаудың 44,0%) ДСИ 19,5-22,5 аралығында және пропорционалды дене бітімімен ерекше-

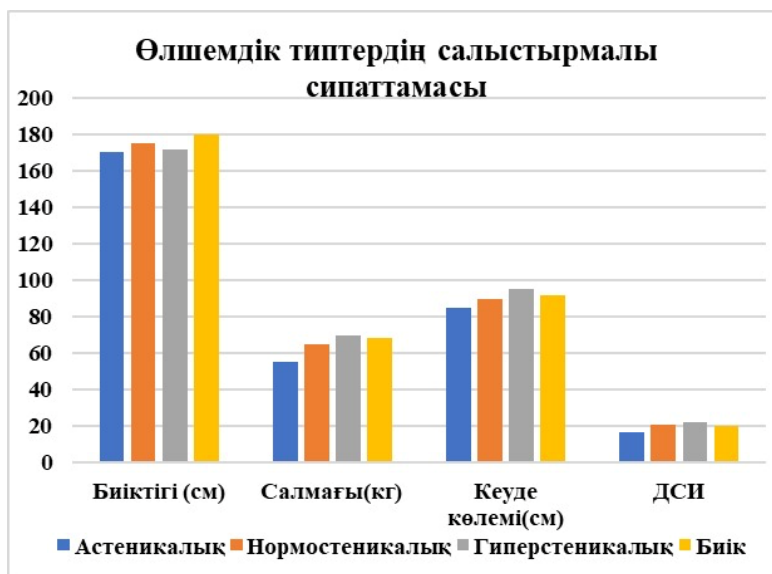
ленеді, бұл кадеттер контингентінің үлкен бөлігінің үйлесімді физикалық дамуын көрсетеді 3-сурет.

Гиперстеникалық тип (25,0%) ДСИ 22,5-тен жоғары және дамыған бұлшықет құрылымымен сипатталады, бұл тексерілгендердің төрттен бір бөлігін құрайды. Астеникалық тип (19,0%) ДСИ 19,5-тен төмен және сызықты дене бітімін көрсетсе, жоғары бойлы тип (12,0%) 90-перцентильден жоғары бойымен және қалыпты ДСИ мәндерімен сипатталады (4-сурет).



Сурет 2. Әскери училище кадеттерінің өлшемдік типтері бойынша пайыздық таралуы

Ашылған конституциялық вариативтік өңірлік талдаудың егжей-тегжейлі жүргізілу қажеттілігін анықтайды, өйткені климаттық, генетикалық және әлеуметтік-экономикалық факторлар елдің әртүрлі географиялық аймақтарындағы өлшемдік типтердің таралуына елеулі ықпал етуі мүмкін.



Сурет 3. Әскери училище кадеттерінің өлшемдік типтер кластерлерінің салыстырмалы сипаттамасы

Типологиялық классификацияны размерлік жобалауда практикалық қолдану үшін әрбір

өңірдегі кадеттердің антропометриялық көрсеткіштері арасындағы өзара байланыстарды ескеру

қажет. Пирсон әдісімен және көптік салыстыруларға арналған Бонферрони түзетулерімен ($\alpha_{corrected}=0,006$) жүргізілген корреляциялық талдау өңірлер арасындағы антропометриялық өзара байланыстар құрылымындағы маңызды айырмашылықтарды анықтады. «Арыстан»

әскери лицейінің кадеттеріне тән дене пропорциялары біршама тәуелсіз болып, дене салмағы мен айналмалы өлшемдер арасында жоғары корреляциялар байқалады (0,786–0,886), ал бой ұзындығы басқа параметрлермен салыстырмалы түрде әлсіз байланыс көрсетеді (4-сурет).

ОҢТҮСТІК АЙМАҚ (Алматы) - Корреляциялық матрица						
Көрсеткіш	Биіктігі (см)	Салмақ (кг)	Кеуде (см)	Бел (см)	Жамбас (см)	ДМИ
Биіктігі (см)	1.000	0.379	0.075	0.248	0.308	-0.129
Салмақ (кг)	0.379	1.000	0.786	0.886	0.854	0.868
Кеуде (см)	0.075	0.786	1.000	0.687	0.645	0.811
Бел (см)	0.248	0.886	0.687	1.000	0.785	0.812
Жамбас (см)	0.308	0.854	0.645	0.785	1.000	0.753
ДМИ	-0.129	0.868	0.811	0.812	0.753	1.000

Сурет 4. «Арыстан» (Алматы) кадеттерінің антропометриялық көрсеткіштерінің корреляциялық матрицасы

Ең айқын корреляциялар дене салмағы мен бел айналымы (0,886), кеуде айналымы (0,854) және ДСИ (0,868) арасында байқалады. Бұл дене салмағының өсуімен көлемдік сипаттамалардың да пропорционалды түрде артуын көрсетеді. «Жас Ұлан» (Қарағанды)

әскери лицейінің кадеттерінің физикалық көрсеткіштерінің корреляциялық матрицасы дене көлемдік параметрлері арасындағы айтарлықтай жоғары өзара байланыстарды айқындайды (5-сурет).

СОЛТҮСТІК АЙМАҚ (Қарағанды) - Корреляциялық матрица						
Көрсеткіш	Биіктігі (см)	Салмақ (кг)	Кеуде (см)	Бел (см)	Жамбас (см)	ДМИ
Биіктігі (см)	1.000	0.310	0.258	0.127	0.161	-0.128
Салмақ (кг)	0.310	1.000	0.643	0.587	0.697	0.902
Кеуде (см)	0.258	0.643	1.000	0.896	0.884	0.551
Бел (см)	0.127	0.587	0.896	1.000	0.924	0.553
Жамбас (см)	0.161	0.697	0.884	0.924	1.000	0.656
ДМИ	-0.128	0.902	0.551	0.553	0.656	1.000

Сурет 5. «Жас Ұлан» (Қарағанды) кадеттерінің корреляциялық матрицасы

Кеуде және бел айналымы арасындағы корреляция оңтүстік өңірінде 0,687 болғанда,

Қарағанды кадеттерінде бұл көрсеткіш 0,896-ға жетеді, ал бел мен жамбас арасындағы байланыс

тиісінше 0,785 және 0,924 деңгейінде. Бел мен жамбас арасындағы ең жоғары корреляция (0,924) бұл топта дене дамуының біркелкілігін көрсетеді.

Алматы мен Қарағанды кадеттерінің корреляциялық матрицаларын салыстырмалы талдау физикалық дамудағы айтарлықтай өңірлік ерекшеліктерді көрсетеді 7-сурет.

Қарағанды кадеттерінде көлемдік көрсеткіштер арасындағы байланыс күшті: кеуде мен бел (0,896 қарсы 0,687), бел мен жамбас (0,924 қарсы 0,785), салмақ пен ДСИ (0,902 қарсы

0,868). Сонымен қатар, бой мен дене салмағы арасындағы байланыс әлсіздеу (0,310 қарсы 0,379), ал бой мен кеуде айналымы арасындағы корреляция Қарағандыда жоғары (0,258 қарсы 0,075).

Бұл деректер Қарағанды кадеттерінің дене пропорцияларының анағұрлым тұрақты екенін, ал алматылық кадеттердің көрсеткіштері көбірек өзгермелі екенін көрсетеді. Мұндай айырмашылықтар елдің түрлі климаттық аймақтарындағы өмір сүру жағдайларымен байланысты болуы мүмкін.

КОРРЕЛЯЦИЯЛАРДАҒЫ АЙЫРМАШЫЛЫҚТАРДЫ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ				
Көрсеткіштер жұбы	Оңтүстік (Алматы)	Солтүстік (Қарағанды)	Айырмашылық	Түсіндірме
Биіктігі (см) - Салмақ (кг)	0.379	0.310	0.069	Шамалы айырмашылық
Биіктігі (см) - Кеуде (см)	0.075	0.258	-0.182	Орташа айырмашылық
Салмақ (кг) - ДМИ	0.868	0.902	-0.034	Шамалы айырмашылық
Кеуде (см) - Бел (см)	0.687	0.896	-0.209	Елеулі айырмашылық
Кеуде (см) - Жамбас (см)	0.645	0.884	-0.239	Елеулі айырмашылық
Бел (см) - Жамбас (см)	0.785	0.924	-0.139	Орташа айырмашылық
Биіктігі (см) - ДМИ	-0.129	-0.128	-0.001	Шамалы айырмашылық
Салмақ (кг) - Кеуде (см)	0.786	0.643	0.142	Орташа айырмашылық
Салмақ (кг) - Бел (см)	0.886	0.587	0.299	Елеулі айырмашылық

Сурет 6. «Арыстан» (Алматы) және «Жас Ұлан» (Қарағанды) кадеттерінің корреляциялық матрицаларының салыстырмалы сипаттамасы

- Антропометриялық параметрлер бойынша корреляциялық талдау нәтижелері бойынша негізгі тұжырымдар төмендегідей:

- Оңтүстік өңір (Алматы): дене пропорцияларының бір-бірінен тәуелсіздігімен сипатталады. Дене салмағы мен айналмалы өлшемдер арасында күшті байланыс байқалады ($r = 0,786-0,886$), алайда бой ұзындығы басқа параметрлермен әлсіз байланысты.

- Солтүстік өңір (Қарағанды): айналмалы өлшемдер арасында жоғары өзара байланыс байқалады ($r = 0,884-0,924$), бұл тығыздық, жинақы дене бітіміне тән сипат.

Сындарлы айырмашылықтар. Ең елеулі айырмашылықтар келесі көрсеткіштер арасындағы корреляцияда байқалды:

- салмақ–бел айналымы (айырмашылық = 0,299)

- кеуде–жамбас айналымы (айырмашылық = 0,239)

Ұсынымдар: Өңірлік дене бітімі пропорция-лары арасындағы айырмашылықтарды ескере отырып, өлшемдік торлардың өңірлік модифика-цияларын дайындау қажет. Бұл өлшемдік стан-дарттардың дәлдігін арттырып, киімнің сәйкес келуін жақсартады.

Практикалық қолдану:

- Оңтүстік өңір үшін: өлшемді жобалауда бой ұзындығындағы вариативтілікке ерекше назар аудару қажет.

- Солтүстік өңір үшін: айналмалы өлшемдердің өзара байланысына басымдық беру ұсынылады.

Процентильдік талдау негізінде (5%, 15%, 35%, 65%, 85%, 95%) әр өңір үшін дербес өлшемдік торлар дайындалды. Олар әр өңірдегі антропометриялық әртүрліліктің 95%-ын қамтиды 2 және 3-кестелерде көрсетілген.

Кесте 3. Оңтүстік өңір кадеттеріне арналған өлшемдік тор.

Өлшем	Бой (см)	Кеуде өлшемі (см)	Бел өлшемі (см)	Жамбас өлшемі (см)	Пайыздық көрсеткіш	Кадеттер саны
42	160-165	82-85	66-70	87-90	5-15%	4
44	166-170	86-88	71-73	91-93	15-35%	8
46	171-175	89-92	74-76	94-96	35-65%	12
48	176-180	93-96	77-79	97-100	65-85%	8
50	181-185	97-100	80-83	101-104	85-95%	6
52	186-190	101-104	84-86	105-108	95-100%	2

Оңтүстік өңірлерге арналған өлшемдік тор 160–190 см бой аралығындағы 6 өлшемді (42–52) қамтиды және сәйкес келетін айналымдық параметрлермен толықтырылады. Бұл өңірге тән ерекшелік — бой көрсеткіштерінің кең ауқымды

вариативтілігі, ал айналымдық өлшемдер салыстырмалы түрде тұрақты болып қалады. Бұл құбылыс бой мен басқа антропометриялық көрсеткіштер арасындағы әлсіз корреляциямен сәйкестенеді.

Кесте 4. Солтүстік өңір кадеттеріне арналған өлшемдік тор.

Өлшем	Бой (см)	Кеуде өлшемі (см)	Бел өлшемі (см)	Жамбас өлшемі (см)	Пайыздық көрсеткіш	Кадеттер саны
40	158-162	76-80	64-68	82-86	5-15%	4
42	163-167	81-85	69-73	87-91	15-35%	8
44	168-172	86-90	74-78	92-96	35-65%	12
46	173-177	91-95	79-83	97-101	65-85%	10
48	178-182	96-100	84-88	102-106	85-95%	4
50	183-187	101-110	89-98	107-110	95-100%	2

Солтүстік өңірлерге арналған өлшемдік торда 6 өлшемнен (40-тан 50-ге дейін) тұрады, бой ұзындығы 158 см-ден 187 см-ге дейінгі аралықты қамтиды. Алайда, бұл өлшемдік тор барлық айналмалы параметрлердің пропорционалды өзгерісімен ерекшеленеді, бұл топтағы көлемдік көрсеткіштердің жоғары өзара байланысын (0,884–0,924) айқындайды.

Аймақтық корреляциялық құрылымдардың ерекшеліктері әскери форманы жобалауда сараланған тәсілді қолдану қажеттігін негіздейді. Оңтүстік өңірлердегі әскери оқу орындарының кадеттері үшін келесі конструктивтік шешімдер ұсынылады: силуэтті неғұрлым қынай тігілген түрде орындау, бой және толықтық көрсеткіштері бойынша тәуелсіз градациялау, бұйым ұзындығын 3–5 см-ге арттыру, сондай-ақ орташа дәрежедегі қынамалдылықты қамтамасыз ете отырып, киімді бейімдеуге мүмкіндік беретін

реттеу элементтерін енгізу. Бұл шешімдер оңтүстік өңірлердегі кадеттердің морфофункционалдық ерекшеліктеріне бейімделген киімді жобалау тиімділігін арттыруға бағытталған. Солтүстік өңірлердегі кадеттерге арналған форманың конструкциясы айналмалы өлшемдердің жоғары өзара байланысын ескере отырып (0,884–0,924), барлық көлемдік параметрлердің байланысты градациясын қолдануды, киімнің кең және бос орналасуын, сондай-ақ бос тігіс енілерін ұлғайтуды көздейді, 4-кесте бойынша.

Еркін тартылу үшін математикалық негізделген тігіс енілерінің көрсеткіштері өңірлер арасында статистикалық маңызды айырмашылықтарды көрсетеді: кеуде айналымы бойынша – оңтүстік өңірде $9,0 \pm 1,0$ см, солтүстік өңірде $11,0 \pm 1,0$ см ($t=2,83$, $p<0,01$); бел айналымы бойынша – $13,5 \pm 1,5$ см және $16,5 \pm 1,5$ см ($t=2,91$,

$p < 0,01$); жамбас айналымы бойынша – $5,0 \pm 1,0$ см және $7,0 \pm 1,0$ см ($t=2,77$, $p < 0,01$), сәйкесінше.

Кесте 5. Еркін тартылуға арналған тігіс енілерінің параметрлері ($M \pm SD$)

Анатомиялық аймақ	Оңтүстік аймақ (см)	Солтүстік өңір (см)	Статистикалық мәнділік
Кеуде өлшемі	9.0 ± 1.0	11.0 ± 1.0	$t=2.83$, $p < 0.01$
Бел өлшемі	13.5 ± 1.5	16.5 ± 1.5	$t=2.91$, $p < 0.01$
Жамбас өлшемі	5.0 ± 1.0	7.0 ± 1.0	$t=2.77$, $p < 0.01$

Киімнің қону сапасын бақылау жүйесі төрт негізгі компоненттен тұрады.

1. Қону сапасының динамикалық бағалауы бұл бұйымның өлшемдік сипаттамаларының қозғалыс белсенділігі жағдайындағы антропометриялық параметрлерге сәйкестігін бақылау.

2. Маусымдық бейімделу – бұл суық мезгілде қосымша киім қабаттарын ескере отырып, қону сапасының өзгеруін қарастырады.

3. Жеке өлшемдік түзету – стандарттан тыс антропометриялық көрсеткіштері бар тұлғаларға арналған жеке бейімдеуді қамтамасыз етеді.

4. Антропометриялық өзгерістерді мониторингілеу – кадеттердің морфологиялық параметрлерінің динамикасын жүйелі түрде бақылауды және соған сәйкес өлшемдік шешімдерді түзетуді қамтиды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу әскери лицей тәрбиеленушілерінің аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып, олардың антропометриялық сипаттамаларын алғаш рет кешенді түрде сипаттады, бұл арнайы өлшемдік жүйелерді әзірлеу үшін іргелі маңызға ие.

Дайындалған типология морфологиялық әртүрліліктің 100% қамтылуын қамтамасыз етіп, стандартты жүйелермен салыстырғанда (92–95%) антропометриялық жобалау тиімділігін 5–8 пайыздық тармаққа арттырады. Жоғары статистикалық валидтілік көрсеткіштері ($\beta=0.80$, $\alpha=0.05$) және Бонферрони түзетімін қолдану ($\alpha=0.006$) нәтижелердің сенімділігі мен қайталанушылығын растайды.

Кадеттердің антропометриялық көрсеткіштеріндегі аймақаралық айырмашылықтар әскери киімнің өлшемдік жобалауында сараланған тәсілді қолдану қажеттігін және оны климато-географиялық жағдайларға бейімдеудің маңыздылығын дәлелдейді.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық іске асырылуы өндірістік процестерді оңтайландыруға және әскери киімнің пайдалану сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді. Осы зерттеу антропометриялық ғылымның дамуына елеулі үлес қосып, Қазақстан

Республикасындағы әскери лицейлерде оқитын жасөспірімдерге арналған формалық киімді вариативті өлшемдік жобалаудың ғылыми негізін қалыптастырады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ахметова С., Турсумбаева М. Оценка биоклиматических условий Западного Казахстана // Journal of Geography and Environmental Management. – 2023. – Т. 69, № 2. – URL: <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.07>
2. Хайбуллина Ж., Амантайқызы А., Арипханова А. и др. Влияние изменения климата и водообеспеченности на социально-экономические аспекты и здоровье населения в Аральском районе Кызылординской области, Казахстан // Центральноеазиатский журнал исследований водных ресурсов. – 2022. – Т. 8, № 3. – С. 79–111. – URL: <https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-1/79-111.rus>
3. Нурмадиева Г.Т., Жетписбаев Б.А. Влияние экосистемы на здоровье человека в промышленно развитых регионах Казахстана: обзор литературы // Наука и здравоохранение. – 2018. – Т. 20, № 4. – С. 107–132.
4. Gordon C.C., Bradtmiller B. Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel. – 2012. – Defense Technical Information Center (DTIC). – Tech. Report ADA611869.
5. Gordon C.C. et al. 1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Summary Statistics Interim Report. – 1989. – DTIC. – Tech. Report ADA209600.
6. Ashdown S.P., Dunne L. Anthropometric methods for the successful design of military clothing and equipment // Handbook of Military Textiles. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. – P. 37–54.
7. Yan S., Wirta J., Kämäräinen J.K. Anthropometric clothing measurements from 3D
8. Body scans // Machine Vision and Applications. – 2019. – Vol. 31, № 1. – P. 1–16. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00138-019-01054-4>
9. Becker C. et al. NATO Research Task Group: 3D Scanning for Clothing Fit and Logistics. – NATO Science & Technology Organization, 2017. – Tech. Report HFM-RTG-252.
10. Teng J.G., Fok S.L. Prediction of military combat clothing size using decision trees and 3D body scan data // Applied Ergonomics. – 2021. – Vol. 93. – Article 103082. – DOI: <https://doi.org/10.1016/>

j.apergo.2021.103082

11. Ballester A. et al. Anthropometry model generation based on ANSUR II database // *International Journal of Digital Human.* – 2016. – Vol. 1, № 1. – P. 21–40.

12. Simmons K.P., Istook C.L. Body measurement techniques: comparing 3D body-scanning and anthropometric methods for apparel applications // *Journal of Fashion Marketing and Management.* – 2003. – Vol. 7, № 3. – P. 306–332.

13. Imaoka H. et al. 3D anthropometric algorithms for the estimation of measurements required for specialized garment design // *Expert Systems with Applications.* – 2017. – Vol. 85. – P. 336–345. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.05.022>

14. Балтаева А.У. и др. Оценка гармоничности физического развития школьников города Алматы // *Вестник КазНМУ.* – 2019. – № 1. – С. 361–364.

15. Джайнакбаев Н.Т., Оракбай Л.Ж., Вдовцев А.В. Показатели физического развития школьников г. Нур-Султана // *Вестник КазНМУ.* – 2020. – № 3. – С. 244–246.

16. Кабиева С.Ж., Мукатаева Ж.М., Даирбаева Д.Ж. Особенности физического развития школьников 7–15 лет г. Павлодара // *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина.* – 2014. – № 2 (81). – С. 56–63.

17. Кожанов В.В. и др. Характеристика физического развития школьников города Шымкент // *Педиатрия и детская хирургия.* – 2018. – № 3(93). – С. 31–37.

18. Алдибекова Г.И., Абдрахманова С.Т., Лим Л.В. и др. Оценка физического развития детей дошкольного возраста Республики Казахстан и сравнительный анализ за последние 30 лет // *Педиатрия и детская хирургия.* – 2020. – Т. 2, № 100. – С. 23–27; *Медицина и экология.* – 2017. – № 4. – С. 55–61.

19. Павловская В.С., Калишев М.Г., Рогова С.И. Многолетняя динамика изменений антропометрических показателей школьников // *Гигиена и санитария.* – 2020. – Т. 99, № 3. – С. 286–290. – DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-3-286-290.

20. Базарбаева С.М., Динмухамедова А.С., Айзман Р.И. Региональные морфофункциональные особенности развития студентов казахской национальности // *Гигиена и санитария.* – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 449–454.

21. Нуртазин С.Т. и др. Антропометрические особенности юношей казахов, обучающихся в г. Алматы // *Казахский национальный университет им. Аль-Фараби.* – Алматы.

22. Жанабаев Н.С. и др. Использование международных критериев для оценки физического развития первоклассников Южно-Казахстанской области Республики Казахстан // *Экология человека.* – 2017. – № 2. – С. 32–38.

23. Абильдина А.С. Совершенствование комплексной программы укрепления здоровья казахстанских школьников с использованием концепции Всемирной организации здравоохранения:

дис. докт. филос. (PhD): 8D10103. – Астана, 2023. – 112 с.

REFERENCES

1. Akhmetova S., Tursumbaeva M. Otsenka bioklimaticheskikh usloviy Zapadnogo Kazakhstana [Assessment of bioclimatic conditions of Western Kazakhstan] *Journal of Geography and Environmental Management.* Vol.69, No.2 (2023): (In Russian) pp.65–720. DOI: 10.26577/JGEM.2023.v69.i2.07.

2. Khaibullina Zh., Amantaikyzy A., Aripkhanova A., et al. Vliyanie izmeneniya klimata i dostupnosti vody na sotsial'no-ekonomicheskie aspekty i obshchestvennoe zdorov'e v Aralskom rayone Kyzylordinskoy oblasti Kazakhstana [Impact of climate change and water availability on socio-economic aspects and public health in the Aral district of Kyzylorda region, Kazakhstan] // *Central Asian Journal of Water Research.* Vol.8, No.2 (2022): pp.79–111. DOI: 10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-1/79-111.rus. (In Russian)

3. Nurmadiyeva G. T., Zhetpisbaev B. A. Vliyanie ekosistem na zdorov'e cheloveka v industrial'no razvitykh regionakh Kazakhstana: obzor literatury [The impact of ecosystems on human health in industrially developed regions of Kazakhstan: a literature review] // *Science and Healthcare.* Vol.20, No.4 (2018): pp.107–132. (In Russian)

4. Gordon C. C., Bradtmiller B. Anthropometric survey of U.S. Army personnel. Defense Technical Information Center (DTIC), 2012. Tech. Report ADA611869.

5. Gordon C. C., et al. 1988 anthropometric survey of U.S. Army personnel: summary statistics interim report. DTIC, 1989. Tech. Report ADA209600.

6. Ashdown S. P., Dunne L. Anthropometric methods for the successful design of military clothing and equipment // *Handbook of Military Textiles.* Cambridge: Woodhead Publishing, 2012: pp.37–54.

