

Olimjon T. Azizov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of «Functional Food Technology», Tashkent Chemical Technological Institute, Uzbekistan; e-mail: olimjonazizov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4483-423X>.

Elvira U. Mailybayeva – Senior Lecturer of the Department of Food Technology and Safety, M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan; e-mail: emu1204@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6322-4496>.

Uklim U. Tastemirova* – PhD, Associate Professor of the Department of Food Technology and Safety, M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan; e-mail: ib_tu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7078-0044>.

Zhanar S. Nabiyeva – PhD, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Safety, Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Поступила в редакцию 30.03.2026

Принята к публикации 26.05.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2\(22\)-53](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2(22)-53)



МРНТИ: 65.63.33

Д.Н. Туйгунов*, Ю.А. Синявский¹, Ж. Қалибекқызы², Е.Н. Омаров¹, А.Б. Бердығалиев³

¹Казахская академия питания,
050008, Республика Казахстан, г. Алматы, улица Клочкова, 66

²Шакарим университет,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка 20 А

³Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 94

*e-mail: dilyar117@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СУБЛИМИРОВАННОГО КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА И КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме пищевой биотехнологии – совершенствованию технологии получения сублимированного кобыльего молока и разработке на его основе кисломолочного напитка с длительным сроком хранения. Актуальность исследования обусловлена высокой пищевой и биологической ценностью кобыльего молока, содержащего легкоусвояемые белковые фракции, биологически активные компоненты и полиненасыщенные жирные кислоты. Вместе с тем повышенное содержание ненасыщенных липидов обуславливает чувствительность молочного жира к окислительным процессам в период хранения, что требует применения технологических способов стабилизации продукта.

В работе представлены технологические стадии получения сублимированного кобыльего молока, включающие предварительную пастеризацию, охлаждение, глубокое замораживание, первичную сушку в условиях вакуума и досушивание до достижения остаточной массовой доли влаги не более 5%. Проведен сравнительный анализ показателей безопасности, химического состава и пищевой ценности нативного и сублимированного кобыльего молока. Для повышения окислительной стабильности липидной фракции исследована возможность внесения природных антиоксидантов – дигидрокверцетина, α - и γ -токоферолов в технологически обоснованных концентрациях относительно массы жировой фракции молока. Полученные данные свидетельствуют, что применение дигидрокверцетина и γ -токоферола способствует замедлению накопления продуктов перекисного окисления липидов в процессе хранения сухого кобыльего молока. Наиболее выраженный стабилизирующий эффект был отмечен при использовании данных антиоксидантов в концентрации 2,0% от массы жировой фракции, что сопровождалось более низкими значениями перекисного числа по сравнению с контрольным образцом. На основе нативного и восстановленного сублимированного кобыльего молока разработан кисломолочный напиток, обогащенный витаминами А, Е и дигидрокверцетином. Использование антиоксидантного комплекса позволяет увеличить срок годности напитка до 25 суток, сохраняя его

©Д.Н. Туйгунов, Ю.А. Синявский¹, Ж. Қалибекқызы, Е.Н. Омаров, А.Б. Бердығалиев, 2026

органолептические свойства и пищевую ценность. Результаты исследования имеют практическое значение для разработки специализированных молочных продуктов на основе традиционного отечественного сырья и могут быть использованы при создании функциональных пищевых продуктов с повышенной устойчивостью к окислительным изменениям.

Ключевые слова: сублимационная сушка, кобылье молоко, антиоксиданты, дигидрохверцетин, токоферолы, срок хранения, перекисное число, кисломолочный напиток.

Введение

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса потребителей к специализированным и функциональным пищевым продуктам, обусловленный стремлением общества к укреплению здоровья, профилактике неинфекционных заболеваний и повышению качества жизни [1-3]. Особенно актуальна эта тенденция для стран с высоким уровнем урбанизации и изменившимися моделями питания, включая Республику Казахстан. Среди натуральных пищевых ингредиентов с учетом национальных и этнических особенностей питания, особый интерес представляет кобылье молоко благодаря уникальности его химического состава и выраженных функциональных свойств [4]. Широкое его использование независимо от сезона года требует разработки методов сохранности, качества и безопасности. В данном аспекте особый интерес представляет сублимационная сушка кобыльего молока, которая существенно увеличивает сроки хранения кобыльего молока и позволяет использовать его независимо от времени года, сохранив высокие органолептические и физико-химические характеристики [5, 6].

Однако, несмотря на очевидные преимущества сублимационной сушки, сохраняется проблема окислительной порчи липидной фракции молока в процессе длительного хранения [7]. Высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), обуславливающих функциональные свойства кобыльего молока, одновременно повышает его подверженность перекисному окислению, что приводит к накоплению токсичных продуктов липопероксидации