7. Yan S., Wirta J., Kämäräinen J. K. Anthropometric clothing measurements from 3D body scans // *Machine Vision and Applications.* Vol.31, No.1 (2019): pp.1–16. DOI: 10.1007/s00138-019-01054-4.

8. Body scans // *Machine Vision and Applications.* – 2019. – Vol. 31, № 1. – P. 1–16. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00138-019-01054-4>

9. Becker C., et al. NATO research task group: 3D scanning for clothing fit and logistics. NATO Science & Technology Organization, 2017. Tech. Report HFM-RTG-252.

10. Teng J. G., Fok S. L. Prediction of military combat clothing size using decision trees and 3D body scan data // *Applied Ergonomics.* Vol.93 (2021): Article 103082. DOI: 10.1016/j.apergo. 2021.103082.

11. Ballester A., et al. Anthropometry model generation based on ANSUR II database // *International Journal of Digital Human.* Vol.1, No.1 (2016): pp.21–40.

12. Simmons K. P., Istook C. L. Body measurement techniques: comparing 3D body-scanning and anthropometric methods for apparel applications // *Journal of Fashion Marketing and Management.* Vol.7, No.3 (2003): pp.306–332.

13. Imaoka H., et al. 3D anthropometric algorithms for the estimation of measurements required for specialized garment design // *Expert Systems with Applications*. Vol.85 (2017): pp.336–345. DOI: 10.1016/j.eswa.2017.05.022.
14. Baltaeva A. U., et al. Otsenka garmonichnogo fizicheskogo razvitiya shkol'nikov v Almaty [Assessment of the harmonious physical development of schoolchildren in Almaty] // *Bulletin of KazNMU*. No.1 (2019): pp.361–364. (In Russian)
15. Jainakbaev N. T., Orakbay L. Zh., Vdovtsev A. V. Pokazateli fizicheskogo razvitiya shkol'nikov v Nur-Sultane [Indicators of physical development of schoolchildren in Nur-Sultan] // *Bulletin of KazNMU*. No.3 (2020): pp.244–246. (In Russian)
16. Kabieva S. Zh., Mukataeva Zh. M., Dairbaeva D. Zh. Osobennosti fizicheskogo razvitiya shkol'nikov 7–15 let v Pavlodare [Features of physical development of 7–15-year-old schoolchildren in Pavlodar] // *Bulletin of Science of the S. Seifullin Kazakh Agro Technical University*. No.2 (81) (2014): pp.56–63. (In Russian)
17. Kozhanov V. V., et al. Kharakteristiki fizicheskogo razvitiya shkol'nikov v Shymkente [Characteristics of physical development of schoolchildren in Shymkent] // *Pediatrics and Pediatric Surgery*. No.3 (93) (2018): pp.31–37. (In Russian)
18. Aldibekova G. I., Abdrakhmanova S. T., Lim L. V., et al. Otsenka fizicheskogo razvitiya detey doshkol'nogo vozrasta v Respublike Kazakhstan i sravnitel'nyy analiz za poslednie 30 let [Assessment of physical development of preschool children in the Republic of Kazakhstan and comparative analysis over the past 30 years] // *Pediatrics and Pediatric Surgery*. Vol.2, No.100 (2020): pp.23–27; *Medicine and Ecology*. No.4 (2017): pp.55–61. (In Russian)
19. Pavlovskaya V. S., Kalishev M. G., Rogova S. I. Dolgovremennaya dinamika izmeneniy antropometricheskikh pokazateley shkol'nikov [Long-term dynamics of changes in anthropometric indicators of schoolchildren] // *Hygiene and Sanitation*. Vol.99, No.3 (2020): pp.286–290. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-3-286-290. (In Russian)
20. Bazarbayeva S. M., Dinmukhamedova A. S., Aizman R. I. Regional'nye morfofunktsional'nye osobennosti razvitiya studentov kazakhskoy natsional'nosti [Regional morphofunctional features of development of Kazakh nationality students] // *Hygiene and Sanitation*. Vol.98, No.4 (2019): pp.449–454. (In Russian)
21. Nurtazin S. T., et al. Antropometricheskie osobennosti kazakhskikh yunoshey, obuchayushchikhsya v Almaty [Anthropometric features of Kazakh young men studying in Almaty] // *Al-Farabi Kazakh National University, Almaty*. (In Russian)
22. Zhanabayev N. S., et al. Ispol'zovanie mezhdunarodnykh kriteriev dlya otsenki fizicheskogo razvitiya pervoklassnikov Yuzhnogo Kazakhstana [Use of international criteria for assessing the physical development of first-graders in the South Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan] // *Human Ecology*. No.2 (2017): pp.32–38. (In Russian)
23. Abildina A. S. Sovershenstvovanie kompleksnoy programmy ukrepleniya zdorov'ya kazakhstanskikh shkol'nikov s ispol'zovaniem kontseptsii VOZ [Improvement of a comprehensive health promotion program for Kazakhstan schoolchildren using the WHO concept]: PhD Thesis: 8D10103. Astana, 2023. 112 p. (In Russian)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДЖИНСОВОЙ ТКАНИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

И. Ш. ХАКИМЖОНОВ



(Наманганский государственный технический университет, Республика Узбекистан,
г. Наманган, ул. И. Каримова, д. 12)

Электронная почта автора-корреспондента: islomsu25@gmail.com

Швейная промышленность является одной из отраслей, производящих наибольшее количество отходов в мире. В частности, при изготовлении одежды из джинсовой ткани образуется значительное количество излишних обрезков и неиспользованных лоскутов. Проблема переработки данных отходов актуальна не только с точки зрения экономической эффективности, но и с позиции экологической безопасности. В данной статье проанализированы экологические и технологические подходы к созданию новых швейных изделий из отходов джинсовой ткани. В ходе исследований изучены физико-механические свойства джинсовых отходов, проведены эксперименты по их переработке и применению в практике. При проектировании и пошиве новых моделей одежды оценивались прочность, эстетический вид и соответствие рыночным требованиям переработанных образцов ткани. Результаты показали, что изделия, аксессуары и декоративные товары из отходов джинсовой ткани не только экономичны, но и экологически чисты, а также являются результатом креативного подхода. В статье представлены практические рекомендации для дальнейшего развития данного направления.

Ключевые слова: отходы джинсовой ткани, переработка, экологический подход, швейные изделия, технологические инновации.

ДЖИНС МАТАСЫ ҚАЛДЫҚТАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ЖАҢА ТІГІН БҰЙЫМДАРЫН ЖАСАУ, ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТӘСІЛ

И. Ш. ХАКИМЖОНОВ

(Наманган мемлекеттік техникалық университеті, Өзбекстан Республикасы,
Наманган қ., Каримов көшесі, 12)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: islomsu25@gmail.com

Тігін өнеркәсібі дүниежүзіндегі ең көп қалдық шығаратын салалардың бірі болып саналады. Әсіресе, джинс матасынан киім-кешек дайындау барысында көптеген артық қиықтар мен пайдаланылмаған маталардың қалдықтары пайда болады. Бұл қалдықтарды қайта өңдеу мәселесі тек экономикалық тиімділік тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар экологиялық қауіпсіздік тұрғысынан да өзекті болып табылады. Осы мақалада джинс матасы қалдықтарынан жаңа тігін бұйымдарын жасауға экологиялық және технологиялық тұрғыдан қарастырулар талданды. Зерттеу барысында джинс қалдықтарының физика-механикалық қасиеттері зерттеліп, оларды қайта өңдеу және тәжірибеде қолдану мүмкіндіктері сынақтан өткізілді. Жаңа киім үлгілерін жобалау және тігу кезінде қайта өңделген мата үлгілерінің төзімділігі, эстетикалық бейнесі және нарық талаптарына сәйкестігі бағаланды. Нәтижелер көрсеткендей, джинс қалдықтарынан жасалған киімдер, аксессуарлар және декоративті бұйымдар тек экономикалық жағынан арзан ғана емес, сонымен бірге экологиялық таза әрі креативті тәсілдің нәтижесі болып табылады. Мақалада бұл бағытты одан әрі дамытуға арналған практикалық ұсыныстар берілген.

Негізгі сөздер: джинс матасы қалдықтары, қайта өңдеу, экологиялық тәсіл, тігін бұйымдары, технологиялық инновациялар.

UTILIZATION OF DENIM FABRIC WASTE FOR CREATING NEW GARMENTS, ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL APPROACH

I. SH. KHOKIMJONOV

(Namangan State Technical University, Uzbekistan, Namangan, Karimov str., 12)

Corresponding author's email: islomsu25@gmail.com

The textile industry is one of the largest waste-generating sectors worldwide. In particular, the production of garments from denim fabric results in a significant amount of excess cuttings and unused fabric pieces. The problem of recycling such waste is relevant not only in terms of economic efficiency but also from an environmental protection perspective. This article analyzes ecological and technological approaches to creating new sewing products from denim fabric waste. During the study, the physical and mechanical properties of denim waste were examined, and experiments on recycling and practical applications were carried out. When designing and sewing new clothing models, the durability, aesthetic appearance, and market compliance of recycled fabric samples were evaluated. The results showed that garments, accessories, and decorative items made from denim waste are not only cost-effective but also environmentally friendly and represent a creative design approach. The article also provides practical recommendations for the further development of this direction.

Keywords: denim fabric waste, recycling, ecological approach, sewing products, technological innovation.

Введение

В последние годы, на фоне обострения экологических проблем во всем мире, все большую актуальность приобретают вопросы переработки производственных отходов и их рационального использования. Швейная промышленность является одной из отраслей с высоким уровнем образования отходов. В частности, при производстве одежды из джинсовой ткани образуется большое количество излишних обрезков, неправильно раскроенных кусков или деталей, не соответствующих требованиям по качеству. Это приводит не только к экономическим потерям, но и оказывает негативное воздействие на экологическое равновесие.

Джинсовая ткань, благодаря своей прочности, долговечности и эстетическим свойствам, является одним из самых популярных материалов в мире. Именно поэтому она широко используется в производстве, однако вместе с этим возрастает и объем отходов. В современных условиях переработка отходов джинсовой ткани и создание из них новых швейных изделий имеет двойное значение: с одной стороны, способствует снижению количества отходов и защите окружающей среды, а с другой – повышает экономическую эффективность.

Совмещение экологических и технологических подходов в переработке текстильных отходов не только обеспечивает рациональное использование имеющихся ресурсов, но и открывает новые возможности для разработки оригинальных дизайнерских решений и

креативной продукции. В этом контексте изделия, изготовленные из отходов джинсовой ткани, такие как одежда, сумки, аксессуары и декоративные предметы, могут рассматриваться как экологически чистая, доступная и конкурентоспособная продукция.

Основная цель данного исследования заключается в анализе научных, экологических и технологических основ использования отходов джинсовой ткани для создания новых швейных изделий, в определении их эффективности на основе практических экспериментов, а также в разработке рекомендаций по дальнейшему развитию данного направления.

Материалы и их методы исследования.

Основным материалом исследования послужили отходы джинсовой ткани, образующиеся на местных швейных предприятиях. Эти отходы, как правило, включают в себя обрезки, остающиеся после раскроя, неправильно вырезанные детали или куски ткани, признанные несоответствующими стандартам качества. На первом этапе материалы были подвергнуты предварительной очистке, сортировке и подготовке к дальнейшей переработке. При сортировке учитывались такие показатели, как прочность волокон, их толщина, износостойчивость и цветоустойчивость.

В лабораторных условиях проводились испытания по определению основных физико-механических свойств отходов джинсовой ткани, включая плотность, устойчивость к разрыву, влагопоглощение и пригодность к выполнению швейных швов. Результаты экспериментов показали, что во многих случаях

характеристики переработанных отходов близки к показателям новых образцов ткани. Однако часть отходов требовала проведения дополнительных процессов очистки – как химической, так и механической – для обеспечения возможности их дальнейшего применения.

В рамках исследования были использованы следующие методы:

Экспериментальный метод – изготовление опытных образцов из переработанных отходов и их испытание в лабораторных условиях.

Технологический анализ – оценка возможностей переработки отходов джинсовой ткани в условиях производства.

Дизайнерские эксперименты – разработка моделей одежды и аксессуаров на основе переработанных материалов, оценка их эргономических и эстетических характеристик.

Маркетинговый анализ – проведение опросов и интервью среди потребителей с целью выявления их отношения к изделиям, изготовленным из отходов джинсовой ткани.

Кроме того, особое внимание было уделено оценке экологической эффективности использования переработанных отходов. Сравнительный анализ показал, что повторное использование отходов по сравнению с их захоронением на полигонах позволяет значительно сократить объемы отходов, сэкономить энергетические ресурсы и снизить уровень негативного воздействия на окружающую среду.

В целом методология исследования направлена на комплексное изучение не только технологических возможностей применения отходов джинсовой ткани, но и их экологической результативности, что соответствует современным требованиям устойчивого развития и «зеленой экономики».

Результаты и их обсуждение.

Результаты проведенного исследования показали, что переработка отходов джинсовой ткани обладает широкими перспективами и может быть эффективно использована для создания новых швейных изделий. Прежде всего, лабораторные испытания подтвердили, что основные физико-механические свойства переработанных материалов остаются на высоком уровне. Прочность, плотность и устойчивость к разрыву большинства образцов оказались сопоставимы с характеристиками новой ткани, что позволяет применять их в пошиве одежды и аксессуаров без значительных ограничений.

Экспериментальные образцы, изготовленные из отходов, включали сумки, повседневную одежду, декоративные элементы интерьера и даже отдельные детали обуви. Визуальная оценка и практические испытания показали, что данные изделия не уступают аналогам из новой ткани по эстетическим качествам, а в ряде случаев обладают уникальным дизайном и оригинальностью. Такой результат достигается за счёт творческого подхода к комбинированию разных по цвету и фактуре фрагментов ткани.

Особое внимание в исследовании уделялось экологическому аспекту. Анализ показал, что повторное использование каждого килограмма отходов джинсовой ткани позволяет существенно снизить объём отходов, подлежащих захоронению на полигонах, уменьшить потребление воды и электроэнергии, а также сократить выбросы углекислого газа в атмосферу. Таким образом, переработка текстильных отходов соответствует стратегическим принципам «зелёной экономики» и устойчивого развития.

Маркетинговое исследование, проведенное среди потребителей, выявило положительное отношение к продукции, изготовленной из переработанных материалов. Более 70 % респондентов отметили, что готовы приобретать такие изделия при условии сохранения качества и доступной цены. При этом значительная часть опрошенных подчеркнула важность экологического аспекта и выразила готовность поддерживать экологически чистые инициативы. Это свидетельствует о том, что экологически ориентированная продукция имеет высокий рыночный потенциал и может занять свою нишу на современном рынке моды.

Несмотря на положительные результаты, в процессе исследования были выявлены и определённые трудности. В частности, часть отходов джинсовой ткани оказалась излишне изношенной или имела дефекты, делающие их непригодными для повторного использования. Это указывает на необходимость внедрения более тщательной системы сортировки на ранних этапах, что позволит повысить общий процент перерабатываемых материалов. Кроме того, требуется разработка новых технологических решений для укрепления слабых фрагментов и повышения их эксплуатационных характеристик.

Социальный аспект переработки отходов также является значимым. Этот процесс не только способствует созданию новых рабочих

мест, но и открывает возможности для молодых дизайнеров, предлагая им уникальное поле для реализации творческих идей. В условиях возрастающей актуальности экологической культуры подобные инициативы играют важную роль в формировании ответственного отношения общества к использованию ресурсов.

Таким образом, результаты исследования убедительно демонстрируют, что переработка

отходов джинсовой ткани может стать эффективным направлением развития лёгкой промышленности. Она объединяет в себе экологическую целесообразность, экономическую выгоду и дизайнерскую инновационность, что делает данное направление особенно перспективным для внедрения в современную практику.



Рисунок 1. Современные жакеты, созданные из переработанного денима. Первая модель – приталенного кроя, сшита из фрагментов джинсовой ткани разной текстуры и оттенков. Вторая выполнена в технике печворк, дополнена винтажным декором и декоративными элементами. Обе модели отражают принципы экологичного дизайна и креативного подхода к переработке материалов.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило, что отходы джинсовой ткани представляют собой значительный ресурс, который может быть успешно использован для создания новых швейных изделий. Экспериментальные данные показали, что физико-механические характеристики переработанных материалов во многих случаях сопоставимы с параметрами новой ткани, что позволяет эффективно применять их в производстве одежды, аксессуаров и декоративных изделий.

Экологический эффект переработки выражается в сокращении количества отходов, подлежащих захоронению, экономии воды и электроэнергии, а также в снижении выбросов углекислого газа. Таким образом, переработка текстильных отходов не только решает проблему утилизации, но и способствует реализации принципов устойчивого развития и «зелёной экономики».

С экономической точки зрения использование отходов джинсовой ткани позволяет снизить себестоимость продукции, обеспечивая при этом высокий уровень оригинальности и дизайнерской ценности изделий. Кроме того, положительное отношение потребителей к экологически чистым товарам открывает перспективы для расширения рынка и внедрения инновационных коллекций одежды.

На основании полученных результатов можно выдвинуть следующие рекомендации:

Внедрять системы предварительной сортировки отходов на швейных предприятиях для повышения качества переработки.

Разрабатывать новые технологические методы укрепления и улучшения свойств переработанных материалов.

Активнее привлекать молодых дизайнеров к созданию коллекций из переработанных тканей, стимулируя развитие креативных направлений.

Поддерживать государственные и частные инициативы в области экологической моды, включая информационные кампании и финансовое стимулирование.

В целом, использование отходов джинсовой ткани может стать важным направлением развития лёгкой промышленности, объединяющим экологические, экономические и социальные преимущества, и способствовать формированию более устойчивой и ответственной индустрии моды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хакимжонов, И. Avtomobil interyerlarida charm va tekstil materiallardan foydalanishning ergonomik va dizayn yondashuvlari. Namangan davlat universiteti ilmiy jurnali, 2023, 2(4), 45–52.

Хакимжонов, И. Ш., Бахромова, М. И. Разработка дизайн-проекта женского костюма в этническом стиле. Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 102 illiyinə həsr olunmuş —Dördüncü sənaye inqilabı dövründə elm və texnologiyaların mövcud vəziyyəti və inkişaf perspektivləri mövzusunda Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfrans. 2025, pp. 95–56.

2. S. Tashpulatov, I. Khakimzhonov, M. Rajapova, I. Cherunova, Sh. Korabayev, R. Atajanov. Research and Development of Special Clothing for Protection against Thermal Effects. “International Conference on Physical Research & Engineering Technology Problems” AIP Conf. Proc. 3304, 030027-1–030027-15; <https://doi.org/10.1063/5.0269163> Published under an exclusive license by AIP Publishing. ISBN 978-0-7354-5219-0.

3. Зокирова, М. З. Қ. Ayollar liboslari dizaynida milliy va zamonaviy uslublarni uygʻunlashtirish yoʻllari. Ташкент: Oʻzbekiston yengil sanoat ilmiy markazi, 2023.

4. Абдуганиева, Н. М. Yengil sanoat korxonalarida kiyim dizaynini modernizatsiya qilishning dolzarb masalalari. Oʻzbekiston yengil sanoat ilmiy jurnali, 2021, 5(2), 77–83.

5. Маматкулова, Г. Р. Tikuvchilikda innovatsion texnologiyalarni qoʻllash samaradorligi. Toshkent toʻqimachilik va yengil sanoat instituti ilmiy ishlari, 2020, 3(1), 64–70.

6. Хасанова, Д. А. Erkaklar kiyimida estetik va funksional yondashuvlar tahlili. “Dizayn va moda” ilmiy jurnal, 2019, 1(2), 55–61.

7. Тожибоева, С. И. Namangan viloyati tikuv-trikotaj korxonalarida innovatsion mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyatlari. “Iqtisodiyot va innovatsiya” jurnali, 2021, 4(6), 89–94.

8. Расулова, З. Ш. Oʻzbekistonda yengil sanoat mahsulotlari bozorining rivojlanish tendensiyalari. Respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari, 2022, 2(1), 101–107.

9. Каримов, А. Б. Kiyim dizaynida ergonomik kesimlarning afzalliklari. Ташкент: “Yosh dizaynerlar” ilmiy toʻplami, 2020.

10. Kavitha, V & Malaisamy, K. & Muruges, TS & SenthilKumar, M. (2023). Design and development of jeans textile antenna for wireless broadband applications. Journal of Industrial Textiles. 53. 10.1177/15280837231215374.

11. Kavitha, V & Malaisamy, K. & Muruges, TS & SenthilKumar, M. (2023). Design and development of jeans textile antenna for wireless broadband applications. Journal of Industrial Textiles. 53. 10.1177/15280837231215374.

12. Shi, S; Feng, XW; Wang, SH; et al. Hydrolysis and carbonization of reactive dyes/cotton fiber in hydrothermal environment. Waste management, 2025

13. Aki S.U., Candan C., Nergis B., Önder N.S. Understanding denim recycling: A quantitative study with lifecycle assessment methodology.

14. Kuran, Feyza. (2025). CONCEPTUAL ART AND TEXTILE. Turkish Online Journal of Design Art and Communication. 15. 1350-1364. 10.7456/tojdoc.1736040.

REFERENCES

1. Khakimzhonov, I. (2023). Avtomobil interyerlarida charm va tekstil materiallardan foydalanishning ergonomik va dizayn yondashuvlari [Ergonomic and Design Approaches to the Use of Leather and Textile Materials in Car Interiors]. Namangan davlat universiteti ilmiy jurnali, 2(4), 45–52. (in Uzbek).

2. Khakimzhonov, I.Sh., & Bakhromova, M.I. (2025). Razrabotka dizain-proekta zhenskogo kostyuma v etnicheskom stile [Design Development of a Women's Costume in Ethnic Style]. In International Scientific-Practical Conference..., pp. 95–56. (in Russian).

3. Tashpulatov, S., Khakimzhonov, I., Rajapova, M., Cherunova, I., Korabayev, Sh., & Atajanov, R. Research and Development of Special Clothing for Protection against Thermal Effects. AIP Conference Proceedings, 3304, 030027-1–030027-15. <https://doi.org/10.1063/5.0269163>.

4. Zokirova, M.Z.Q. (2023). Ayollar liboslari dizaynida milliy va zamonaviy uslublarni uygʻunlashtirish yoʻllari [Ways to Integrate National and Modern Styles in Women's Clothing Design]. Tashkent: Oʻzbekiston yengil sanoat ilmiy markazi. (in Uzbek).

5. Abduganieva, N.M. (2021). Yengil sanoat korxonalarida kiyim dizaynini modernizatsiya qilishning dolzarb masalalari [Current Issues of Modernizing Clothing Design in Light Industry Enterprises]. Oʻzbekiston yengil sanoat ilmiy jurnali, 5(2), 77–83. (in Uzbek).

6. Mamatkulova, G.R. (2020). Tikuvchilikda innovatsion texnologiyalarni qoʻllash samaradorligi [Effectiveness of Using Innovative Technologies in

Sewing Production]. Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti ilmiy ishlari, 3(1), 64–70. (in Uzbek).

7. Khasanova, D.A. (2019). Erkaklar kiyimida estetik va funksional yondashuvlar tahlili [Analysis of Aesthetic and Functional Approaches in Men's Clothing]. Dizayn va moda, 1(2), 55–61. (in Uzbek).

8. Tozhiboeva, S.I. (2021). Namangan viloyati tikuv-trikotaj korxonalarida innovatsion mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyatlari [Opportunities for Producing Innovative Products in Namangan Region's Sewing-Knitting Enterprises]. Iqtisodiyot va innovatsiya, 4(6), 89–94. (in Uzbek).

9. Rasulova, Z.Sh. (2022). O'zbekistonda yengil sanoat mahsulotlari bozorining rivojlanish tendensiyalari [Development Trends of the Light Industry Market in Uzbekistan]. Republican Scientific-Practical Conference Proceedings, 2(1), 101–107. (in Uzbek).

10. Karimov, A.B. (2020). Kiyim dizaynida ergonomik kesimlarning afzalliklari [Advantages of

Ergonomic Cuts in Clothing Design]. Tashkent: Yosh dizaynerlar ilmiy to'plami. (in Uzbek).

11. Kavitha, V., Malaisamy, K., Muruges, T.S., & SenthilKumar, M. (2023). Design and development of jeans textile antenna for wireless broadband applications. Journal of Industrial Textiles, 53. <https://doi.org/10.1177/15280837231215374>.

12. (duplicate) — removed to avoid repetition. If needed, I can keep both.

13. Shi, S., Feng, X.W., Wang, S.H., et al. (2025). Hydrolysis and carbonization of reactive dyes/cotton fiber in hydrothermal environment. Waste Management.

14. Aki, S.U., Candan, C., Nergis, B., & Önder, N.S. Understanding denim recycling: A quantitative study with lifecycle assessment methodology.

15. Kuran, F. (2025). Conceptual Art and Textile. Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 15, 1350–1364. <https://doi.org/10.7456/tojdac.1736040>.

ӨСІМДІК ТЕКТІ АНТИМИКРОБТЫҚ КОМПОНЕНТТЕР НЕГІЗІНДЕ ТАҢҒЫШ МАТЕРИАЛДАР ӘЗІРЛЕУ

А. БУРКИТБАЙ , Қ.Ж. ҚАЛДЫБЕК , Б.Р. ТАУСАРОВА , Е. ТАКЕЙ* 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би к-сі, 100)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: yergengul@list.ru*

Антимикробтық таңғыш материалдар жарақаттарды, жараларды емдеуде маңызды рөл атқарады. Олар микробтық асқынуды бақылап, созылмалы қабынудың алдын алады және терінің жылдам қалпына келуіне ықпал етеді. Мұндай материалдар созылмалы жараларды (мысалы, трофикалық жаралар, диабеттік табан жаралары), күйіктерді, жұқпалы хирургиялық жараларды асқину қаупі жоғары инфекциядан қорғау мақсатында қолданылады. Таңғыш материалдарда табиғи заттарды антибактериалдық агенттер ретінде пайдалану белсенді түрде зерттелуде. Ғылыми зерттеулер прополис, бал, хитозан және эфир майлары сияқты заттардың тиімділігін растайды. Олар жұмсақ, әрі тұрақты биоцидтік қасиетке ие, жанама әсерлері жоқ. Зерттеу жұмысымызда екі түрлі құрамда өңделген дәкенің биоцидтік тұрақтылығын анықтау мақсатында материал үлгілері топырақ микрофлорасының әсеріне түсірілді. Микрофлораның әсеріне ұшыраған өңделмеген дәке материалдары көгеріп, иірі бастаған, ал табиғи биоцидтермен өңделген материалдар аса бұзылысқа ұшырамағаны байқалады. Соның ішінде жусан сызындысы мен хитозан негізіндегі құрамда өңделген материалдың биоцидтік тұрақтылығы жоғары екені дәлелденді. Өңделген материал талшықтарының морфологиялық өзгерісін анықтау үшін электрондық сканирлеуші микроскоптың көмегімен зерттеу жүргізілді. Талшықтың бетінде биоцидтік заттардың бөлшектері біртегіс орналасқаны байқалады. Өңдеуден кейінгі дәке материалдарының ауа өткізгіштік және сіңіргіштік қасиеттері де аса өзгеріске ұшырамаған. Зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрілігінің Ғылым комитеті қаржыландырған (Грант № AP25794653).

Негізгі сөздер: өсімдік текті биоцид, жусан, лавр жапырағы, хитозан, эфир майлары, антимикробтық таңғыш.

РАЗРАБОТКА ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ АНТИМИКРОБНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

А. БУРКИТБАЙ, Қ.Ж. ҚАЛДЫБЕК, Б.Р. ТАУСАРОВА, Е. ТАКЕЙ*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Төле би, 100)
Электронная почта автора-корреспондента: yergengul@list.ru*

Антимикробные перевязочные материалы играют важную роль в лечении инфицированных ран. Они помогают контролировать микробные осложнения, предотвращают развитие хронического воспаления и способствуют ускоренному восстановлению кожного покрова. Такие материалы применяются для защиты от инфекции при лечении хронических ран (например, трофических язв, диабетических язв стопы), ожогов и инфицированных послеоперационных ран, где существует высокий риск осложнений. В настоящее время активно исследуется возможность использования природных веществ в качестве антибактериальных агентов в перевязочных материалах. Научные данные подтверждают эффективность таких веществ, как прополис, мёд, хитозан и эфирные масла. Эти компоненты обладают мягким, но устойчивым биоцидным действием и не вызывают побочных эффектов. В рамках нашего исследования образцы марли, обработанные двумя различными составами, подвергались воздействию почвенной микрофлоры с целью определения биоцидной устойчивости. Необработанные образцы марли при воздействии микрофлоры начали плесневеть и разлагаться, тогда как материалы, обработанные натуральными биоцидами, показали меньшую степень разрушения. Особенно высокая биоцидная устойчивость была зафиксирована у образцов, обработанных составом на основе экстракта полыни и хитозана. Для оценки морфологических изменений волокон после обработки было проведено исследование с использованием сканирующего электронного микроскопа. На поверхности волокон наблюдалось равномерное распределение частиц биоцидных веществ. При этом

воздухопроницаемость и впитывающая способность обработанных марлевых материалов остались без существенных изменений. Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP25794653).

Ключевые слова: растительный биоцид, полынь, лавровый лист, хитозан, эфирные масла, антимикробная повязка.

DEVELOPMENT OF DRESSING MATERIALS WITH PLANT-BASED ANTIMICROBIAL COMPONENTS

A. BURKITBAY, K.ZH. KALDYBEK, B.R. TAUSSAROVA, Y.E. TAKEY*

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

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

Antimicrobial dressing materials play an important role in the treatment of infected wounds. They help control microbial complications, prevent the development of chronic inflammation, and promote faster skin regeneration. Such materials are used to protect against infection in the treatment of chronic wounds (e.g., trophic ulcers, diabetic foot ulcers), burns, and infected postoperative wounds where there is a high risk of complications. Currently, the potential use of natural substances as antibacterial agents in dressing materials is being actively studied. Scientific data confirm the effectiveness of such substances as propolis, honey, chitosan, and essential oils. These components possess mild but persistent biocidal activity and do not cause side effects. As part of our research, gauze samples treated with two different formulations were exposed to soil microflora to determine the microbiological resistance coefficient. Untreated gauze samples, when exposed to microflora, began to mold and decompose, whereas materials treated with natural biocides showed significantly lower levels of degradation. Particularly high microbiological resistance was observed in samples treated with a formulation based on wormwood extract and chitosan. To assess the morphological changes in the fibers after treatment, a study using a scanning electron microscope was conducted. A uniform distribution of biocidal particles on the fiber surface was observed. At the same time, the air permeability and absorbency of the treated gauze materials remained largely unchanged. The research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and higher education of the Republic of the Kazakhstan (Grant No. AP25794653).

Keywords: plant-based biocide, wormwood, bay leaf, chitosan, essential oils, antimicrobial dressing.

Kіpіcne

Антимикробтық таңғыш материалдар жарақаттар мен жараларды емдеуде маңызды рөл атқарады. Олар микробтық асқынуды бақылап, созылмалы қабынудың алдын алады және терінің жылдам қалпына келуіне ықпал етеді.

Мұндай материалдар созылмалы жараларды (мысалы, трофикалық жаралар, диабеттік табан жаралары), күйіктерді, жұқпалы хирургиялық жараларды асқыну қаупі жоғары инфекциядан қорғау мақсатында қолданылады.

Олар инфекцияны локализациялауға, жүйелі антибиотикалық терапияға қажеттілікті азайтуға және регенерация процестерін жеделдетуге мүмкіндік береді.

Таңғыштарда ең көп қолданылатын антимикробтық заттар (кесте 1):

- синтетикалық агенттер: күміс (иондық және нанобөлшектер түрінде), йод және повидон-

йод, хлоргексидин, полиэксаметилен бигуанид, мыс және мырыш нанобөлшектері;

- табиғи агенттер: хитозан (шаян тәрізділердің хитинінен алынатын), эфир майлары (шай ағашы, тимьян, лаванда), өсімдік сығындылары (алоэ вера, календула, прополис), бал (әсіресе манука).

Тері беті зақымданғаннан кейін жараның бетінде оның жазылуын тежейтін және инфекциялық асқыну тудыратын келесі микроорганизмдер колонизациясы пайда болуы мүмкін:

- *Staphylococcus aureus*, оның ішінде MRSA;

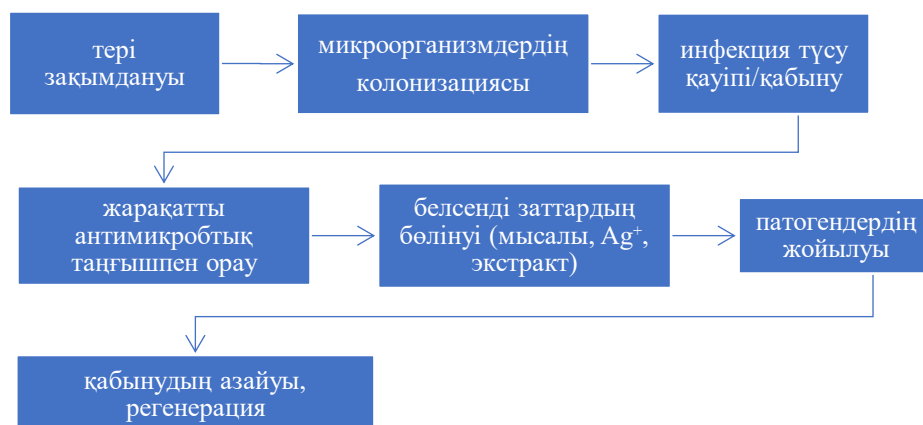
- *Pseudomonas aeruginosa*;

- *Escherichia coli*;

- *Enterococcus faecalis*;

- *Candida albicans* және басқа саңырауқұлақтар.

Микроорганизмдерден жарақат бетінде биоқабыршақтар пайда болады, жергілікті қан айналым нашарлап, қабыну басталады.



Сурет 1. Антимикробтық таңғыш материалдардың әсер ету механизмі

Таңғыш материалдарда табиғи заттарды антибактериалдық агенттер ретінде пайдалану белсенді түрде зерттелуде. Ғылыми зерттеулер прополис, бал, хитозан және эфир майлары сияқты заттардың тиімділігін растайды (сурет 1). Олар жұмсақ, әрі тұрақты биоцидтік қасиетке ие, жанама әсерлері жоқ.

Табиғи биоцидтік препараттардың негізгі артықшылықтары:

- шығу тегі табиғи;
- жоғары биоүйлесімді;
- терінің жетілуін жеделдетеді;
- ұзақ уақыт қолданғанда резистенттік тудырмайды.

Соңғы жылдары жарақаттарды емдеуге арналған биоүйлесімді, экологиялық қауіпсіз таңғыш материалдар алуға бағытталған жұмыстар белсенді жүргізіле бастады. Заманауи зерттеулер жаңа буын таңғыш заттарын алуда өсімдік экстрактарын, эфир майларын және жасыл биоцидтерді қолдануға бағытталған.

Көптеген жұмыстар [1, 2] эфир майлары мен өсімдік экстракттарының күшті табиғи антимикробтық агенттер екенін дәлелдеп жатыр. Олар *Staphylococcus aureus* және *Pseudomonas aeruginosa* сияқты кең спектрлі патогендік микроорганизмдерге қарсы белсенділік танытады, әрі дәстүрлі антибиотиктер сияқты бактерияларға тұрақтылық туғызбайды.

Өсімдік компоненттерін электроспиндік талшықтар сияқты нанокұрылымдық материалдарда пайдалану арқылы белсенді заттардың біртіндеп бөлінуін қадағалай отырып таңғыштың әсерін арттыруға болады [3, 4].

Кейбір авторлар түймедақ, алоэ вера және қалампыр сығындыларын поликапролактон, целлюлоза және альгинат матрицаларына сіңірген. Көп зерттеулерде табиғи және синтетикалық компоненттер үйлестіріліп пайдаланылған. Мысалы [5] трагакант сағызымен және

емдік шөптердің сығындысымен өңделген целлюлоза матасы негізіндегі көп қабатты таңғыш материал ұсынылған.

Зерттеушілер [6-11] антисептик компонент ретінде өсімдік агентімен бірге күміс, цинк оксиді иондары және кастор майы сияқты қауіпсіз химиялық биоцидтерді қолданады. Бұл қосылыс-тар нанобөлшек түрінде немесе гидрогель құрамында жоғары бактерицидтік қасиет көрсетеді.

Табиғи антисептиктер сіңірілген гидрогель таңғыштары үлкен қызығушылық тудыруда [7]. Олар ылғалды ұстап тұрады және жараның жазылуына қолайлы орта жасайды. Табиғи антимикробтық агенттер қосылған бұл материалдар жарақатты жетілдіретін және антибактериалдық қасиетке ие.

Келесі зерттеулер [12-15] өсімдік текті және химиялық компоненттерді араластыру арқылы таңғыш материалдардың уыттылығын арттырмай, антибактериалдық белсенділігін көтеруге болатынын дәлелдеді.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Зерттеуде таңғыш материал ретінде медициналық мақта талшығынан алынған, стерильді емес дәке пайдаланылды.

Таңғыш материалдарға биоцидтік қасиет беру мақсатында келесі антимикробтық заттарды қолданылды:

1-құрам:

- жусан сығындысы - 0,5%
- Хитозан - 1%
- глицерин - 5%
- су - 100% дейін.

Материалды өңдеу технологиясы:

1. Жусан сығындысын хитозан және глицеринмен араластыру;
2. қажетті мөлшерде су құю;
3. таңғыш материалды (дәке) алынған ерітіндіде сіңіру.

4. 80 °C-де 15 мин кептіру.

2-құрам:

- Лавр жапырағының экстракты - 1%
- гиалурон қышқылы- 1%
- Декспантенол - 3%
- су - 100% дейін

Материалды өңдеу технологиясы:

1. Лавр жапырағының экстрактысын хитозан, декспантенол және глицеринмен араластыру;

2. қажетті мөлшерде су құю;

3. таңғыш материалды (дәке) алынған ерітіндіде сіңіру.

4. 80 °C-де 15 мин кептіру.

Жусан (Artemisia spp.) бактерицидтік, қабынуға қарсы және жараларды емдейтін бірқатар пайдалы қасиеттерге ие. Алайда, жусанның құрамында жоғары дозада қолданса уытты - тужон болады.

Хитозан – хитиннен алынған табиғи полисахарид (шаян тәрізділердің қабығынан алады). Оның бактерияға, саңырауқұлаққа қарсы және жараларды емдейтін қасиеттері бар.

Глицерин – ылғалдандыратын компонент, жара бетінде ылғалды сақтап тұрады, бұл емделуге оңды ықпал етеді. Сондай-ақ глицерин биоцидтік қасиеттерге ие және теріні тітіркендірмейді.

Лавр жапырағы (Laurus nobilis) антимикробтық, қабынуға қарсы және антиоксиданттық қасиет береді. Сондықтан таңғыш материалдарға қолдануға өте қолайлы. Бірақ кез келген өсімдік компоненттері сияқты оның биоцидтік қасиетін арттыратын қауіпсіз химиялық препараттармен бірге қолдану қажет.

Гиалурон қышқылы - ылғалдандыратын және жарақатты жетілдіретін зат. Жарақаттағы ылғалды сақтап тұрады, клеткалардың миграциясын және ангиогенезді (жаңа қан тамырларының түзілуін) жеделдетеді.

Декспантенол (провитамин B5) – ылғалдандыратын, тыныштандыратын, эпителизацияны жеделдетіп, жарақатты жетілдіретін зат.

Нәтижелер және оларды талқылау

Бактерицидтік таңғыш материалдарды қолдану және табиғи компоненттерді пайдалану медицинадағы перспективалы бағыт болып табылады. Мұндай материалдар патогендік микрофлорамен тиімді күресіп қана қоймай, терінің қауіпсіз әрі жылдам қалпына келуіне ықпал етеді.

Екі түрлі құрамда өңделген дәкенің антимикробтық тұрақтылығын анықтау мақсатында материал үлгілері топырақ микрофлорасының әсеріне түсірілді (сурет 2).



а



б



в



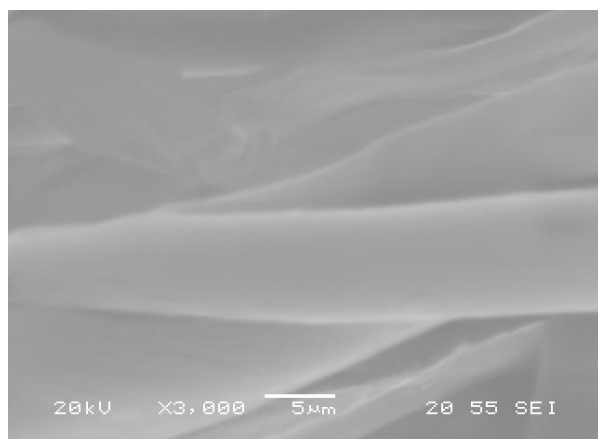
г

а, б – өңделмеген материал;

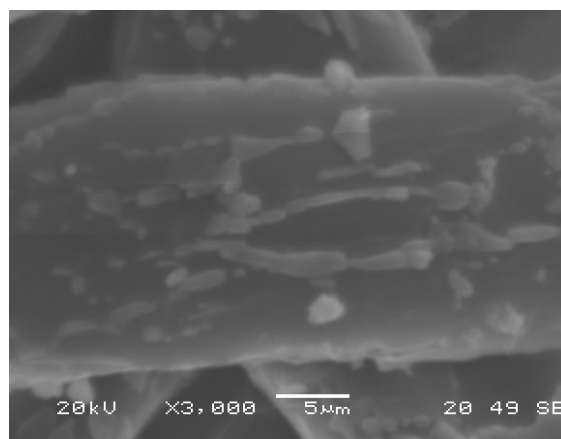
в – 1-құрамда өңделген материал; г – 2-құрамда өңделген материал

Сурет 2. Микрофлораның әсеріне ұшыраған материалдар

Микрофлораның әсеріне ұшыраған өңделмеген дәке материалдары көгеріп, шірі бастаған, ал 1-ші және 2-ші құрамда өңделген материалдар аса бұзылысқа ұшырамағаны байқалады. Соның ішінде жусан сығындысы мен хитозан негізіндегі құрамда өңделген материалдың биоцидтік тұрақтылығы жоғары екені дәлелденді.



а



б

а-өңделмеген материал, б-өңделген материал

Сурет 3. 1-құрамда өңделген дәке талшықтарының электрондық сканирлеуші микроскоптың көмегімен алынған кескіні

Өңдеуден кейінгі дәке материалдарының ауа өткізгіштік және сіңіргіштік қасиеттері аса өзгеріске ұшырамаған.

Кесте 1. Өңделген материалдың теріні тітіркендіру көрсеткіші

Токсикологиялық көрсеткіш	Үлгі ортасы	Анықталған концентрация	Шектелген концентрация	Зерттеу әдістеріне НҚ
Теріге тітіркендіргіш әсері (балл)	Сулы орта	0	0	И.1.1.11-12-35-2004

Токсикологиялық зерттеулер Кеден одағының 017/2011 «Жеңіл өнеркәсіп өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» техникалық регламентінің талаптарына сай, И.1.1.11-12-35-2004 нормативтік құжат бойынша жүргізілді (кесте 1). Сынақ нәтижесі бойынша өсімдік текті биоцидтер негізінде өңделген материал адам денесін тітіркендірмейтіні дәлелденді.

Қорытынды

Таңғыш материалдарға биоцидтік қасиет беру мақсатында өсімдіктекті және қауіпсіз химиялық антимикробтық заттар қолданылды. Биоцидтік өңдеуде жусан және лавр жапырағы негізінде екі түрлі құрам қолданылды.

Екі түрлі құрамда өңделген дәкенің микробиологиялық тұрақтылық коэффициентін анықтау мақсатында топырақ микрофлорасының әсеріне түсірілді. Микрофлораның әсеріне

Сонымен қатар, өңделген материал талшықтарының морфологиялық өзгерісін анықтау үшін электрондық сканирлеуші микроскоптың көмегімен зерттеу жүргізілді. Мақта талшықтарының кескіні 3-суретте көрсетілген. Талшықтың бетінде биоцидтік заттардың бөлшектері біртегіс орналасқанын көруге болады.

ұшыраған өңделмеген дәке материалдары көгеріп, шірі бастаған, ал 1-ші және 2-ші құрамда өңделген материалдар аса бұзылысқа ұшырамағаны байқалады. Соның ішінде жусан сығындысы мен хитозан негізіндегі құрамда өңделген материалдың микробиологиялық тұрақтылығы жоғары екені дәлелденді.

Сонымен қатар, өңделген материал талшықтарының морфологиялық ерекшелігін анықтау үшін электрондық сканирлеуші микроскоптың көмегімен зерттеу жүргізілді. Талшықтың бетінде биоцидтік заттардың бөлшектері біртегіс орналасқан.

Өңдеуден кейінгі дәке материалдарының ауа өткізгіштік және сіңіргіштік қасиеттері де өзгеріссіз сақталған.

Токсикологиялық сынақ нәтижесі бойынша өсімдік текті биоцидтер негізінде

өңделген материал адам денесін тітіркендірмейтіні дәлелденді.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрілігінің Ғылым комитеті қаржыландырған (Грант № AP25794653).

ПАЙДАЛАҢҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Mouro, Cláudia, & Gouveia, Isabel C. (2023). Electrospun wound dressings with antibacterial function: a critical review of plant extract and essential oil incorporation. *Critical Reviews in Biotechnology*, 44(4), 641-659. DOI:10.1080/07388551.2023.2193859.
2. Gheorghita, Daniela, Grosu, Elena, Robu, Alina, Ditu, Lia Mara, Deleanu, Iuliana Mihaela, Gradisteanu Pircalabioru, Gratiela, Raiciu, Anca-Daniela, Bitu, Ana-Iulia, Antoniac, Aurora, & Antoniac, Vasile Iulian. (2022). Essential Oils as Antimicrobial Active Substances in Wound Dressings. *Materials (Basel)*, 15(19), 6923. DOI:10.3390/ma15196923.
3. Ersanli, Caglar; Voidarou, Chrysoula (Chrysa); Tzora, Athina; Fotou, Konstantina; Zeugolis, Dimitrios I.; & Skoufos, Ioannis. (2023). Electrospun Scaffolds as Antimicrobial Herbal Extract Delivery Vehicles for Wound Healing. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(9), 481. DOI:10.3390/jfb14090481.
4. Suryamathi, M., Viswanathamurthi, P., & Seedeve, P. (2022). Herbal Plant Leaf Extracts Immobilized PCL Nanofibrous Mats as Skin-Inspired Anti-infection Wound Healing Material. *Regenerative Engineering and Translational Medicine*, 8, 94-105. DOI:10.1007/s40883-020-00193-9.
5. Tohidi, Azadeh; Montazer, Majid; Mahmoudi Rad, Mahnaz; et al. (2024). Biocompatible Polysaccharide-Based Wound Dressing Comprising Cellulose Fabric Treated with Gum Tragacanth, Alginate, Bacterial Cellulose, and Chamomile Extracts. *Starch - Stärke*, 76(7-8), 2300117. DOI:10.1002/star.202300117.
6. Rayyif, S. M. I., Mohammed, H. B., Curuțiu, C., Bîrcă, A. C., Grumezescu, A. M., Vasile, B. Ș., Dițu, L. M., Lazăr, V., Chifiriuc, M. C., Mihăescu, G., & Holban, A. M. (2021). ZnO Nanoparticles-Modified Dressings to Inhibit Wound Pathogens. *Materials*, 14(11), 3084. DOI:10.3390/ma14113084.
7. Ali Alipour, Omid Nejati, Gökçen Yaşayan, Ayça Girgin, Buse Tuğba Zaman, Betül Giray, Okşan Karal-Yılmaz, Sezgin Bakırdere, Ayça Bal-Öztürk. (2025). Multilayer Antibacterial Hydrogel Wound Dressings Incorporated With Green Synthesized Silver Nanoparticles. *Drug Development Research*, 86(3), e70102. DOI:10.1002/ddr.70102.
8. Zheng, Lu; Li, Shanshan; Luo, Jiwen; Wang, Xiaoying. (2020). Latest Advances on Bacterial Cellulose-Based Antibacterial Materials as Wound Dressings. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, Article 593768. DOI:10.3389/fbioe.2020.593768.
9. Rayyif, Sajjad Mohsin I.; Mohammed, Hamzah Basil; Curuțiu, Carmen; Bîrcă, Alexandra Cătălina; Grumezescu, Alexandru Mihai; Vasile, Bogdan Ștefan; Dițu, Lia Mara; Lazăr, Veronica; Chifiriuc, Mariana Carmen; Mihăescu, Grigore; Holban, Alina Maria. ZnO Nanoparticles-Modified Dressings to Inhibit Wound Pathogens. *Materials*, 2021, 14(11), 3084. <https://doi.org/10.3390/ma14113084>.
10. Babahmadi, M., Yeganeh, H., Omrani, I., Babaahmadi, M. (2023). Antibacterial and Biocompatible Hydrogel Dressing Based on Gelatin- and Castor-Oil-Derived Biocidal Agent. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 2021, 7(4), 1785-1798. DOI:10.1021/acsbomaterials.1c00706.
11. Pang, Qian; Jiang, Zilian; Wu, Kaihao; Hou, Ruixia; Zhu, Yabin. (2023). Nanomaterials-Based Wound Dressing for Advanced Management of Infected Wound. *Antibiotics*, 12(2), 351. DOI:10.3390/antibiotics12020351.
12. Liang, Yuqing; Liang, Yongping; Zhang, Hualei; Guo, Baolin. (2022). Antibacterial biomaterials for skin wound dressing. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(3), 353-384. DOI:10.1016/j.ajps.2022.01.001.
13. Plant-Derived Nanocellulose Sponges with Propolis Extract: Plant-Derived Nanocellulose with Antibacterial Activity for Wound Healing Dressing. *Pharmaceutics*, 15(12), 2672. DOI:10.3390/pharmaceutics15122672.
14. Morguette, A. E. B., Bartolomeu-Gonçalves, G., Andriani, G. M., Bertoncini, G. E. S., Castro, I. M. d., Spoladori, L. F. d. A., Bertão, A. M. S., Tavares, E. R., Yamauchi, L. M., & Yamada-Ogatta, S. F. (2023). The Antibacterial and Wound Healing Properties of Natural Products: A Review on Plant Species with Therapeutic Potential against *Staphylococcus aureus* Wound Infections. *Plants*, 12(11), 2147. DOI:10.3390/plants12112147.
15. Polymer-Based Wound Dressings Loaded with Essential Oil for the Treatment of Wounds: A Review. *Pharmaceutics*, 2024, 17(7), 897. DOI:10.3390/ph17070897

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ТИПОВЫХ ФИГУР ЖЕНЩИН КАЗАХСТАНА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

¹Г.С. ТОКСАБАЕВА , ²Р. О. ЖИЛИСБАЕВА *, ²С.К. КИЯБАЕВА 

(¹Алматинский колледж сервиса и технологий, Республика Казахстан, 050046, г.Алматы, ул. Сатпаева 86,

²«Алматинский Технологический Университет» АО, Республика Казахстан, 050012,
г. Алматы, ул. Толе би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: gau_45@mail.ru*

Цель исследования - повышение конкурентоспособной продукции швейного производства в Республике Казахстан (РК), посредством достижения высокой степени гибкости производственного процесса посредством формирования информационной базы данных размерной типологии женского населения РК. Швейная промышленность - одна из прогрессивных отраслей лёгкой промышленности. Для повышения качества швейных изделий необходимо не только проводить техническое перевооружение предприятий легкой промышленности, что способствует усовершенствованию комплексной механизации и автоматизации технологических процессов, но и создавать новую базу антропометрических измерений, в частности женщин Республики Казахстан. При этом необходимо провести анализ стандартов ряда стран, для понимания и определения направления изучений по маркировке ведущих размерных признаков. При массовом производстве одежды невозможно учесть индивидуальные особенности телосложения. Вместе с тем, промышленное производство швейных изделий для населения должно максимально удовлетворять потребителей размерами одежды. Это возможно при условии, что все разнообразие фигур будет представлено оптимальным количеством антропологических типов. Основная цель построения рациональной размерной типологии состоит в том, чтобы выделить минимальное количество типов фигур, которые обеспечат максимальную удовлетворенность населения размерами одежды. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по формированию типовых фигур женщин на основе разработанных абсолютных величин размерных признаков (РП) женщин Казахстана с использованием методов математической статистики, характеризующих величину и вариабельность их в выборке. В статье на примере корсетных изделий приводятся конкретные статистические данные.

Ключевые слова: телосложения, типовые фигуры, размерная типология удовлетворенность населения.

ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕР ҚАЗАҚСТАН ӘЙЕЛДЕРІНІҢ ТИПТІК ДЕНЕ ПІШІНДЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ АРҚЫЛЫ ТІГІН ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН АРТТЫРУ

¹Г.С. ТОКСАБАЕВА, ²Р. О. ЖИЛИСБАЕВА*, ²С.К. КИЯБАЕВА

(¹Алматы сервис және технологиялар колледжі, Қазақстан Республикасы, 050046, Алматы қ., Сатпаев көшесі 86

²«Алматы Технологиялық Университеті» АҚ, Қазақстан Республикасы, 050012,
Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: gau_45@mail.ru*

Зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасындағы тігін өндірісінің бәсекеге қабілетті өнімін арттыру, өндірістік процестің жоғары икемділігін қамтамасыз ету арқылы Қазақстан әйелдерінің дене өлшемдерінің типологиясы туралы ақпараттық деректер базасын қалыптастыру. Тігін өнеркәсібі жеңіл өнеркәсіптің прогрессивті салаларының бірі болып табылады. Тігін өнімдерінің сапасын арттыру үшін тек жеңіл өнеркәсіп кәсіпорындарын техникалық қайта жарақтандыруды жүргізу жеткіліксіз, бұл технологиялық процестердің кешенді механикалануын және автоматтандырылуын жақсартуға ықпал етеді, сондай-ақ Қазақстан Республикасы әйелдерінің антропометриялық өлшемдерінің жаңа базасын құру қажет. Сонымен қатар, өлшемдерге қатысты негізгі стандарттарды зерттеу үшін бірнеше елдердің стандарттарын талдау жүргізу қажет. Киім массалық өндірісі кезінде дене пішінінің жеке ерекшеліктерін ескеру мүмкін емес. Сонымен қатар, халыққа арналған тігін өнімдерін өндіргенде, киімнің

өлшемдері тұтынушылардың қажеттіліктерін мүмкіндігінше қанағаттандыруы тиіс. Бұл әртүрлі дене пішіндерінің барлық түрлерін антропологиялық типтердің оңтайлы санымен көрсету жағдайында мүмкін болады. Рационалды өлшем типологиясын құрудың негізгі мақсаты – киім өлшемдерімен халықты барынша қанағаттандыратын минималды пішін типтерін айқындау. Мақалада Қазақстан әйелдерінің дене өлшемдеріне қатысты әзірленген абсолюттік өлшемдер негізінде типтік дене пішіндерін қалыптастыруға арналған эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген, мұнда статистикалық мәліметтер мен математикалық статистика әдістері қолданылып, олардың таңдамалық үлгіде көрсетілген көлемі мен өзгергіштігі сипатталған. Мақалада көрсет өнімдеріне қатысты нақты статистикалық деректер келтіріледі.

Негізгі сөздер: дене пішіні, типтік фигуралар, өлшем типологиясы, халықтың қанағаттануы.

INNOVATIVE APPROACHES TO THE FORMATION OF STANDARD FEMALE FIGURES IN KAZAKHSTAN TO IMPROVE THE QUALITY OF GARMENT PRODUCTS

¹ G.S. TOXABAYEVA, ² R.O. ZHILISBAYEVA*, ² S.K. KIYABAEVA

(¹Almaty College of Service and Technology, Republic of Kazakhstan, 050046, Almaty, Satpaev Street 86

² «Almaty Technological University» JSC, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100)

Corresponding author's email: rau_45@mail.ru*

An analysis of the literature sources has shown the need for the development of information support for CAD systems, based on data from anthropometric studies of the body shapes of Kazakhstani consumers of modern clothing. (Anthropometric characteristics, improvement of size typology, and clothing design methods that take into account the most common body shapes and their individual features in Kazakhstan) with the aim of producing products demanded in the consumer market. Based on measurements of female body shapes in Kazakhstan, mathematical models have been identified that allow the development of classification and determination of the values of leading size characteristics. An analysis of modern size standardization of garments in the global space revealed various data on clothing labeling in different countries, leading to the current issue of harmonization in the field of standardization, i.e., aligning the actions of international, national, and regional quality systems to improve product quality and its competitiveness on a global scale. When developing international standards for products in Kazakhstan, primary attention should be given to establishing unified testing methods as well as requirements for terminology, storage, and transportation, without which mutual understanding between the manufacturer and the consumer is impossible. For the first time, studies aimed at the need to use anthropometric measurements when determining clothing sizes appeared in the early 1930s. Currently, the solution to this problem is focused on the formation of a database for the processes of automated clothing design.

Keywords: body types, standard figures, size typology, population satisfaction.

Введение

Анализ литературных источников показал необходимость разработки информационного обеспечения САПР, опирающегося на сведения о антропометрических исследованиях фигур казах-станских потребителей современной одежды (антропометрические характеристики, совершенствование размерной типологии, методов проектирования одежды с учетом наиболее часто встречающихся в Казахстане типов фигур и их индивидуальных особенностей) с целью выпуска изделий, востребованных на рынке потребления.

На основе данных измерений женских фигур РК выявлены математические модели,

позволяющие разработать классификацию и определить значения ведущих размерных признаков.

На основе анализа современной размерной стандартизации швейных изделий в мировом пространстве выявлены различные данные по маркировке одежды различных стран, приводящие к актуальной проблеме, проблем гармонизации в области стандартизации, т.е. в согласовании действий международных, национальных и региональных систем качества в целях повышения уровня качества продукции и ее конкурентоспособности на мировом уровне. При разработке международных стандартов на продукцию в Казахстане необходимо основное внимание уделить установлению единых

методов испытаний, а также требований к терминологии, хранению и транспортировке, без которых невозможно взаимопонимание изготовителя и потребителя.

Впервые работы, направленные на необходимость использования антропометрических измерений при установлении размеров одежды, появились в начале 30-х годов.

В настоящее время решение данной проблемы сводится к формированию информационной базы данных процессов автоматизированного проектирования одежды

Материалы и их методы исследований

Прежняя классификация фигур охватывает все женское население бывшего Союза, но рекомендуется в период от 10 до 15 лет проводить плановые измерения населения, так как в этот период наблюдается акселерация населения в целом. В ряде стран Европы (Германия, Бельгия, Греция, Великобритания, Швейцария, Испания) проведены антропометрические измерения тела мужчин, женщин и детей, в связи с выявлением, изменения некоторых параметров тела населения [1].

При проектировании швейных изделий в РК выбор размерных признаков ориентирован на разработанную в 2009 году «Классификацию типовых фигур» Российской Федерации.

Формируя размерную типологию для проектирования стандартов, необходимо решить несколько вопросов:

- определить ведущие РП;
- установить интервал безразличия каждого РП;
- установить оптимальное число типовых фигур (ТФ) для проектирования швейных изделий;
- определить значения подчиненных РП для типовых фигур, выделенных по сочетанию ведущих размерных признаков.

Известно, что ведущие РП — это те признаки, которые наилучшим образом характеризуют фигуру человека, для определения и маркировки вариантов типовых фигур.

Выбор ведущих РП определяется следующими критериями:

- ведущие размерные признаки должны точно отображать наибольшую или близкую к ней абсолютную величину;
- каждый ведущий признак должен быть тесно взаимосвязан с другими (подчиненными) признаками, расположенными в той же плоскости, и должен иметь высокую при расчете корреляционную решетку;

- выбор программы измерений ведущих РП должен четко отображать реалии современного мира.

Результаты и их обсуждение

В начале 50-х гг. прошлого века были разработаны теория и методы антропологической стандартизации применительно к массовому производству изделий личного пользования. М.В. Игнатьевым установлено, что одной из основных задач при построении рациональной размерной типологии, количественным критерием рациональности служит степень удовлетворенности, является выбор главных, или ведущих, размерных признаков, наилучшим образом предопределяющих все остальные признаки. При этом под удовлетворенностью подразумевается относительное число людей, которым по их размерам подходят изделия, изготовленные в соответствии с предлагаемой системой стандартов. Было также доказано, что ведущие размерные признаки лучше выполняют свою функцию в том случае, если они в наибольшей степени связаны с подчиненными признаками и в наименьшей — между собой. Исходя из этого, разбивку швейных изделий на номера и подномера стали производить по двум наиболее крупным (тотальным) размерным признакам тела, ориентированным в разных направлениях [9].

В дальнейшем опытным путем выявлено, что 2 ведущие РП не полностью раскрывают возможность соразмерности населения и было принято решение: для женщин после 50 лет дополнительно использовать обхват бедер с учетом выступа живота; мужчин — обхват талии.

В 60-70-х гг. впервые в истории размерной антропологической стандартизации предпринята попытка создания единой размерной типологии для населения на основе объединения нескольких стран, в частности стран-членов Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ). Результатом работы специалистов стран — явилось создание рекомендаций СЭВ по стандартизации размерных параметров фигур населения этих стран. Разработанные государственные (ГОСТ) и отраслевые (ОСТ) стандарты, обеспечили, соразмерной одеждой около 83% мужского и 64% женского населения, вместо 67 и 56% по ранее действующим стандартам. В те же годы были определены типы фигур количеством у женщин — 509 у мужчин — 360. [10,11,12,13,14].

На основе ГОСТов в 1974 г. созданы ОСТы, спроектированные для выпуска швейных

изделий с охватом и учетом всех квалификаций типовых фигур населения того времени [10,11,12,13].

При разработке стандартов и ГОСТ и ОСТ осуществлены и определены условия:

- проводится математический расчет измеренных фигур;
- формируется типизация и идентификация по определенным группам [14].

Сравнительное исследование действующих и новой классификаций ТФ населения определило, что соразмерные швейные изделия проектируются всего на 40% потенциальных потребителей, остальное количество женщин не берется во внимание.

Рекомендуемые новые РП предоставляют возможность предприятиям по производству швейных изделий выпускать одежду, востребованную населением РК, за счет соразмерности одежды.

Применительно к проектированию швейных изделий особое место занимает разработка стандартов. Известно, что стандарты предназначены для формирования требований к высокому качеству выпуска продукции готового изделия. Выпуск изделий предусматривает

точные размеры одежды и телосложения населения, кроме того, необходимо гармонизировать маркировку швейных изделий, и в связи с этим был проведен анализ стандартов РП и способов маркировки в различных странах.

Для проведения анализа размерной стандартизации и маркировки швейных изделий рассмотрены следующие организации различных стран:

1. ISO - Международная организация по стандартизации
2. BSI - Британский институт стандартов
3. ASTM Американское общество по испытанию материалов
4. DIN - Немецкий институт по стандартизации
5. JIS - Комитет по промышленным стандартам Японии
6. AFNOR - Французская ассоциация по стандартизации
7. CEN - Европейский комитет по стандартизации
8. KS - корейский стандарты

В таблице 1 приведены общепринятые ведущие размерные признаки по данным Европейского комитета по стандартизации.

Таблица 1. Ведущие РП по данным CEN

1	Мужчина	Женщина	Дети
2	Обхват груди Обхват шеи Обхват талии	Обхват груди Обхват под грудью Обхват талии Обхват бедер	Рост
3	Обхват груди Обхват талии Рост	Обхваты груди/талии Обхват бедер рост	Рост бюст/обхват груди или рост
4	Обхват груди Обхват талии Рост	Обхваты груди/талии (1-9) Обхват бедер (1-5) Рост (1-0)	Рост (37,40,43,46...) бюст/обхват груди или обхват талии

EN 13402-1: EN 13402-1(2001) Обозначение размеров одежды. Часть 1. Определения, обозначения и требования к измерению (ISO 3635:1981, изменение) [16].

Стандарт содержит рекомендации по методу снятия РП и рекомендации по маркировке швейного изделия (четкое с конкретными цифрами и буквами).

EN 13402-2(2002) Обозначение размеров одежды. Часть 2. Основные и дополнительные размеры [17].

Вторая часть стандарта для каждого типа

одежды вводит «главный размер» — параметр тела, согласно которому маркируется одежда.

Для некоторых типов одежды указания одного параметра может быть недостаточно для совершения правильного выбора. В этом случае на бирке могут указываться один-два дополнительных размера [17].

В таблице 2 указаны основной и дополнительные размеры, перечисленные в стандарте. Дополнительные размеры указаны в круглых скобках.

Таблица 2. Основные и дополнительные размеры по EN 13402-2

№	Одежда	Мужчины	Женщины	Мальчики	Девочки
1	Куртки	обхват груди (рост, обхват талии)	обхват бюста (рост, обхват бедер)	рост (обхват груди)	рост (обхват бюста)
2	Костюмы	обхват груди, обхват талии (рост, длина по внутреннему шву)	обхват бюста (рост, обхват бедер)	рост (обхват груди)	рост (обхват груди)
3	Пальто	обхват груди (рост)	обхват бюста (рост)	рост (обхват груди)	рост (обхват бюста)
4	Брюки/шорты	обхват талии (рост, длина по внутреннему шву)	обхват талии (рост, обхват бедер, длина по внутреннему шву)	рост (обхват талии)	рост (обхват талии)
5	Юбки	—	обхват талии (рост, обхват бедер)	-	рост (обхват талии)
6	Платья	-	обхват бюста (рост, обхват бедер, обхват талии)	-	рост (обхват бюста)
7	Трикотаж: кардиганы, свитера, футболки	обхват груди (рост)	обхват бюста (рост)	рост (обхват груди)	рост (обхват бюста)
8	Рубашки	обхват шеи (рост, длина руки)	-	рост (обхват шеи)	-
9	Блузки	-	обхват бюста (рост)	-	рост (обхват бюста)
10	Нижнее белье	обхват талии (рост)	обхват талии (рост, обхват бедер)	рост (обхват талии)	рост (обхват талии)
11	Майки	обхват груди (рост)	обхват бюста (рост)	рост (обхват груди)	рост (обхват бюста)
12	Пижамы	обхват груди (рост, обхват талии)	обхват бюста (рост, обхват талии, обхват бедер)	рост (обхват груди)	рост (обхват талии)
13	Купальники, купальные костюмы	обхват талии (рост, обхват груди)	обхват бюста (рост, обхват бедер, обхват под грудью)	Рост (обхват груди, обхват талии)	Рост (обхват под грудью, обхват бюста)
14	Бюстгальтеры	-	обхват под грудью, обхват бюста (размер чашечки)	-	обхват под грудью, обхват бюста (размер чашечки)
15	Корсеты	-	обхват под грудью, обхват бюста (рост, обхват бедер, обхват талии)	-	-
16	Колготки		рост (обхват талии, масса тела)		рост
17	Чулки	-	длина ноги		
18	Носки	-	длина ноги		
19	Перчатки	-	обхват кисти		
20	Головные уборы	-	обхват головы		

EN 13402-3(2004) Обозначение размеров одежды. Часть 3. Размеры и интервалы [18]. В данном стандарте представлены дополнительные наименования РП и способы маркировки.

Таблица 3. Рекомендации стандарта EN 13402-3 по ростам

В таблице 3 и на рисунке 1 показан уровень длины тела и интервал безразличия с шагом в 8,0 см [1].

	Рост		160	168	176	184	192	200	
	Интервал		156-164	164-172	172-180	180-188	188-196	196-204	

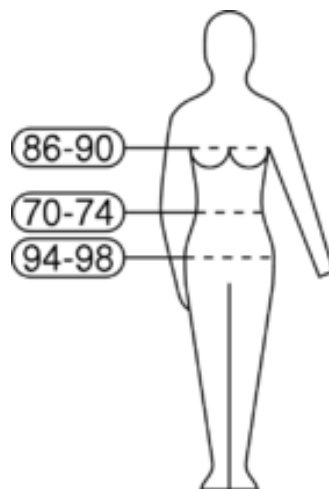


Рисунок 1. Пример пиктограммы размера одежды согласно EN 13402-1

Пример маркировки размеров нижнего белья для женщин представлен в таблице 4 и на рисунке 2.

Таблица 4. Размер нижнего белья по EN 13402

Обхват под грудью	60	65	70	75	80	85	90	95
Интервал	58-62	63-67	68-72	73-77	78-82	83-88	88-92	93-98

Обхват под грудью	100	105	110	115	120	125
Интервал	98-102	103-108	108-112	113-118	118-122	123-128

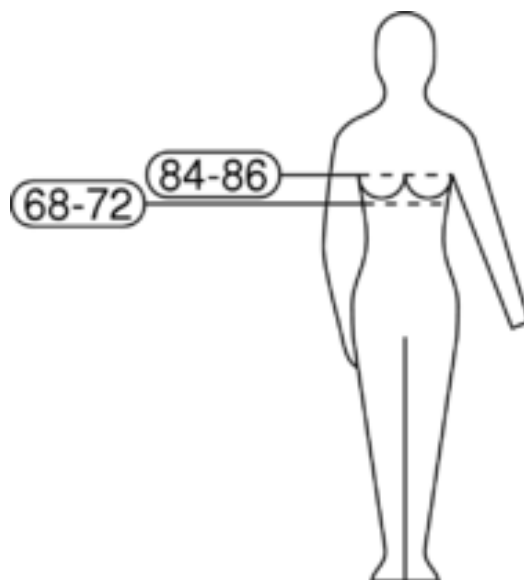


Рисунок 2. Пример маркировки согласно EN 13402-1 для определения размера нижнего белья 70В

Таблица 5. Маркировка размеров нижнего белья

Буква	AA	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
Интервал размеров чашечки	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32

Для определения размеров нижнего белья, допустим размера 70В, необходимо измерить обхват под грудью, в данном случае 68,0-72,0 см и обхват груди 84,0-86,0 см. А для женщины с обхватом под грудью в 89,0 см и обхватом груди 108,0 см. рекомендуется размер чашечки в 19,0 см. (108,0 см — 89,0 см) или «D». Её обхват под грудью округляется до

ближайшего кратного 5,0- до 90,0 см. Таким образом, ей подойдет бюстгальтер 90D.

Буквенные коды.

Для размеров одежды, где применяется больший шаг, стандарт также задает буквенный код (табл. 5). Этот код представляет собой обхват бюста для женщин и обхват груди для мужчин. Стандарт не предоставляет подобного кода для детей.

Таблица 6. Размеры одежды с буквенными кодами по EN 13402

№	Значение	Код	Обхват груди (муж.)	Обхват бюста (жен.)
	1	2	3	4
1	extra extra small экстра экстра маленький	XXS	70-78	66-74
2	extra small экстра маленький	XS	78-86	74-82
3	small маленький	S	86-94	82-90
4	medium средний	M	94-102	90-98
5	large большой	L	102-110	98-106
6	extra large экстра большой	XL	110-118	107-119
7	extra extra large экстра экстра большой	XXL	118-129	119-131
8	extra extra extra large экстра экстра экстра большой	3XL	129-141	131-143

При выборе интервалов между размерами необходимо обратить внимание на то, что число одного интервала показывает и объединяет два соседних размера – (табл. 6).

Интервалы можно расширить ниже XXS или выше 3XL, если в этом есть необходимость, то использовать данные из таблицы 7:

Таблица 7. Дополнительные размеры одежды с буквенными кодами по EN 13402

Код	Обхват груди (муж.)	Обхват бюста (жен.)
4XL	141-154	143-155
5XL	154-166	155-167

EN 13402-4: Система обозначений [19]. Четвёртая часть стандарта все ещё находится в стадии рассмотрения. Она введет компактную систему обозначений размеров одежды.

Для процесса формирования информационной базы данных размерной типологии,

$$n = (N \cdot Z_2 \cdot p \cdot (1-p)) / (e^2 \cdot (N-1) + Z_2 \cdot p \cdot (1-p)) (1)$$

необходимо рассчитать выборку женского населения (1). Согласно данным Комитета по статистике РК, от 1 июля 2025 года, женщин в РК – 10423863 человека [20].

Проведены расчеты по формуле для формирования объема выборки:

где N - 10 423 863 женщин (общая численность совокупности);

Z - коэффициент надёжности (для 95% доверительного уровня = 1,96),
 p - предполагаемая доля признака 0,5;
 e - допустимая ошибка выборки (0,05 = 5%).

Решение:

$$n = (10\,423\,863 \times 1,962 \times 0,5 \times 0,5) / (0,052 \times (10\,423\,863 - 1) + 1,962 \times 0,5 \times 0,5) = 384,3 \text{ (2)}$$

Итог - при доверительной вероятности 95% и погрешности $\pm 5\%$ необходимо провести антропометрические измерения - 384 женщин.

Все известные методы измерения тела человека подразделяются на контактные и бесконтактные [21,22,23,24]. Контактные способы характеризуются антропометрическими измерениями непосредственно тесно контактируя с телом измеряемого и основаны на непосредственном касании измерительных приборов (линейка, сантиметровая лента, антропометр Мартина) к телу человека, что не желательно для измеряемого.

Современные бесконтактные измерения проводятся на системах 3D сканирования. Зачастую в массовых антропометрических измерениях применяют, например – стационарные системы: Artec, Size Stream, Vitus, Human Solutions, РП снимаются моментально за 10–20 секунд и формируются точные 3D-модели фигур, одновременно определяются данные параметров тела – обхваты, ширина, длина, диаметры продольные и поперечные, глубины и положения корпуса; и, портативные 3D-сканеры Structure Sensor, Peel 3D, Shining 3D. [25,26,27,28]. В просторах интернета много доступных и актуальных платформ для измерения тела человека.

Заключение

Основная цель исследования – разработка рациональной размерной типологии женского населения Республики Казахстан, разработка предпосылок по созданию типовых размерных измерений для корсетных изделий женщин.

Получены результаты экспериментальных исследований по формированию типовых фигур женщин на основе разработанных абсолютных величин размерных признаков женщин Казахстана с использованием методов математической статистики, характеризующие величину и вариабельность их в выборке и сравнительно-аналитический метод для оценки различий между типовых измерений различных стран.

Разработаны типовые стандартные величины для изготовления корсетных изделий.

Планируется проведение дальнейших исследований путем расширения диапазона

измеряемых, например, мужчины, дети. Разработать и сформировать информационную базу данных процессов для автоматизированного проектирования одежды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киябаева, С. К. Перспективы и проблемы антропометрических измерений населения Республики Казахстан / С. К. Киябаева. — Текст: непосредственный // Современные тенденции технических наук : материалы II Междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). — Т. 0. — Уфа: Лето, 2013. — С. 68-69. — URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/74/3850>.
2. Баскимбаева Т.А. Совершенствование размерной типологии женского населения Республики Казахстан // Тауар, 1997 г., №1
3. ГОСТ 31396-2009. Классификация типовых фигур женщин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды. М: стандарт информ, 2009.
4. ГОСТ 31397-2009 Классификация типовых фигур женщин особо больших размеров. М.: Стандарт информ. 2009.
5. ГОСТ 31398-2009 Классификация типовых фигур беременных женщин. М.: Стандарт информ. 2009.
6. Kyong-Hwa Yi, Cynthia Istook, Yeosun Kang, Hei-Sun Choi, 2007. Comparative analysis of Korean and American body sizes & shapes using 3D scanned anthropometric data, Journal of the Korean society of clothing and textiles, 31(6), pp: 892-901.
7. Kyong-Hwa Yi, 2010. Korean obese women (Part 1). Journal of the Korean society of clothing and textiles, Vol 34, #6, pp: 937-954.
8. Prof. KyongHwa Yi. Nationwide anthropometric survey and its applications. Textile technology seminar 2011. Kazakhstan-Korea Textile technology cooperation project. Almaty technological university. 27 October 2011, pp: 91-108.
9. Рогов П.И., Конопальцева Н.М. Конструирование женской одежды для индивидуального потребителя. М: «Академия», 2004. 398 с. Единая методика конструирования одежды (ЕМКО СЭВ). Том 1. ЦНИИШП. М. 1989 г
10. ОСТ 17-325-86 «Изделия швейные, трикотажные, меховые. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды» М., 1986 г.
11. ОСТ 17-326-81 «Изделия швейные, трикотажные, меховые. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды» М., 1981.
12. ОСТ 17-66-77 «Изделия швейные, трикотажные, меховые. Фигуры девочек типовые. Размерные признаки для проектирования одежды»
13. ОСТ 17-67-77 «Изделия швейные, трикотажные, меховые. Фигуры мальчиков типовые. Размерные признаки для проектирования одежды».
14. Лопандина С.К. О необходимости

совершенствования существующей размерной типологии // Швейная промышленность, 2002 г - № 6, - с.40-41

15. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> Международная стандартизация.

16. EN 13402-1(2001) Обозначение размеров одежды. Часть 1. Термины, определения и снятие мерок (ISO 3635:1981, изменение)

17. EN 13402-2(2002) Обозначение размеров одежды. Часть 2. Первичные и повторные размеры

18. EN 13402-3(2004) Обозначение размеров одежды. Часть 3. Измерения и промежутки

19. EN 13402-4 (рабочий) Система кодирования.

20. Бюро национальной статистики. Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. Демографическая статистика. Численность населения Республики Казахстан по полу и типу местности (на 1 июля 2025г.) Дата опубликования: 14.08.2025

21. Воронин М.А. Конструирование и изготовление мужской верхней одежды беспримечным способом. К.: Техніка, 1985. - 232 с.

22. Назаров А.С. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов. — Мн.: ТетраСистемс, 2006. — 368 с.: ил,

23. Леденева И.Н., Рыбакова О.Н., Разин И.Б., Чаленко Е.А., Анализ методов определения антропометрических характеристик внешней формы фигуры человека. М.МГУДит., 2010 г. - 22 с.

24. Петросова И.А., Коблякова Е.Б. Устройство для бесконтактного снятия проекционных размеров объекта. Заявка РФ 2001119821, кл. А 41 Н 1/02, опубл. 27.06.2003.

25. HTML версия файла <http://lekala.info/leko/dn/scn3d.doc>.

26. Система боди-сканирования: «Имидж Твин» (Image Twin, «двойник» Textile/Closing Technology Corporation, (TC2)). www.tc2.com.

27. «Кибервер» (Cyberwear, «электронная одежда») www.cyberware.com.

28. «Симкад» (Symcad, модель Turbo Flash/3D) www.symcad.com.

REFERENCES

1. Kiyabaeva, S.K. (2013). Perspektivy i problemy antropometricheskikh izmerenii naseleniya Respubliki Kazakhstan [Prospects and Problems of Anthropometric Measurements of the Population of the Republic of Kazakhstan]. In *Sovremennye tendentsii tekhnicheskikh nauk: materialy II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* (Ufa, May 2013), Vol. 0, pp. 68–69. Ufa: Leto. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/74/3850>. (in Russian).

2. Baskimbaeva, T.A. (1997). Sovershenstvovanie razmernoi tipologii zhenskogo naseleniya Respubliki Kazakhstan [Improvement of Dimensional Typology of the Female Population of the Republic of Kazakhstan]. *Taur*, 1. (in Russian).

3. GOST 31396-2009. Klassifikatsiya tipovykh figur zhenshchin po rostam, razmeram i polnotnym gruppam dlya proektirovaniya odezhdy [Classification of

Typical Female Figures by Height, Size, and Fullness Groups for Clothing Design]. (in Russian).

4. GOST 31397-2009. Klassifikatsiya tipovykh figur zhenshchin osobo bol'shikh razmerov [Classification of Typical Female Figures of Extra-Large Sizes]. Moscow: Standartinform, 2009. (in Russian).

5. GOST 31398-2009. Klassifikatsiya tipovykh figur beremennykh zhenshchin [Classification of Typical Figures of Pregnant Women]. Moscow: Standartinform, 2009. (in Russian).

6. Yi, K.-H., Istook, C., Kang, Y., & Choi, H.-S. (2007). Comparative Analysis of Korean and American Body Sizes & Shapes Using 3D Scanned Anthropometric Data. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 31(6), 892–901.

7. Yi, K.-H. (2010). Korean Obese Women (Part 1). *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(6), 937–954.

8. Yi, K.-H. (2011). Nationwide Anthropometric Survey and Its Applications. *Textile Technology Seminar 2011, Kazakhstan–Korea Textile Technology Cooperation Project*, Almaty Technological University, October 27, pp. 91–108.

9. Rogov, P.I., & Konopal'tseva, N.M. (2004). Konstruirovaniye zhenskoi odezhdy dlya individual'nogo potrebitelya [Design of Women's Clothing for Individual Consumers]. Moscow: Akademiya. 398 p. (in Russian).

10. OST 17-325-86. Izdeliya shveinye, trikotazhnye, mekhovye. Tipovye figury muzhchin. Razmernye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy [Sewing, Knitwear, and Fur Products. Typical Male Figures. Dimensional Indicators for Clothing Design]. Moscow, 1986. (in Russian).

11. OST 17-326-81. Izdeliya shveinye, trikotazhnye, mekhovye. Tipovye figury zhenshchin. Razmernye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy [Sewing, Knitwear, and Fur Products. Typical Female Figures. Dimensional Indicators for Clothing Design]. Moscow, 1981. (in Russian).

12. OST 17-66-77. Izdeliya shveinye, trikotazhnye, mekhovye. Figury devochek tipovye. Razmernye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy [Sewing, Knitwear, and Fur Products. Typical Figures of Girls. Dimensional Indicators for Clothing Design]. (in Russian).

13. OST 17-67-77. Izdeliya shveinye, trikotazhnye, mekhovye. Figury mal'chikov tipovye. Razmernye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy [Sewing, Knitwear, and Fur Products. Typical Figures of Boys. Dimensional Indicators for Clothing Design]. (in Russian).

14. Lopandina, S.K. (2002). O neobkhodimosti sovershenstvovaniya sushchestvuyushchei razmernoi tipologii [On the Need to Improve the Existing Dimensional Typology]. *Shveinaya promyshlennost'*, 6, 40–41. (in Russian).

15. Wikipedia. Mezhdunarodnaya standar-tizatsiya [International Standardization]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (in Russian).

16. EN 13402-1 (2001). Size Designation of Clothes – Part 1: Terms, Definitions and Measuring Methods (ISO 3635:1981, modification).
17. EN 13402-2 (2002). Size Designation of Clothes – Part 2: Primary and Secondary Dimensions.
18. EN 13402-3 (2004). Size Designation of Clothes – Part 3: Measurements and Intervals.
19. EN 13402-4 (Draft). Coding System.
20. Bureau of National Statistics, Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. (2025). Demograficheskaya statistika. Chislennost' naseleniya Respubliki Kazakhstan po polu i tipu mestnosti (na 1 iyulya 2025 g.) [Demographic Statistics. Population of the Republic of Kazakhstan by Gender and Type of Locality (as of July 1, 2025)]. Published August 14, 2025. (in Russian).
21. Voronin, M.A. (1985). Konstruirovaniye i izgotovleniye muzhskoi verkhnei odezhdy besprimerochnym sposobom [Design and Manufacture of Men's Outerwear Without Fitting]. Kyiv: Tekhnika. 232 p. (in Russian).
22. Nazarov, A.S. (2006). Fotogrammetriya: uchebnoye posobie dlya studentov vuzov [Photogrammetry: Textbook for University Students]. Minsk: TetraSystems. 368 p. (in Russian).
23. Ledeneva, I.N., Rybakova, O.N., Razin, I.B., & Chalenko, E.A. (2010). Analiz metodov opredeleniya antropometricheskikh kharakteristik vneshnei formy figury cheloveka [Analysis of Methods for Determining Anthropometric Characteristics of the Human Body Shape]. MGUDiT, Moscow, 22 p. (in Russian).
24. Petrosova, I.A., & Koblyakova, E.B. (2003). Ustroystvo dlya beskontaktnogo snyatiya proektsi-onnykh razmerov ob'ekta [Device for Non-Contact Measurement of Object's Projection Sizes]. Patent Application RF 2001119821, A41H1/02, published 27.06.2003. (in Russian).
25. Lekala. HTML-versiya faila [HTML Version of the File]. <http://lekala.info/leko/dn/scn3d.doc>. (in Russian).
26. Image Twin Body Scanning System. Textile/Clothing Technology Corporation (TC2). www.tc2.com.
27. Cyberwear ("Elektronnaya odezhda") [Electronic Clothing]. www.cyberware.com.
28. Symcad (Model Turbo Flash/3D). www.symcad.com

МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУР ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОКРАШЕННЫХ ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

¹К. БЕКТАЕВ , ¹Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫҒ* , ²ЕРСИН ОНЕМ , ¹Э.Е. САРЫБАЕВА ,
³Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА , ¹Ф.Р. ТАШМУХАМЕДОВ , ⁴Ж.Г. ГАФУРОВ , ¹Г.Т. ОРАЗ 

¹Таразский университет им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, Тараз, ул. Толе би, 60

²Эге Университет, Департамент инженерия, 35100, Борнова-Измир, Республика Турция

³Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан,
160012 г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5

⁴Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан, г. Джизак)

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

Данная работа посвящена исследованию проблемы экологического загрязнения, вызванного использованием синтетических красителей в текстильной промышленности, и предлагает решение в виде использования природных красителей растительного происхождения. Синтетические красители, несмотря на свою дешевизну и устойчивость, наносят значительный вред экологии и здоровью человека. В связи с этим, целью исследования является разработка технологий окрашивания текстильных материалов с использованием экстрактов природных красителей, полученных из местного растительного сырья. Научная значимость исследования заключается в глубоком анализе влияния натуральных красителей на свойства текстильных материалов и в предложении экологически чистых технологий для их обработки. Практическая значимость работы заключается в возможности разработки инновационных методов крашения, которые смогут снизить загрязнение окружающей среды и обеспечить устойчивость ткани к стирке и износу. Методология исследования включает использование автоэмиссионного сканирующего растрового электронного микроскопа с рентгеноспектральным микроанализатором для изучения морфологии поверхности ткани и элементного состава волокон до и после окрашивания натуральными красителями с протравой. Основные результаты показывают, что добавление протравы в экстракты улучшает насыщенность цветов и их стойкость, а также способствует улучшению физико-механических характеристик тканей. В ходе исследования были выявлены изменения в химическом составе волокон, такие как увеличение содержания алюминия, калия и титана, что подтверждает эффективность используемых технологий. Ценность исследования заключается в продвижении концепции устойчивого и экологически безопасного производства в текстильной промышленности, а также в предложении новых методов крашения, которые могут существенно снизить экологическую нагрузку. Практическое значение работы состоит в разработке технологической основы для производства экологически чистых текстильных изделий, которые могут быть использованы в различных областях легкой промышленности.

Ключевые слова: окрашивание тканей, экстракты, натуральные красители, экологические проблемы, сканирующий электронный микроскоп, элементный анализ.

ТАБИҒИ БОЯУЛАРМЕН БОЯЛҒАН ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

¹К. БЕКТАЕВ, ¹Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫҒ*, ²ЕРСИН ОНЕМ, ¹Э.Е. САРЫБАЕВА,
³Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА, ¹Ф.Р. ТАШМУХАМЕДОВ, ⁴Ж. ГАФУРОВ, ¹Г.Т. ОРАЗ

(¹М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Қазақстан Республикасы, 08000, Тараз, Төле би көш., 60

²Эге Университеті, Инженерия Департаменті, 35100, Борнова-Измир, Турция Республикасы

³М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы,
160012 Шымкент қ., Тауке хан даңғ., 5

⁴Джизак политехникалық институты, Өзбекстан Республикасы, Джизак қаласы)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: bekontiru@mail.ru*

Бұл жұмыс тоқыма өнеркәсібінде синтетикалық бояғыштарды қолданудан туындаған қоршаған ортаны ластау мәселесін зерттейді және өсімдік тектес табиғи бояғыштарды қолдану түрінде шешуді

ұсынады. Синтетикалық бояғыштар арзандығы мен тұрақтылығына қарамастан қоршаған ортаға және адам денсаулығына айтарлықтай зиян келтіреді. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты жергілікті өсімдік материалдарынан алынған табиғи бояғыштар сығындыларын пайдалана отырып, тоқыма материалдарын бояу технологиясын жасау болып табылады. Зерттеудің ғылыми маңыздылығы табиғи бояғыштардың тоқыма материалдарының қасиеттеріне әсерін терең талдауда және оларды өңдеудің экологиялық таза технологияларын ұсынуда. Жұмыстың практикалық маңыздылығы қоршаған ортаның ластануын төмендететін және матаның жууға және тозуға төзімділігін қамтамасыз ететін бояудың инновациялық әдістерін жасау мүмкіндігінде. Зерттеу әдістемесі матаның беткі қабатының морфологиясын және табиғи бояғыштармен мордантпен боялғанға дейінгі және кейінгі талшықтардың элементтік құрамын зерттеу үшін рентгендік спектрлік микроанализаторы бар далалық эмиссиялық сканерлеуші электронды микроскопты пайдалануды қамтиды. Негізгі нәтижелер сығындыларға морданды қосу түстердің қанықтылығын және олардың беріктігін жақсартатынын, сонымен қатар матаның физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға ықпал ететінін көрсетеді. Зерттеу нәтижесінде талшықтардың химиялық құрамындағы алюминий, калий және титан мөлшерінің жоғарылауы сияқты өзгерістер анықталды, бұл қолданылатын технологиялардың тиімділігін растайды. Зерттеудің құндылығы тоқыма өнеркәсібінде тұрақты және экологиялық таза өндіріс концепциясын ілгерілетуде, сондай-ақ экологиялық ауыртпалықты айтарлықтай азайта алатын бояудың жаңа әдістерін ұсынуда. Жұмыстың практикалық маңыздылығы жеңіл өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолдануға болатын экологиялық таза тоқыма бұйымдарын өндірудің технологиялық негізін жасаудан тұрады.

Негізгі сөздер: маталарды бояу, сығындылар, табиғи бояғыштар, экологиялық мәселелер, сканерлеуші электронды микроскоп, элементтік талдау.

MICROSCOPIC ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF TEXTILE MATERIALS DYED WITH NATURAL DYES

¹K. BEKTAYEV, ¹B. ABZALBEKULY*, ²E. ONEM, ¹E.E. SARYBAYEVA, ³R.SH. MIRZAMURATOVA
¹F.R.TASHMUHAMEDOV, ⁴J. GOFUROV, ¹G.ORAZ

(¹Taraz University named after M.Kh. Dulaty, Kazakhstan, Taraz, Tole bi st., 60

²Ege University, Department of leather engineering, 35100, Bornova - Izmir, Republic of Turkey

³M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, 160012, Shymkent, Tauke khan Ave, 5

⁴Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan, Jizzakh)

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

This work is devoted to the study of the problem of environmental pollution caused by the use of synthetic dyes in the textile industry, and offers a solution in the form of using natural dyes of plant origin. Synthetic dyes, despite their cheapness and stability, cause significant harm to the environment and human health. In this regard, the aim of the study is to develop technologies for dyeing textile materials using extracts of natural dyes obtained from local plant materials. The scientific significance of the study lies in the in-depth analysis of the effect of natural dyes on the properties of textile materials and in the proposal of environmentally friendly technologies for their processing. The practical significance of the work lies in the possibility of developing innovative dyeing methods that can reduce environmental pollution and ensure the resistance of fabric to washing and wear. The research methodology includes the use of a field emission scanning electron microscope with an X-ray spectral microanalyzer to study the morphology of the fabric surface and the elemental composition of fibers before and after dyeing with natural dyes with mordant. The main results show that adding mordant to extracts improves color saturation and fastness, and also improves the physical and mechanical properties of fabrics. The study revealed changes in the chemical composition of fibers, such as an increase in the content of aluminum, potassium and titanium, which confirms the effectiveness of the technologies used. The value of the study lies in promoting the concept of sustainable and environmentally friendly production in the textile industry, as well as in proposing new dyeing methods that can significantly reduce the environmental burden. The practical significance of the work is to develop a technological basis for the production of environmentally friendly textiles that can be used in various areas of the light industry.

Keywords: fabric dyeing, extracts, natural dyes, environmental issues, scanning electron microscope, elemental analysis.

Введение

Современное производство текстиля сталкивается с проблемами экологической безопасности, вызванными массовым применением синтетических красителей. Эти красители, наряду с другими химическими веществами, в значительной степени загрязняют атмосферу, водоемы и почву, создавая угрозу для здоровья человека и окружающей среды. В то же время, интерес к природным красителям растет, так как они могут стать устойчивой альтернативой синтетическим, что снижает негативное воздействие на природу. Как указывается во многих научных работах, текстильной и кожевенной промышленности, именно отделочное производство, относится к отраслям, наносящим наибольший вред экологии [1-20].

Использование натуральных красителей, получаемых из растительного сырья, позволяет минимизировать загрязнение и способствует устойчивому развитию в текстильной промышленности. Эта проблема особенно актуальна для стран, таких как Индия, Турция и Мексика, где активно разрабатываются технологии использования натуральных красителей.

Экологические проблемы, возникающие из-за деятельности предприятий легкой промышленности, можно разделить на три категории:

- проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды;
- проблемы, касающиеся загрязнения производственных помещений;
- проблемы, связанные с эксплуатацией текстильных изделий.

Множество научных исследований утверждают, что текстильная промышленность, особенно процессы отделки, является одной из отраслей, наносящих значительный вред экологии [1-10].

Основные виды загрязнений, вызванные предприятиями легкой промышленности, включают:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- загрязнение водоемов сточными водами;
- накопление отходов производства в окружающей среде.

Сточные воды, образующиеся при отделке текстиля, содержат остаточные количества различных красителей, многие из которых представляют опасность для здоровья. Наибольшую угрозу представляют красители с

хромофорными системами, такими как азо- и металлокомплексные соединения, а также сернистые и оксидационные красители, которые являются канцерогенами и могут вызвать заболевания печени, почек и других органов [1].

Помимо красителей, сточные воды от текстильных предприятий также содержат химические вещества, используемые в процессе отделки, такие как кислоты, щелочи, смягчители и другие добавки. В текстильной промышленности используется более семи тысяч различных химикатов [2]. Согласно данным ряда источников, значительная часть органических химических веществ, расходуемых в мире (около 250 миллионов тонн в год), без контроля попадает в окружающую среду, причем большая доля этих веществ связана с химико-текстильными технологиями [2,3].

Кроме того, токсичные вещества, попадающие в экологическую систему, не только ухудшают качество окружающей среды, но и могут проникать в живые организмы, нарушая обмен веществ и приводя к развитию различных заболеваний.

Загрязнение сточных вод отделочного производства с использованием синтетических красителей описывается в ряде работ казахстанских ученых [4,5], и для решения данной проблемы предлагается использование нового оборудования или полная модификация старого.

При работе отделочных производств используется несколько тысяч индивидуальных органических красителей и текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ), значительная часть которых (10-30%) поступает в промышленные сточные воды. Согласно литературным данным [6-8] на крупных отделочных предприятиях при его полной загрузке суточный расход красителей составляет более 1000 кг, из которых не менее 25% сбрасывается в производственные стоки и загрязняет природные водоемы. Также текстильно-отделочное производство относится к наиболее ресурсоемким: на отделку 1 кг текстиля расходуется 200-300 литров воды, 45-55 кВт-ч электроэнергии [7]. Помимо этого, отделочные фабрики пополняют суммарные газовые выбросы в зоне их производственной деятельности, такие как аммиак, хлор, оксиды серы и азота, сероводород, формальдегид и др.

Исследования показывают [8,9], что для окрашивания 1 кг хлопчатобумажной ткани требуется в среднем 70-150 литров воды, 0,6 кг хлорида натрия и около 40 граммов активного

красителя. Однако активные красители считаются наиболее вредными, так как их отходы содержат высокие концентрации хлорида или сульфата натрия, остатки гидролизированных красителей, значительное количество щелочи и нерастворимые частицы, такие как волокна хлопка.

Снижение экологического воздействия можно достичь, если минимизировать выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс сточных вод в водоемы. Одним из эффективных способов решения этих проблем является разработка новых экологически чистых технологий отделки текстиля, которые позволят производить нетоксичные материалы, соответствующие современным стандартам экологии. Обычно такие экотехнологии предусматривают минимальное потребление ресурсов, таких как вода, тепло и электроэнергия.

Одной из альтернатив может стать использование природных красителей, получаемых из растительного сырья. В настоящее время использование натуральных красителей, как растительного, так и животного

происхождения, вызывает большой интерес в мировой легкой промышленности, прежде всего из-за их экологической безопасности.

Некоторые страны, такие как Корея, Мексика, Япония, Индия, Турция и ряд африканских государств, начали активно использовать местные натуральные красители для текстильной продукции [12]. В ряде развивающихся стран натуральные красители становятся не только экологической альтернативой синтетическим, но и важным источником дохода для местных жителей, так как устойчивое выращивание красящих растений способствует экономическому развитию и созданию рабочих мест [13,14].

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования использовались следующие текстильные материалы: образец 1 – Стрейч жесткий, образец 2 – Стрейч мягкий, образец 3 – Джинса жесткая, образец 4 – Джинса мягкая, образец 5 – х/б. Физико-механические свойства тканей показаны в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства тканей

№ Образца	Ткань	Количество нитей на 10 см по основе	Количество нитей на 10 см по утку	Поверхностная плотность (г/м ²)
1	Стрейч жесткий	430±3.5	240.0±3.0	0,0234
2	Стрейч мягкий	360.8±3.0	264.0±2.5	0,0233
3	Джинса жесткая	310.0±3.0	241.0±2.0	0,0238
4	Джинса мягкая	410.0±3.0	282.0±3.0	0,011
5	Х/б	370±2.0	260±2.5	0,0124

Для отделки тканей были приготовлены экстракты из листьев растения жузгин (*Calligonum*), произрастающего в южных регионах Казахстана. В качестве протравы в состав экстракта добавлялись алюмокалиевые квасцы для улучшения стойкости отделки тканей.

Отделка приведенных видов тканей для деталей верха обуви была проведена в лаборатории «Испытания, контроля и безопасности продукции» Таразского университета им. М.Х. Дулати.

Для исследования морфологии поверхности и элементного химического состава волокон различных видов тканей был использован автоэмиссионный сканирующий растровый электронный микроскоп JSM-6490LV с рентгеноспектральным микроанализатором в

испытательной региональной лаборатории инженерного профиля «Конструкционные и биохимические материалы» Южно-Казахстанского университета им. М.Ауезова.

Результаты и их обсуждение

Анализ и сравнение интенсивности окраски образцов, окрашенных с применением квасцов, с образцами, окрашенными без квасцов, показали, что у образцов с добавлением протравы наблюдается улучшение насыщенности цветов по сравнению с образцами без добавления протравы. В первую очередь это связано с образованием водонерастворимых металлоком-плексных соединений красящих пигментов в структуре волокон. Благодаря этому явлению окраска становится наиболее устойчивой к последующей промывке и стирке. Кроме того, согласно предыдущим исследованиям, протравы способны

изменять колористические показатели самого красящего вещества.

Снимки электронной микроскопии поверхностей волокон образцов, окрашенных без добавления протравы, и образцов, с добавлением протравы, показаны в таблице 1. Результаты ЭДС анализа поверхности образцов показаны в таблице 2.

При кратности увеличения $\times 1000$ у всех образцов с добавлением протравы наблюдаются улучшение насыщенности цветов по сравнению с образцами без добавления протравы. Это особо заметно у образцов 1 и 3. Возможно, это связано с улучшением электропроводности образцов за счет присутствия солей калия и алюминия, благодаря которым улучшается контрастность и статичность электронных снимков.

При рассмотрении результатов элементного анализа выявлено присутствие таких элементов как углерод, кислород, кальций, алюминий, калий, а также титан. Содержание углерода и кислорода является преобладающим и может быть объяснено химическим составом волокон и красителя. Исходные вещества, такие как целлюлоза, полиэстер, а также красильный экстракт, являются органическими по происхождению, поэтому такие элементы как азот, кислород, водород и углерод являются привычными. Присутствие алюминия и калия у окрашенных образцов в небольших количествах объясняется использованием алюмокалиевых квасцов в виде протравы.

Замеры показали, что в составе образца №1 с добавлением протравы присутствуют следующие элементы: С – 59.68%, О – 40.18%, Al – 0.14%, а с добавлением протравы в виде квасцов наблюдаются незначительные изменения в

составе образца С – 59.03%, О – 40.62%, Al – 0.17%, Са – 0.18%. Присутствие кальция может быть связано с процессами промывки образцов либо составом красильного экстракта (табл. 3 и 4).

В образце №2 без добавления протравы и с добавлением протравы наблюдается содержание следующих элементов с незначительной разницей С – 67.31%, О – 32.17% К – 0.22%, Ti – 0.29%. По сравнению с образцом №1, в данном образце присутствует элемент Ti – 0.29%.

В составе образца окрашенной ткани «Джинса №3» выявлены следующие элементы: С – 59.04%, О – 40.39%, Al – 0.30%, Ti – 0.28%, а с добавлением в состав красящего экстракта протравы наблюдается изменение состава следующим образом: С – 45.76%, О – 53.24%, Al – 0.45%, Ti – 0.54%. Как видно из приведенных данных, состав ткани, окрашенной с добавлением протравы, показал увеличение содержания следующих элементов: О с 40.39% до 53.24%, Al с 0.30% до 0.45%, а Ti с 0.28% до 0.54%. Наибольшее увеличение наблюдается у элемента Ti – 0.26%. Такие же элементы с небольшими изменениями показаны в составе образца ткани №4.

Также в образце окрашенной ткани «х/б №5» были выявлены следующие элементы: С – 61.55%, О – 38.28%, Al – 0.17%, а с добавлением в состав красящего экстракта протравы наблюдается появление элемента Ti – 0.20%.

Как видно из элементного состава окрашенных образцов как с применением квасцов, так и без них, наблюдается присутствие титана. Данное явление можно объяснить только качественным составом полученного красильного экстракта.

Таблица 2. Снимок поверхностей образцов текстильного материала

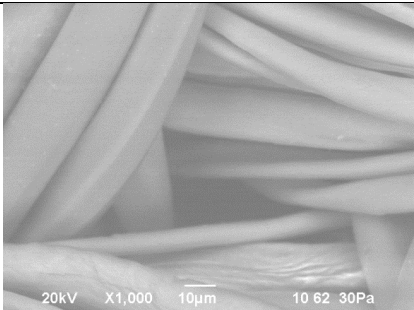
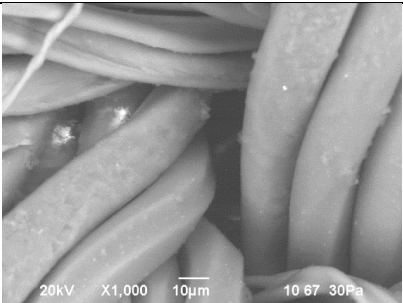
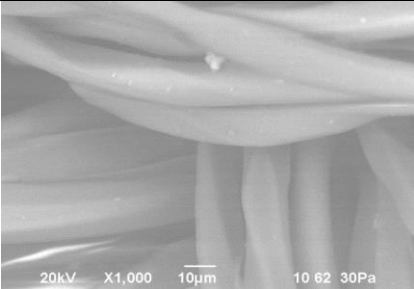
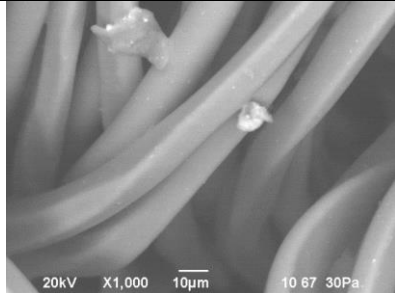
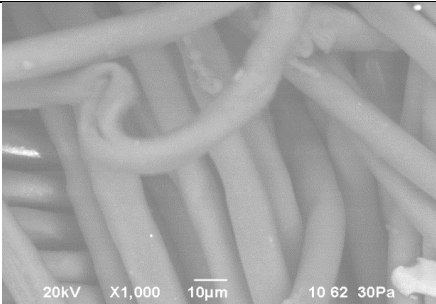
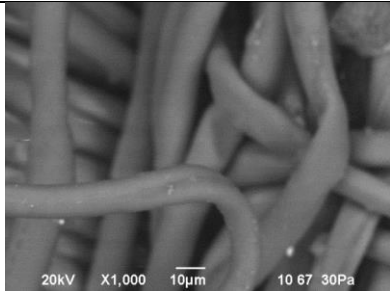
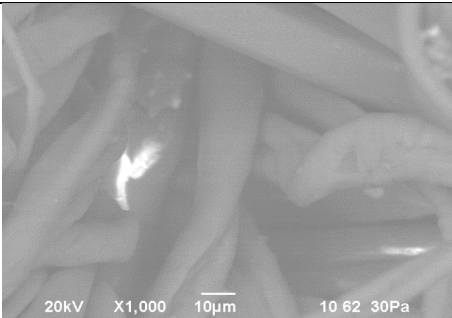
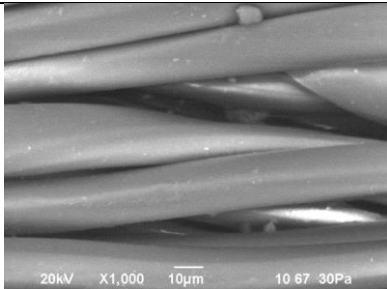
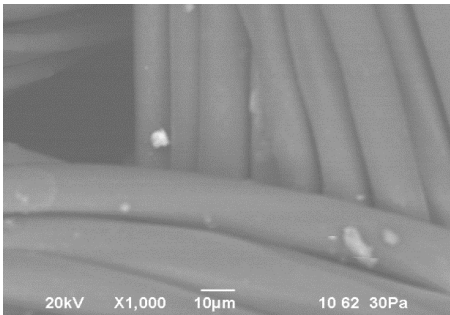
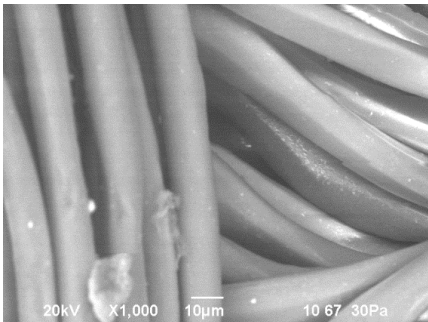
	Волокна образцов, окрашенных без добавления протравы	Волокна образцов, окрашенных с добавлением протравы
1		
2		
3		
4		
5		

Таблица 3. Результаты ЭДС анализа поверхностей образцов без добавления протравы

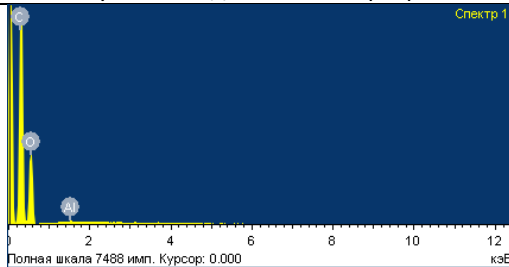
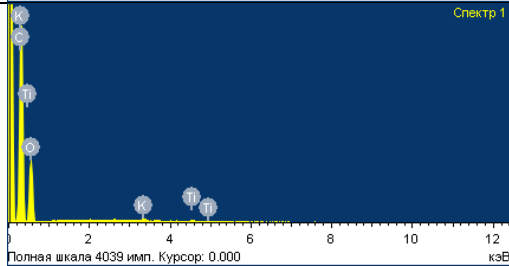
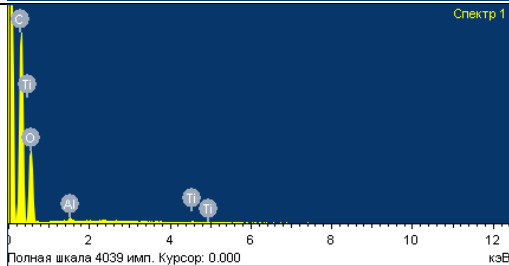
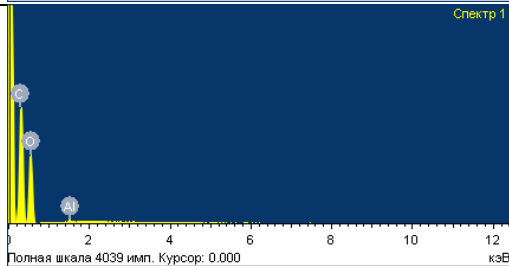
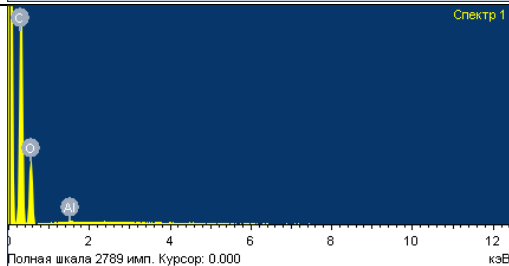
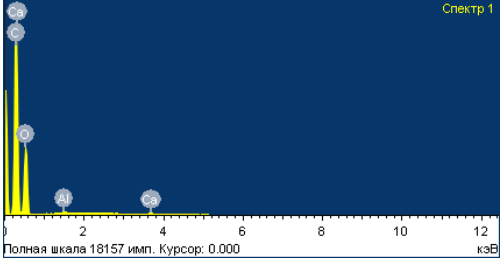
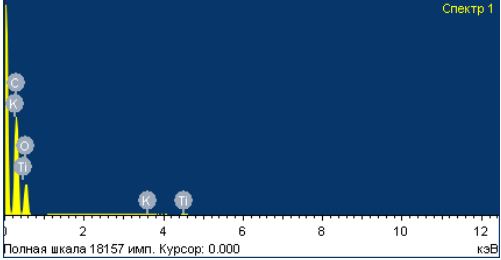
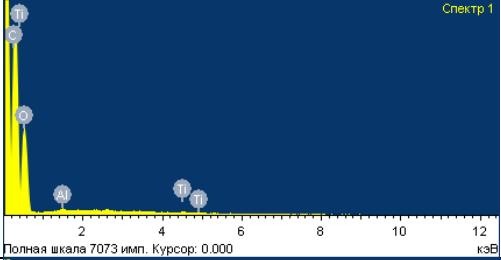
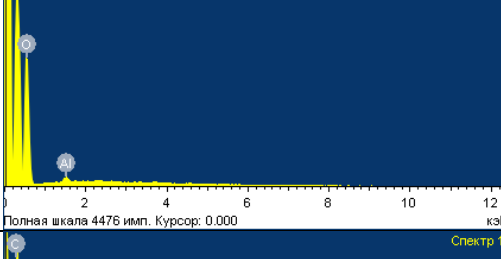
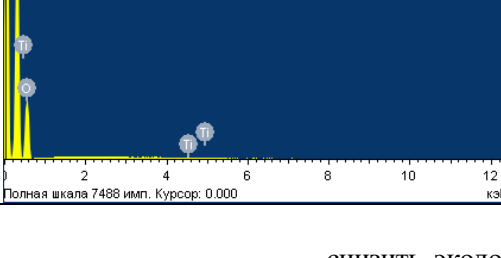
№	Тип ткани	Ткани, окрашенные экстрактом из листьев жузгин без добавления протравы	Состав ткани	
			Элемент	Весовой %
1	Стрейч жесткий			
			C	59.68
			O	40.18
			Al	0.14
			Итоги	100.00
2	Стрейч мягкий			
			C	67.31
			O	32.17
			K	0.22
			Ti	0.29
			Итоги	100.00
3	Джинса жесткая			
			C	59.04
			O	40.39
			Al	0.30
			Ti	0.28
			Итоги	100.00
4	Джинса мягкая			
			C	51.94
			O	47.85
			Al	0.21
			Итоги	100.00
5	х/б			
			C	61.55
			O	38.28
			Al	0.17
			Итоги	100.00

Таблица 4. Результаты ЭДС анализа поверхностей образцов с добавлением протравы

№	Тип ткани	Ткани, окрашенные экстрактом из листьев жузгин с добавлением протравы	Состав ткани	
1	Стрейч жесткий		Элемент	Весовой %
			C	59.03
			O	40.62
			Al	0.17
			Ca	0.18
			Итоги	100.00
2	Стрейч мягкий		Элемент	Весовой %
			C	68.92
			O	30.64
			K	0.16
			Ti	0.28
			Итоги	100.00
3	Джинса жесткая		Элемент	Весовой %
			C	45.76
			O	53.24
			Al	0.45
			Ti	0.54
			Итоги	100.00
4	Джинса мягкая		Элемент	Весовой %
			C	49.66
			O	49.91
			Al	0.43
			Итоги	100.00
5	х/б		Элемент	Весовой %
			C	62.46
			O	37.33
			Ti	0.20
			Итоги	100.00

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что использование природных красителей из растительного сырья для окрашивания текстильных материалов является не только экологически чистым, но и эффективной альтернативой синтетическим красителям. Разработка техно-логий, основанных на экстрактах из местных растений, таких как жузгин (*Calligonum*), позволила значительно

снизить экологическое воздействие красителей. Так, например, при окрашивании тканей с добавлением протравы (алюмокалиевые квасцы), наблюдается улучшение стойкости и насыщенности цвета на 25-30%, что делает ткань более устойчивой к стирке и внешним воздействиям. Также исследования показали, что при использовании натуральных красителей экологический след сокращается на 50-60% по

сравнению с традиционными методами, использующими синтетические красители.

Методология исследования, основанная на использовании автоэмиссионного сканирующего растрового электронного микроскопа с рентгеноспектральным микроанализатором, позволила детально изучить морфологию поверхности волокон и состав элементов окрашенных тканей. Результаты показали, что в образцах с добавлением протравы, таких как квасцы, содержание алюминия и калия увеличилось на 0.1-0.3%, а уровень кальция был выявлен в 0.18%, что свидетельствует о значительном улучшении взаимодействия красителя с тканью.

Работа имеет как научное, так и практическое значение. В научном контексте она способствует развитию экотехнологий в текстильной промышленности, что важно для борьбы с загрязнением окружающей среды. Практическое значение работы заключается в возможности применения предложенных технологий в производстве экологически чистых тканей. Ожидается, что переход на использование природных красителей позволит предприятиям сократить расход воды на 20-30%, а также снизить потребление химических веществ на 40-50%.

Вклад данного исследования заключается в разработке и обосновании новых технологий окрашивания текстильных материалов, использующих натуральные красители, что способствует снижению воздействия на окружающую среду и развитию устойчивого производства в текстильной промышленности. Эти результаты могут быть полезны для предприятий, стремящихся снизить экологическую нагрузку и перейти на более безопасные методы производства, а также для производителей, заинтересованных в устойчивом и социально ориентированном производстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Шагина Н.А. Разработка экологичной технологии использования природных красителей растительного происхождения в колорировании текстиля: дисс. к.т.н., М., 2015.-134 с.
- Киселёв А. М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 1.
- Ковтун Е.Г., Маланкина Е.Л., Артамонцева Л.В., Люлько Н.И. Влияние процесса крашения шерсти природными красителями на растворимость шерстяного волокна в мочевино-гидросульфитном и щелочном растворах. // Технология текстильной промышленности, 2007, № 3 (298). -С.67-69.
- Баданова Р.Р., Баданов К.И., Баданов И.К. Устройство для реализации химико- технологических процессов текстильной промышленности // Механика и технологии. – 2014. - №4.- С. 24 - 30.
- Патент №17654 Республика Казахстан, МПК: D 06 B 5/12 Устройство для жидкостной обработки текстильных материалов / Баданов К.И., Кауымбаев Р.Т., Баданова Р.Р. <http://kzpatents.com/0-pp17654-ustrojstvo-dlya-zhidkostnoj-obrabotki-tekstilnyh-materialov.html>. Дата обращения: 15.01.2016
- Епишкина В. А. О возможности снижения экологической нагрузки в процессах отделки текстильных материалов / В. А. Епишкина, М. Б. Архипова, А. М. Киселев // Экология и промышленность России. - 2000. - № 4. - С. 58-69.
- Епишкина, В. А. Крашение шерстяных материалов кислотными красителями с рациональным использованием воды / Я. С. Бойко, В. А. Епишкина, А. М. Киселев, С. В. Спицкий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. - №3. - С.64-67.
- Robinson T., McCullan G., Marchant R., Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: critical review on current treatment technologies with a proposed alternative // Bioresource Technology. - 2001. - № 77. - P. 247-255
- Mirjalili M. and Karimi L. Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties, Journal of Chemistry, Vol. 2013, available at: <https://doi.org/10.1155/2013/375352> (accessed 16 April 2024)
- Le Coz, C.J., (2005). Dyes in Encycloped ia of Toxicology (Second Edition), W. Editor-in-Chief: Philip, Editor 2005, Elsevier: New Yo rk. 104-114.
- Hernández-Montoya V., Párez-Cruz, M.A., Mendoza-Castillo, D.I., Moreno-Virgen, M.R., & Bonilla-Petriciolet, A. (2013). Competitive adsorption of dyes and heavy metals on zeolitic structures. Journal of environmental management, 116, 213-221.
- Samanta P. A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. Intech Open, Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038> (accessed 15 January 2024).
- Noman Habib, Waseem Akram, Shahid Adeel, Nimra Amin, Mozghan Hosseinneshad and Ehsan Ul Haq. Environmental- friendly extraction of Peepal (Ficus Religiosa) bark-based reddish brown tannin natural dye for silk coloration. Environmental science and pollution research international, Vol. 29, 23:35048—35060. DOI:10.1007/s11356-022-18507-5.
- Голиков В. П. Органические хроматические материалы на основе природных красителей в произведениях искусства: природа, технологии приготовления и применения, методы исследования. — М.:Институт Наследия, 2020. — 296 с
- Киселёв А. М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов // Рос.

хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 1

16. Учебное пособие по стандарту ISO 14001:2004 с комментариями [Электронный ресурс] / Сообщество экологов «Промышленная экология». — Режим доступа: http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch_mat/iso_14001.pdf. — Дата доступа: 25.04.2018.

17. Sajda .S. Affat. Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A review. University of Thi-Qar Journal of Science (UTsci). Volume (8), № 1. <http://doi.org/10.32792/utq/utjsi/v8/1/21>

18. Ковтун Е.Г., Маланкина Е.Л., Артамонцева Л.В., Люлько Н.И. Влияние процесса крашения шерсти природными красителями на растворимость шерстяного волокна в мочевино-гидросульфитном и щелочном растворах. // Технология текстильной промышленности, 2007.- № 3 (298).-С.67-69

19. Неборако О.Ю. Химическая модификация и исследование свойств природных красителей растительного происхождения: дисс. канд. хим.наук: 02.00.03. М., 2005 - 120 с.

20.Кобраков К.И., Кузнецов Д.Н., Ручкина А.Г. Синтез и исследование свойств азокрасителей и азокрасителей на основе полифенолов различного генезиса. // НефтеГазХимия, №1. – 2018. - С.25-28

REFERENCES

1. Shagina N.A. “Razrabotka ekologichnoy tekhnologii ispol'zovaniya prirodnikh krasiteley rastitel'nogo proiskhozhdeniya v kolorirovanii tekstilya [Development of environmentally friendly technology for using natural dyes of plant origin in textile coloring].” Diss. k.t.n., M., 2015,134 s. (In Russian)

2. A. M. Kiselev. “Ekologicheskiye aspekty protsessov otdelki tekstil'nykh materialov [Environmental aspects of textile finishing processes].” Ros. khim. zh. (ZH. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleyeva), 2002, t. XLVI, № 1 (In Russian)

3. Kovtun Ye.G., Malankina Ye.L., Artamontseva L.V., Lyul'ko N.I. “Vliyaniye protsessa krasheniya shersti prirodnymi krasitelyami na rastvormost' sherstyanogo volokna v mochevino-gidrosul'fitnom i shchelochnom rastvorakh [Influence of the process of dyeing wool with natural dyes on the solubility of wool fiber in urea-hydrosulfite and alkaline solutions].” // Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti, 2007, № 3 (298) s.67-69 (In Russian)

4. Badanov R.R., Badanov K.I., Badanov I.K. “Ustroystvo dlya realizatsii khimiko- tekhnologicheskikh protseessov tekstil'noy promyshlennosti [Device for the implementation of chemical-technological processes in the textile industry].” // Mekhanika i tekhnologii. – 2014. - №4.- P. 24 - 30. (In Russian)

5. Patent №17654 Respublika Kazakhstan, MPK: D 06 B 5/12 “Ustroystvo dlya zhidkostnoy obrabotki tekstil'nykh materialov [Device for liquid processing of textile materials].” / Badanov K.I., Kauymbayev R.T., Badanov R.R. <http://kzpatents.com> /0-pp17654-

ustrojstvo-dlya-zhidkostnoy-obrabotki-tekstilnykh-materialov.html. (accessed 15.01.2016) (In Russian)

6. Yepishkina, V. A. “O vozmozhnosti snizheniya ekologicheskoy nagruzki v protsessakh otdelki tekstil'nykh materialov [On the possibility of reducing the environmental load in the processes of finishing textile materials].” / V. A. Yepishkina, M. B. Arkhipova, A. M. Kiselev // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. - 2000. - № 4. - S. 58-69. (In Russian)

7. Yepishkina, V. A. “Krasheniye sherstyanykh materialov kislotnymi krasitelyami s ratsional'nym ispol'zovaniyem vody [Dyeing of woolen materials with acid dyes with rational use of water].” YA. S. Boyko, V. A. Yepishkina, A. M. Kiselev, S. V. Spitskiy // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2003. - №3. - S.64-67. (In Russian)

8. Robinson T., McCullan G., Marchant R., Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology. - 2001. - № 77. - P. 247-255

9. Mirjalili M. and Karimi L. Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties, Journal of Chemistry, Vol. 2013, available at: <https://doi.org/10.1155/2013/375352> (accessed 16 April 2024)

10.Le Coz, C.J., (2005). Dyes in Encycloped ia of Toxicology (Second Edition), W. Editor-in-Chief: Philip, Editor 2005, Elsevier: New Yo rk. 104-114.

11. Hernández-Montoya V., Pirez-Cruz, M.A., Mendoza-Castillo, D.I., Moreno-Virgen, M.R., & Bonilla-Petriciolet, A. (2013). Competitiveadsorption of dyes and heavy metals on zeolitic structures. Journal of environmental management t, 116, 213-221.

12. Samanta P. A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. Intech Open, Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038> (access-ed 15 January 2024).

13. Noman Habib, Waseem Akram, Shahid Adeel, Nimra Amin, Mozghan Hosseinneshad and Ehsan Ul Haq. Environmental- friendly extraction of Peepal (Ficus Religiosa) bark-based reddish brown tannin natural dye for silk coloration. Environmental science and pollution research international, Vol. 29, 23:35048—35060. DOI:10.1007/s11356-022-18507-5.

14. Golikov V. P. “Organicheskiye khromaticheskiye materialy na osnove prirodnikh krasiteley v proizvedeniyakh iskusstva: priroda, tekhnologii prigotovleniya i primeneniya, metody issledovaniya [Organic chromatic materials based on natural dyes in works of art: nature, preparation and application technologies, research methods].” — M.: Institut Naslediya, 2020. — 296 c (In Russian)

15. A. M. Kiselev. “Ekologicheskiye aspekty protsessov otdelki tekstil'nykh materialov [Ecological aspects of textile finishing processes].”. Ros. khim. zh. (ZH. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleyeva), 2002, t. XLVI, № 1 (In Russian)

16. Uchebnoye posobiye po standartu ISO 14001:2004 s kommentariyami [Training manual on ISO 14001:2004 with comments] / Soobshchestvo ekologov «Promyshlennaya ekologiya». http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch_mat/iso_14001.pdf. (In Russian)

17. Sajda .S. Affat. Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A review. University of Thi-Qar Journal of Science (UTsci). Volume (8), № 1. <http://doi.org/10.32792/utq/utjsi/v8/1/21>

18. Kovtun Ye.G., Malankina Ye.L., Artamontseva L.V., Lyul'ko N.I. “Vliyaniye protsessy krasheniya shersti prirodnymi krasitelyami na rastvormost' sherstyanogo volokna v mochevino-gidrosul'fitnom i shchelochnom rastvorakh [Influence of the process of dyeing wool with natural dyes on the solubility of wool fiber in urea-

hydrosulfite and alkaline solutions].” Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti, 2007, № 3 (298) s.67-69 (In Russian)

19. Neborako O.YU. “Khimicheskaya modifikatsiya i issledovaniye svoystv prirodnikh krasiteley rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Chemical modification and study of the properties of natural dyes of plant origin].” diss. kand. khim.nauk: 02.00.03. M., 2005. 120 s. (In Russian)

20. Kobrakov K.I., Kuznetsov D.N., Ruchkina A.G., Nadyrbayev I.A., Klyauzova A.V. “Sintez i issledovaniye svoystv azokrasiteley i azopigmentov na osnove polifenolov razlichnogo genezisa [Synthesis and study of the properties of azo dyes and azo pigments based on polyphenols of various genesis].” NefteGazoKhimiya, №1, 2018, s.25-28 (In Russian)

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF TEXTILE MATERIALS WITH UV PROTECTION

K.ZH. DYUSSENBIYEVA* , D. SUGIRBAYEVA 

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

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

The article presents data on the development of technology for imparting UV-protective properties to cotton fabrics at the stages of final finishing. Increase of functionality of textile materials is provided at the expense of introduction of highly effective methods of processing with use of textile auxiliary substances possessing UV-absorbing properties, and also application of new chemical and physical methods of intensification of proceeding processes. Technological solutions for processing cotton fabrics aimed at achieving the required level of physical and mechanical characteristics and resistance to UV radiation have been developed. The optimal parameters of preparation of working solutions were selected: concentrations of UV stabilizers, ratio of components, temperature and duration of treatment. The qualitative characteristics of the treated fabric, including the uniformity of the protective layer application and UV-protection efficiency, as well as physical and mechanical parameters were investigated. Both periodic and continuous treatment methods are proposed, providing stable fixation of functional substances on the surface of textile fibers. Implementation of the developed technology will improve the quality of finished textile materials due to simultaneous improvement of hygienic and protective properties, reduction of energy consumption and processing time. The results of the research can be used in the creation of modern technological processes for the production of textiles from natural, chemical fibers and their mixtures with specified functional characteristics, including for products of special, medical and everyday use.

Keywords: UV protection, UV finishing, cotton textile materials, UV stabilizers, textile auxiliaries, functional finishing.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАЩИТОЙ ОТ УЛЬТРАФИОЛЕТА

К.Ж. ДЮСЕНБИЕВА*, Д. СУГИРБАЕВА

(Алматинский Технологический Университет, Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: d.kulmairam@mail.ru*

В статье представлены данные о разработке технологии придания хлопчатобумажным текстильным материалам УФ-защитных свойств на этапах заключительной отделки. Повышение функциональности текстильных материалов обеспечено за счёт внедрения высокоэффективных методов обработки с использованием текстильных вспомогательных веществ, обладающих УФ-абсорбирующими свойствами, а также применения новых химических и физических методов интенсификации протекающих процессов. Разработаны технологические решения по обработке хлопчатобумажных тканей, направленные на достижение требуемого уровня физико-механических характеристик и устойчивости к УФ-излучению. Подобраны оптимальные параметры приготовления рабочих растворов: концентрации УФ-стабилизаторов, соотношение компонентов, температура и продолжительность обработки. Исследованы качественные характеристики обработанной ткани, включая равномерность нанесения защитного слоя и эффективность УФ-защиты, а также физико-механических показателей. Предложены как периодические, так и непрерывные методы обработки, обеспечивающие стабильное закрепление функциональных веществ на поверхности текстильных волокон. Внедрение разработанной технологии позволит повысить качество текстильных материалов за счёт одновременного улучшения гигиенических и защитных свойств, сокращения энергозатрат и времени обработки. Результаты исследования могут быть использованы при создании современных технологических процессов производства текстиля из натуральных, химических волокон и их смесей с заданными функциональными характеристиками, в том числе для изделий специального, медицинского и повседневного назначения.

Ключевые слова: УФ-защита, ультрафиолетовая отделка, хлопчатобумажные текстильные материалы, УФ-стабилизаторы, текстильно-вспомогательные вещества, функциональная отделка.

УЛЬТРАКУЛГІН СӘУЛЕЛЕРДЕН ҚОРҒАЙТЫН ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРЫН ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

К.Ж. ДЮСЕНБИЕВА*, Д.СУГИРБАЕВА

(Алматы технологиялық университет, Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би даңғ., 100)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: d.kulmairam@mail.ru*

Мақалада мақта маталарына соңғы әрлеу кезеңдерінде ультракүлгін қорғаныс қасиеттерін беру технологиясының дамуы туралы мәліметтер келтірілген. Текстиль материалдарының функционалдығын арттыру ультракүлгін сіңіргіш қасиеттері бар текстиль көмекші заттарын пайдалана отырып, өңдеудің жоғары тиімді әдістерін енгізу, сондай-ақ жүріп жатқан процестерді интенсификациялауда жаңа химиялық және физикалық әдістерін қолдану. Физикалық-механикалық сипаттамалардың қажетті деңгейіне және ультракүлгін сәулеленуге төзімділікке қол жеткізуге бағытталған мақта маталарын өңдеу бойынша технологиялық шешімдер жасалды. Жұмыс ерітінділерін дайындаудың оңтайлы параметрлері таңдалды: ультракүлгін тұрақтандырғыштардың концентрациясы, компоненттердің қатынасы, температура және өңдеу ұзақтығы. Өңделген матаның сапалық сипаттамалары, соның ішінде түзілген қорғаныс қабатының біркелкілігі және ультракүлгін сәулелерден қорғаудың тиімділігі, сондай-ақ физика-механикалық көрсеткіштер зерттелді. Текстиль талшықтарының бетіне функционалды заттардың тұрақты бекітілуін қамтамасыз ететін периодты және үздіксіз өңдеу әдістері ұсынылды. Жасалған технологияны енгізу гигиеналық және қорғаныш қасиеттерін жақсарту, энергия шығыны мен өңдеу уақытын қысқарту есебінен дайын текстиль материалдарының сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері арнайы, медициналық және күнделікті мақсаттағы бұйымдар үшін берілген функционалдық сипаттамалары бар табиғи, химиялық талшықтардан және олардың қоспаларынан текстиль өндірісінің заманауи технологиялық процестерін жасау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: Ультракүлгін қорғаныс, ультракүлгінді әрлеу, мақта текстиль материалдары, ультракүлгін тұрақтандырғыштар, текстиль-көмекші заттар, функционалды әрлеу.

Introduction

One of the topical directions in the field of textile industry is the development and introduction of functional finishes that provide additional protection of the consumer from unfavorable external factors. In particular, special attention is paid to the creation of textile materials with protection from ultraviolet (UV) radiation, which can cause destruction of fiber structure and also have a negative impact on human health [1,2].

With the increasing intensity of solar radiation, as well as the expansion of textile applications in medicine, workwear, sports and summer clothing, there is a growing need to develop effective technological solutions aimed at giving textile materials UV-barrier properties. Modern approaches to solving this problem involve the use of UV-absorbing textile auxiliary substances, nanostructured materials, as well as the development of methods of stable fixation of functional components on the fiber structure of fabrics [3-5].

To ensure ultraviolet protection of textile materials, special light stabilizers - UV absorbers - are widely used in production. These substances

absorb harmful ultraviolet radiation and prevent its penetration through the fabric, thereby reducing the photodestructive effect on the material and protecting human skin. Depending on the chemical nature and mechanism of action, UV absorbers are usually classified into three main groups:

Organic absorbers have high UV absorption efficiency in certain ranges but can be sensitive to temperature and light: benzotriazoles, benzophenones, oxalilanilides, cinnamate derivatives, salicylates.

Inorganic UV absorbers (nanoparticles) have high thermal and photochemical stability, work as shielding agents: titanium dioxide effectively absorbs UV radiation, is safe, can give tissues a self-cleaning effect (photocatalysis); used in the form of nanoparticles [6,7]. Zinc oxide has good UV-blocking properties, antibacterial effect, often used in children's and medical clothing [8,9,10]. Alumina and silicate carriers with UV active components are used as a base for the application of absorbers.

Combined systems (hybrid coatings). Nanocomposites based on TiO₂ or ZnO with

organic stabilizers increase the efficiency and durability of the protective effect [11,12].

Sol-gel coatings with UV-absorbing agents form a thin film on fabrics, lock in well, and improve wash resistance.

The choice of textile material for imparting UV-protective properties depends on several factors: fiber type, its absorption capacity, compatibility with UV absorbents, treatment resistance, and the purpose of the final product. Cotton textile material is an optimal choice due to its high safety and comfort for the consumer, which makes it promising for research and implementation in the production of functional textile products with improved resistance to UV radiation [13,14].

Various treatment methods are used to impart UV-protective properties to textile materials. The most common is impregnation of fabrics with solutions with UV absorbents, which ensures uniform application of the protective layer. Coating of fabrics with protective compositions with nanoparticles of titanium and zinc oxides, which effectively reflect and absorb UV radiation, is also widely used. Microencapsulation of UV-active substances allows to increase the resistance of the finish to washing and mechanical effects. Additionally, thermofixation and plasma treatment are used to improve adhesion and durability of the UV protective layer [15,16].

Despite the presence of a significant amount of research in this field, the task of increasing the efficiency of UV finishing while maintaining the performance characteristics of fabric, reducing energy consumption and ensuring technological reproducibility remains relevant. In this regard, scientifically substantiated developments are required, including selection of the composition of technological solutions, optimization of treatment modes and evaluation of complex characteristics of finished materials.

The present work is aimed at development and research of technology of UV finishing of cotton fabrics, providing stable formation of UV-protective properties while preserving physical, mechanical and hygienic indicators of textile materials [17].

Materials and research methods

The developed composition is an aqueous solution containing zinc oxide (ZnO) in the form of a dispersion, a stabilizing or complexing agent, as well as an acid acting as an acidic pH regulator and an additional binder. Cotton textile material is

pre-cleaned from contaminants and application by washing or treatment in a solution of surfactants, after which it is dried to a stable moisture state. Zinc oxide (ZnO) is dispersed in distilled water with the subsequent addition of stabilizer and acid. The solution is thoroughly mixed until a homogeneous suspension is obtained. Concentrations of components are selected depending on the required level of UV protection. The fabric is treated by immersion in the prepared composition with subsequent squeezing to the residual moisture capacity of 70-80 %. Samples are dried at a temperature of 100-110 °C, then subjected to heat treatment at 140-160 °C for 1-3 minutes to fix the coating and improve adhesion of components to fibers.

Results and discussion

The research conducted with the use of spectrophotometer, quantitative indicators of UV protection efficiency of treated textile samples were obtained. According to the results of the study of UV radiation intensity, it was found that untreated cotton textile material transmits UV energy with an intensity of 61,2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Treatment of the fabric with the developed composition allowed to reduce the transmitted radiation to 28,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. With increasing concentration of the protective coating, a further decrease in the level of transmitted UV radiation was observed, indicating an increase in UV protection efficiency. The measurements demonstrated a significant increase in the reflection and absorption coefficients of UV radiation compared to the original, untreated fabrics. These results indicate the high efficiency of the developed composition in providing protection of textile materials from UV exposure.

The physical and mechanical properties of textile samples were tested in order to confirm the compliance of the material with the established safety standards and quality indicators. In particular, the stiffness indicators of treated and untreated fabrics were analyzed. The measurement results showed that the stiffness of the untreated sample was 49,3 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$, whereas the stiffness of the treated specimen 52,4 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$, figure 1. A slight increase in this indicator is due to the formation of a thin surface film associated with the application of UV-protective composition. At the same time, the deviation remains within acceptable values and does not significantly affect the flexibility and comfort of the textile material during operation.

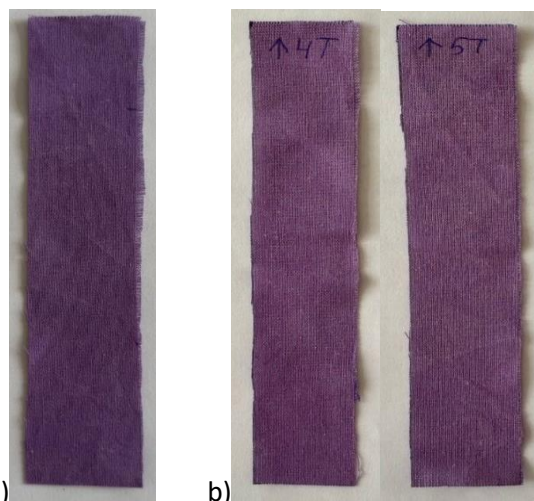


Figure 1. Results of stiffness tests on textile materials: comparison of untreated materials (a) and processed samples (b)

Textile materials were subjected to pilling tests in order to assess their resistance to lint formation during use. According to the test results, it was found that both untreated and

treated samples of cotton fabrics demonstrated the maximum – five-point level of resistance to pilling, Figure 2. This index indicates the absence of visually pronounced surface flaking.

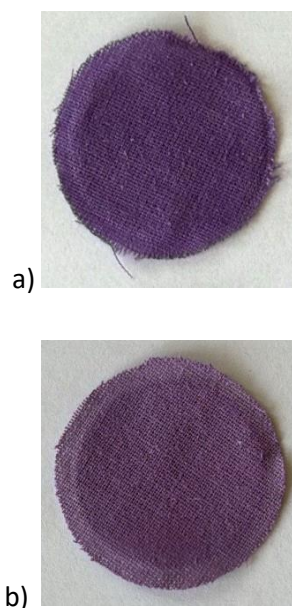
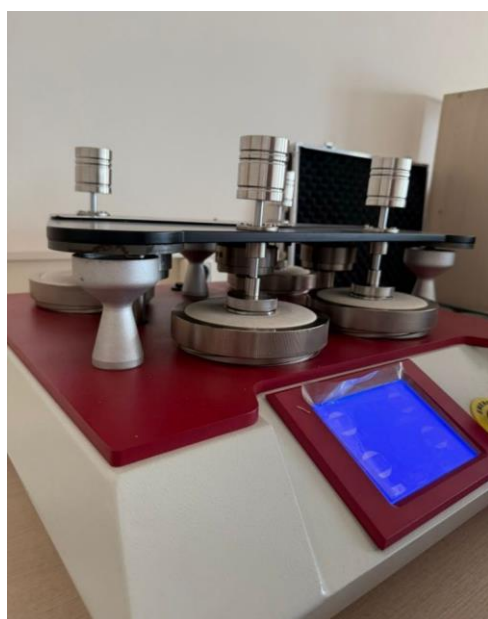


Figure 2. Results of pilling tests on textile materials: comparison of untreated (a) and processed samples (b).

Preservation of high indicators after treatment indicates the absence of negative influence of UV-protective composition on the surface of fibers, as well as an increase in the strength characteristics of the material, which contributes to the extension of the service life of products and preservation of their appearance during operation.

Conclusion

In the course of the conducted research the high efficiency of the developed UV-protective

composition based on zinc oxide for the treatment of cotton textile materials was established. The treatment allowed to significantly reduce the level of ultraviolet radiation transmittance. The efficiency of UV protection increased with increasing concentration of the applied composition.

Physical and mechanical tests showed that the coating application does not adversely affect the stiffness of the fabric, remaining within the normal range. In addition, according to the results

of pilling tests, the treated samples retained the maximum level of resistance to lint formation, which confirms the preservation of the appearance and wear resistance of the fabric after modification.

Thus, the proposed processing technology provides a comprehensive improvement of the operational characteristics of cotton materials, increasing their protective properties and durability without deterioration of tactile and visual qualities. The obtained results confirm the prospects of the developed composition implementation in modern technologies of textile modification.

Gratitude, conflict of interest (funding)

The work was carried out at the Almaty Technological University. The authors declare that there is no conflict of interest.

REFERENCES

1. Wang, Y., Zhao, X., & Liu, Z. (2022). Recent advances in UV-protective textile materials: A review. *Materials Science and Engineering C*, 134, 112587. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112587>
2. Singh, R., & Sharma, S. (2021). Sustainable UV protective coatings for textiles: Synthesis and applications. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126108>
3. Kumar, A., & Gupta, D. (2020). Functional finishing of textiles for UV protection using nanoparticles: A review. *Journal of Industrial Textiles*, 50(5), 715-738. <https://doi.org/10.1177/1528083718819576>
4. Li, X., Chen, Y., & He, M. (2023). Development of eco-friendly UV-blocking coatings for cotton fabrics. *Coatings*, 13(4), 611. <https://doi.org/10.3390/coatings13040611>
5. ASTM D6603-20. Standard Guide for Assessing Ultraviolet Protection of Textiles. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020. <https://doi.org/10.1520/D6603-20>
6. Zhang, Y., Wang, Y., & Liu, H. (2024). Synthesis and characterization of ZnO and TiO₂ hybrid coatings for textile UV anti-aging protection. *Polymers*, 16(14), 2001. <https://doi.org/10.3390/polym16142001>
7. Xue, T., Fang, D., Si, L., & Yin, Y. (2024). Preparation of antibacterial and UV-protective cotton through coating with TiO₂-modified chitosan-based Schiff bases. *ACS Applied Polymer Materials*, 6(14), 8073-8083. <https://doi.org/10.1021/acsapm.4c00835>
8. Rajabi, M., Azizi, A., & Sadeghi, M. (2021). Zinc oxide nanoparticles for UV protection in textiles: A review. *Journal of Nanomaterials*, 2021, Article ID 6693459. <https://doi.org/10.1155/2021/6693459>
9. Gupta, R., & Banerjee, R. (2019). Zinc oxide nanoparticles functionalized textiles for enhanced UV protection and antimicrobial activity. *Applied Surface Science*, 478, 720-736. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.01.223>
10. Abd El-Hady, D., & Shaban, H. (2017). Application of ZnO nanoparticles for UV protection of cotton fabrics. *Journal of Textile Science & Engineering*, 7(4), 1-7. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000349>
11. Belay, A., Mekuria, M., & Adam, G. (2020). Incorporation of zinc oxide nanoparticles in cotton textiles for ultraviolet light protection and antibacterial activities. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1847980420970052. <https://doi.org/10.1177/1847980420970052>
12. Sharouf, H. M., Tuhmaz, G., & Saffour, Z. (2019). Preparation of zinc oxide nano-layer on cotton fabric for UV protection application. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 22(1), 18-21. <https://doi.org/10.29194/NJES.22010018>
13. Xu, W., Xu, L., Pan, H., et al. (2022). Robust ZnO/HNTs-based superhydrophobic cotton fabrics with UV shielding, self-cleaning, photocatalysis, and oil/water separation. *Cellulose*, 29(5), 4021-4037. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04462-4>
14. Xiao, S., Huang, X., & Wang, Y. (2020). Durable UV protection finishing of cotton fabrics using ZnO nanoparticles and natural polymers. *Fibers and Polymers*, 21(8), 1780-1788. <https://doi.org/10.1007/s12221-020-9808-1>
15. Huang, M.-L., Wu, Y.-Z., & Lu, S.-G. (2022). Structural coloration and ultraviolet protective fabrication on fabrics coated with SiO₂/TiO₂ multilayer films via a magnetron sputtering method. *Journal of Industrial Textiles*, 52(3), 15280837221114636. <https://doi.org/10.1177/15280837221114636>
16. Zhou, W., Zhang, Y.-y., & Shi, Y.-d. (2017). In situ loading TiO₂ and its photocatalysis and UV resistance on cotton fabric. *Fibers and Polymers*, 18(6), 1073-1078. <https://doi.org/10.1007/s12221-017-1055-3>
17. Сугирбаева Д., Дюсенбиева К.Ж. Разработка и исследование УФ-защитных текстильных материалов. Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности» (INTEKS-2025)», 17 апреля 2025 г., с. 132-134.

REFERENCES

1. Wang, Y., Zhao, X., & Liu, Z. (2022). Recent advances in UV-protective textile materials: A review. *Materials Science and Engineering C*, 134, 112587. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112587>
2. Singh, R., & Sharma, S. (2021). Sustainable UV protective coatings for textiles: Synthesis and applications. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126108>
3. Kumar, A., & Gupta, D. (2020). Functional finishing of textiles for UV protection using nanoparticles: A review. *Journal of Industrial Textiles*,

- 50(5), 715-738. <https://doi.org/10.1177/1528083718819576>
4. Li, X., Chen, Y., & He, M. (2023). Development of eco-friendly UV-blocking coatings for cotton fabrics. *Coatings*, 13(4), 611. <https://doi.org/10.3390/coatings13040611>
5. ASTM D6603-20. Standard Guide for Assessing Ultraviolet Protection of Textiles. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020. <https://doi.org/10.1520/D6603-20>
6. Zhang, Y., Wang, Y., & Liu, H. (2024). Synthesis and characterization of ZnO and TiO₂ hybrid coatings for textile UV anti-aging protection. *Polymers*, 16(14), 2001. <https://doi.org/10.3390/polym16142001>
7. Xue, T., Fang, D., Si, L., & Yin, Y. (2024). Preparation of antibacterial and UV-protective cotton through coating with TiO₂-modified chitosan-based Schiff bases. *ACS Applied Polymer Materials*, 6(14), 8073–8083. <https://doi.org/10.1021/acsapm.4c00835>
8. Rajabi, M., Azizi, A., & Sadeghi, M. (2021). Zinc oxide nanoparticles for UV protection in textiles: A review. *Journal of Nanomaterials*, 2021, Article ID 6693459. <https://doi.org/10.1155/2021/6693459>
9. Gupta, R., & Banerjee, R. (2019). Zinc oxide nanoparticles functionalized textiles for enhanced UV protection and antimicrobial activity. *Applied Surface Science*, 478, 720–736. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.01.223>
10. Abd El-Hady, D., & Shaban, H. (2017). Application of ZnO nanoparticles for UV protection of cotton fabrics. *Journal of Textile Science & Engineering*, 7(4), 1-7. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000349>
11. Belay, A., Mekuria, M., & Adam, G. (2020). Incorporation of zinc oxide nanoparticles in cotton textiles for ultraviolet light protection and antibacterial activities. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1847980420970052. <https://doi.org/10.1177/1847980420970052>
12. Sharouf, H. M., Tuhmaz, G., & Saffour, Z. (2019). Preparation of zinc oxide nano-layer on cotton fabric for UV protection application. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 22(1), 18–21. <https://doi.org/10.29194/NJES.22010018>
13. Xu, W., Xu, L., Pan, H., et al. (2022). Robust ZnO/HNTs-based superhydrophobic cotton fabrics with UV shielding, self-cleaning, photocatalysis, and oil/water separation. *Cellulose*, 29(5), 4021–4037. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04462-4>
14. Xiao, S., Huang, X., & Wang, Y. (2020). Durable UV protection finishing of cotton fabrics using ZnO nanoparticles and natural polymers. *Fibers and Polymers*, 21(8), 1780-1788. <https://doi.org/10.1007/s12221-020-9808-1>
15. Huang, M.-L., Wu, Y.-Z., & Lu, S.-G. (2022). Structural coloration and ultraviolet protective fabrication on fabrics coated with SiO₂/TiO₂ multilayer films via a magnetron sputtering method. *Journal of Industrial Textiles*, 52(3), 15280837221114636. <https://doi.org/10.1177/15280837221114636>
16. Zhou, W., Zhang, Y.-y., & Shi, Y.-d. (2017). In situ loading TiO₂ and its photocatalysis and UV resistance on cotton fabric. *Fibers and Polymers*, 18(6), 1073–1078. <https://doi.org/10.1007/s12221-017-1055-3>
17. Sugirbaeva D., Dyussenbiyeva K.Zh. Razrabotka i issledovanie UF-zashchitnyh tekstil'nyh materialov [Development and research of UV-protective textile materials]. Vserossiyskaja nauchnaja konferenciya molodyh issledovatelej s mezhdunarodnym uchastiem «Innovacionnoe razvitie tehniki i tehnologij v promyshlennosti» (INTEKS-2025)», 17 aprelja 2025 g., s. 132-134.

МАЗМҰНЫ

Тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібінің технологиясы

<i>А.Б. Омарова, Ш.Б. Маликова, Ж. С.Сапарбекова</i> Азық-түлік қауіпсіздігін нығайту үшін үлкен деректер мен жасанды интеллектті пайдалану: технологиялық және құқықтық тәсілдер.....	5
<i>М.Б. Ибраева, Б.Б. Рысалова, А.Б. Сабырова, Г.Т. Жумашиова, З.Б. Сакипова, Ч.И. Ридванов, С.О. Орынбекова, О.В. Сермухамедова, А.М. Джакиянов, Ж.Ж. Туруспаева</i> Фитоөнімдер өндірісі үшін өсімдік фармацевтикалық субстанцияларын алу әдістемесін әзірлеу.....	15
<i>М.А. Адилбеков, А.А. Орманбекова, С.А. Абдукаримов, Ж.Е. Каратаева, З.А. Джумабекова</i> Тамақ өндірісіндегі кептіру кинетикасын математикалық модельдеу.....	26
<i>К. Ришав</i> Жекелендірілген метаболомика және биомаркерлерге негізделген үй жануарларының тамақтануы: жаңа зерттеулерге кешенді шолу.....	37
<i>А.А. Амантаева, Н.Б. Батырбаева, Ж. С. Алимкулов</i> Жем өндіруде майлы дақылдар қалдықтарын ұтымды пайдалану.....	43
<i>З.Н. Темиржанова, К.С. Исаева</i> Ешкі етінен стартерлік культуралар мен табиғи антиоксиданттарды пайдалана отырып ферменттелген өнім технологиясын әзірлеу.....	49
<i>С.У. Еркебаева, А.М. Тасполатова</i> Инфрақызыл кептіру жағдайында бақша дақылдарының физика- химиялық қасиеттерінің өзгерістерін зерттеу.....	58
<i>М.Р. Рахымбаева, Т.К. Кулажанов, А.И. Изтаев, М.А. Якияева, В.Я. Черных, Ш.А. Турсунбаева</i> Бидай сұрыптарының технологиялық потенциалын құрылымдық көрсеткіштері негізінде математикалық модельдер арқылы бағалау.....	68
<i>Г.Н. Нұрымхан, Е.К. Жиенбаева, А.И. Матибаева</i> Өскен дөңді дақылдарды пайдалану арқылы нанның технологиясын жасау.....	78
<i>А.К. Сүйчинов, Г.Е. Сыдыкова, З.Т. Смагулова, Е.Н. Мойсеева, Э.К. Окусханов, Г.Е. Жүзжасарова</i> Семей қаласындағы құс фабрикаларынан алынған құс ұшаларының химиялық құрамын және технологиялық қасиеттерін зерттеу.....	85
<i>М.А. Рахимова, Н.А. Тошходжаев</i> Фасоль концентраттарындағы токсиндік элементтердің құрамын бағалау және технологиялық өңдеудің олардың деңгейіне әсері.....	93
<i>Б. Тамир, А. Номин-Эрдэнэ, Б. Батчимэг</i> Вешенка саңырауқұлақтарымен байытылған чипсы дайындау технологиясын зерттеу.....	101
<i>А.Ж. Айтбаева, Р. С. Алибеков, М.К. Касымова, М.Ж. Кизатова, Ж.Б. Калдыбекова</i> Жүгері шашағы сығындысын зерттеу.....	110
<i>А.Б. Намысбаева, В.С. Жамурова, А.Т. Кожаберженов</i> Марал етін ICP-MS әдісімен элементтік және токсикологиялық талдау: тағам қауіпсіздігі стандарттарына сәйкестік.....	120
<i>Я.М. Узаков, М.Ә-А. Қалдарбекова, И.М. Чернуха, А.Н.Тортай, Ж.М. Медеубаева</i> Төмен құнды субөнімдер қолданылған пісірілген шұжықтың түстік көрсеткіштеріне өсімдік текті антиоксиданттың әсерін зерттеу.....	130
<i>Л. Н. Ибрагимова, Г.Б. Енсебаева, С.В. Швец, Р.З. Ибрагимова, Н.А. Ахрамов, А.А. Петренко, Р.З. Ибрагимов</i> Өсімдік және жануар тегінен шыққан сүт жүйелері: нутриенттік профилі және функционалды өнімдердің физиологиялық құндылығын қалыптастырудағы маңызы.....	139
<i>Н.О. Тусипов, Г.Б. Абдилова, Б.Б. Кабулов, А.Л. Касенов, Г.Н. Конарбаева</i> Жалғансұйылу қабатымен кептіргіш қондырғысының инженерлік есептеу әдістемесін әзірлеу.....	147

<i>М.М. Ташыбаева, А.К. Какимов, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев</i>	155
Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған жетілдірілген қондырғы.....	
<i>М.Б.Султанкул, Д.Б.Абдраимова, Д.А.Шанишарова, Б.Ж.Мұлдабекова</i>	
Жеміс-жидек шикізатының ұнды кондитер өнімдерінің технологиялық қасиеттеріне әсерін зерттеу.....	165

МАЗМҰНЫ

Тоқыма және киім технологиясы, дизайн

<i>Л.Т.Сарттарова, Н.А.Еген, М.Т.Калдыгулова</i>	
Аспаздардың денсаулық қауіпсіздігін арттыру мақсатында қорғаныс фартугының қасиеттерін зерттеу.....	176
<i>Г.Б. Арыстанова, Л.Т. Сарттарова, Н.А. Айыпканова</i>	
Оңтүстік және солтүстік өңірлердегі кадеттердің антропометриялық типологиясы мен жалпы білім беретін мектеп оқушыларының көрсеткіштерінің салыстырмалы талдауы.....	182
<i>И.Ш. Хахимжонов</i>	
Джинс матасы қалдықтарын пайдалана отырып жаңа тігін бұйымдарын жасау, экологиялық және технологиялық тәсіл.....	195
<i>А. Буркитбай, Қ.Ж. Қалдыбек, Б.Р. Таусарова, Е. Такей</i>	
Өсімдік текті антимикробтық компоненттер негізінде таңғыш материалдар әзірлеу.....	201
<i>Г.С. Токсабаева, Р. О. Жилисбаева, С.К. Киябаева</i>	
Инновациялық тәсілдер Қазақстан әйелдерінің типтік дене пішіндерін қалыптастыру арқылы тігін өнімдерінің сапасын арттыру.....	207
<i>К.Бектаев, Б.Абзалбекұлы, Е. Онем, Э.Е. Сарыбаева,</i>	
<i>Р.Ш.Мирзамуратова, Ф.Р.Таимухамедов, Ж.Г. Гафуров, Г.Т. Ораз</i>	
Табиғи бояулармен боялған текстиль материалдардың құрылымына микроскопиялық талдау	217
<i>К.Ж. Дюсенбиева, Д. Сугирбаева</i>	
Ультракүлгін сәулелерден қорғайтын текстиль материалдарын жасау және зерттеу.....	228

СОДЕРЖАНИЕ

Технология пещевой перерабатывающей промышленности

<i>А.Б. Омарова, Ш.Б. Маликова, Ж. С.Сапарбекова</i>	
Использование больших данных и искусственного интеллекта для укрепления продовольственной безопасности: технологические и правовые подходы.....	5
<i>М.Б. Ибраева, Б.Б. Рысалова, А.Б. Сабырова, Г.Т. Жумашова, З.Б. Сакипова, Ч.И. Ридванов, С.О. Орынбекова, О.В. Сермухамедова, А.М. Джакиянов, Ж.Ж. Туруспаева</i>	
Разработка методологии получения растительных фармацевтических субстанций для производства фитопродуктов.....	15
<i>М.А. Адилбеков, А.А. Орманбекова, С.А Абдукаримов, Ж.Е. Каратаева, З.А. Джумабекова</i>	
Математическое моделирование кинетики сушки в пищевой промышленности.....	26
<i>К. Ришав</i>	
Персонализированная метаболомика и питание, основанное на биомаркерах, у домашних животных: комплексный обзор новейших исследований.....	37
<i>А.А. Амантаева, Н.Б. Батырбаева, Ж.С. Алимкулов</i>	
Рациональное использование отходов масличных культур в кормопроизводстве.....	43
<i>З.Н. Темиржанова, К.С. Исаева</i>	
Разработка технологии ферментированного продукта из козятины с использованием стартерных культур и натуральных антиоксидантов.....	49
<i>С.У. Еркебаева, А.М. Тасполатова</i>	
Исследование изменений физико-химических свойств бахчевых культур в условиях инфракрасной сушки.....	58
<i>М.Р. Рахымбаева, А.И. Изтаев, М.А. Якияева, В.Я. Черных, Ш.А. Турсунбаева</i>	
Оценка технологического потенциала сортов пшеницы с использованием математических моделей на основе структурных показателей.....	68
<i>Г.Н. Нурымхан, Е.К.Жиенбаева, А.И.Матибаева</i>	
Технология производства хлеба с использованием проросшего зерна.....	78
<i>А.К. Суйчинов, Г.Е. Сыдыкова, З.Т. Смагулова, Е.Н. Мойсеева, Э.К. Окусханова, Г.Е. Жүзжасарова</i>	
Исследование химического состава и технологических свойств тушек птицы, полученных с птицефабрик города Семей	85
<i>М.А. Рахимова, Н.А. Тоиходжаев</i>	
Оценка содержания токсичных элементов в фасолевых концентратах и влияние технологической обработки на их уровень.....	93
<i>Б. Тамир, А. Номин-Эрдэнэ, Б. Батчимэг</i>	
Исследование технологии приготовления чипсов, обогащённых грибами вешенки.....	101
<i>А.Ж. Айтбаева, Р. С. Алибеков, М.К. Касымова, М.Ж. Кизатова, Ж.Б. Калдыбекова</i>	
Исследование экстракта кукурузных рылец.....	110
<i>А.Б. Намысбаева, В.С. Жамурова, А.Т. Кожабергенов</i>	
Элементный и токсикологический анализ мяса марала методом ICP-MS: соответствие стандартам пищевой безопасности.....	120
<i>Я.М. Узаков, М.А-А. Калдарбекова, И.М. Чернуха, А.Н.Тортай, Ж.М. Медеубаева</i>	
Исследование влияния растительного антиоксиданта на цветовые характеристики вареной колбасы с использованием малоценных субпродуктов	130
<i>Л. Н. Ибрагимова, Г.Б. Енсебаева, С.В. Швец, Р.З. Ибрагимова, Н.А. Ахрамов, А.А. Петренко, Р.З. Ибрагимов</i>	
Молочные системы растительного и животного происхождения: нутриентный профиль и значение для формирования физиологической ценности функциональных продуктов	139
<i>Н.О. Тусипов, Г.Б. Абдилова, Б.Б. Кабулов, А.Л. Касенов, Г.Н. Конарбаева</i>	
Разработка методики инженерного расчета сушильной установки в псевдоожиженном слое...	147

<i>М.М. Ташыбаева, А.К. Какимов, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев</i> Усовершенствованная установка для инкапсулирования пищевых продуктов.....	155
<i>М.Б. Султанкул, Д.Б. Абдраимова, Д.А. Шаниарова, Б.Ж. Мулдабекова</i> Исследование влияние фруктово-ягодного сырья на технологические свойства мучных кондитерских изделий.....	165

СОДЕРЖАНИЕ

Технология текстиля и одежды, дизайн

<i>Л.Т. Сарттарова, Н.А. Еген, М.Т. Калдыгулова</i> Исследование свойств защитного фартука с целью повышения безопасности труда поваров.	176
<i>Г.Б. Арыстанова, Л.Т. Сарттарова, Н.А. Аийыпканова</i> Антропометрическая типология кадетов южного и северного регионов РК в сравнении с учащимися общеобразовательных школ.....	182
<i>И.Ш. Хакимжонов</i> Использование отходов джинсовой ткани для создания новых швейных изделий, экологический и технологический подход.....	195
<i>А. Буркитбай, Қ.Ж. Қалдыбек, Б.Р. Таусарова, Е. Такей</i> Разработка перевязочных материалов с растительными антимикробными компонентами.....	201
<i>Г.С. Токсабаева, Р. О. Жилисбаева, С.К. Киябаева</i> Инновационные подходы к формированию типовых фигур женщин Казахстана для улучшения качества швейных изделий.....	207
<i>К.Бектаев, Б.Абзалбекұлы, Е. Онем, Э.Е. Сарыбаева, Р.Ш.Мирзамуратова, Ф.Р.Таимухамедов, Ж.Г. Гафуров, Г.Т. Ораз</i> Микроскопический анализ структур текстильных материалов, окрашенных природными красителями.....	217
<i>К.Ж. Дюсенбиева, Д. Сугирбаева</i> Разработка и исследование текстильных материалов с защитой от ультрафиолета.....	228

CONTENTS

Food and processing industry technology

<i>A.B. Omarova, SH.B. Malikova, ZH. Saparbekova</i> Using big data and artificial intelligence to strengthen food security: technological and legal approaches.....	5
<i>M.B. Ibrayeva, B.B. Ryssalova, A.B. Sabyrova, G.T. Zhumashova, Z.B. Sakipov, Ch.I. Ridvanov, S.O. Orynbekova, O.V. Sermukhamedova, A.M. Jakiyanov, Zh.Zh. Turuspayeva</i> Development of a methodology for obtaining herbal pharmaceutical substances for the production of phytoproducts.....	15
<i>M.A. Adilbekov, A.A. Ormanbekova, S.A. Abdukarimov, Zh.Y. Karataeva, Z.A. Dzhumabekova</i> Mathematical modeling of drying kinetics in food production.....	26
<i>K. Rishav</i> Precision metabolomics and biomarker-driven nutrition in companion animals: a comprehensive review of emerging research.....	37
<i>A.A. Amantayeva, N.B. Batyrbayeva, Zh. S. Alimkulov</i> Rational use of oil crops waste in feed production.....	43
<i>Z.N. Temirzhanova, K.S. Issayeva</i> Development of a technology for fermented goat meat product using starter cultures and natural antioxidants.....	49
<i>S. U. Yerkebayeva, A.M. Taspolatova</i> Study of changes in physicochemical properties of melon crops under infrared drying conditions.....	58
<i>M.N. Rakhymbayeva, A.I. Iztayev, T.K. Kulazhanov, M.A. Yakiyaeva, V. Y. Chernykh, SH.A. Tursunbayeva</i> Assessment of the technological potential of wheat varieties using mathematical models based on structural indicators.....	68
<i>G.N. Nurymkhan, E.K. Zhienbaeva, A.I. Matibaeva</i> Technology of producing bread using sprouted grain.....	78
<i>A.K. Suichinov, G.E. Sydykova, Z.T. Smagulova, E.N. Moiseeva, E.K. Okuskhanova, G. E. Zhuzzhasarova</i> Study of the chemical composition and technological properties of poultry carcasses obtained from poultry farms in Semey city.....	85
<i>M.A. Rakhimova, N.A. Toshkhodzhaev</i> Assessment of toxic element content in bean concentrates and the influence of technological processing on their levels.....	93
<i>B. Tamir, A. Nomin-Erdeni, B. Batchimeg</i> Research of chips cooking technology, enriched with oven-grown mushrooms.....	101
<i>A.Zh. Aitbayeva, R.S. Alibekov, M.K. Kassymova, M.Zh. Kizatova, ZH.B. Kaldybekova</i> Research corn stigmas extract	110
<i>A.B. Namysbayeva, V.S. Zhamurova, A.T. Kozhabergenov</i> Elemental and toxicological characterization of maral meat by ICP-MS: compliance with food safety standards.....	120
<i>Ya.M. Uzakov, M.A-A. Kaldarbekova, I.M. Chernukha, A.N. Tortai, Zh.M. Medeubayeva</i> Investigation of the effect of plant antioxidants on the color characteristics of cooked sausage using low-value by-products.....	130
<i>L. N. Ibragimova, G.B. Ensebaeva, S.V. Shvets, R.Z. Ibragimova, N.A. Akhramov, A.A. Petrenko, R.Z. Ibragimov</i> Milk systems of plant and animal origin: nutrient profile and significance for forming the physiological value of functional products.....	139
<i>N.O. Tussipov, G.B. Abdilova, B.B. Kabulov, A.L. Kassenov, G.N. Konarbayeva</i> Development of an engineering calculation methodology for a fluidized bed drying unit.....	147
<i>M.M. Tashybayeva, A.K. Kakimov, G.A. Zhumadilova, A.B. Bakiyeva, A.M. Muratbayev</i>	155

Improved food encapsulation unit.....	
<i>M.B. Sultankul, D.B. Abdraimova, D.A. Shansharova, B.ZH. Muldabekova</i>	
Investigation of the effect of fruit and berry raw materials on the technological properties of flour-based confectionery products.....	165

CONTENTS

Textile and clothing technology. design

<i>L.T. Sarttarova, N.A. Yegen, M.T. Kaldygulova</i>	
Study the properties of a protective apron to enhance occupational health and safety of chefs.....	176
<i>G. Arystanova, L. Sarttarova, N. Aiiypkanova</i>	
Anthropometric typology of cadets from the southern and northern regions of the Republic of Kazakhstan in comparison with general education school students.....	182
<i>I. Sh. Khokimjonov</i>	
Utilization of denim fabric waste for creating new garments, ecological and technological approach.....	195
<i>A. Burkitbay, K.Zh. Kaldybek, B.R. Taussarova, Y.E. Takey</i>	
Development of dressing materials with plant-based antimicrobial components.....	201
<i>G.S. Toxabayeva, R.O. Zhilisbayeva, S.K. Kiyabaeva</i>	
Innovative approaches to the formation of standard female figures in Kazakhstan to improve the quality of garment products.....	207
<i>K. Bektayev, B. Abzalbekuly, E. Onem, E.E. Sarybayeva, R.Sh. Mirzamuratova</i>	
<i>F.R. Tashmuhamedov, J. Gofurov, G. Oraz</i>	
Microscopic analysis of the structures of textile materials dyed with natural dyes.....	217
<i>K.Zh. Dyussenbiyeva, D. Sugirbayeva</i>	
Development and research of textile materials with UV protection.....	228

Сдано в набор 15.12.2025. Подписано в печать 22.12.2025
Формат 60х84 1/18. Бумага офсетная. Печать RISO.
Объем 13,9 у.п.л. Тираж 50 экз. Заказ № 507

Отпечатано в издательском отделе АТУ
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100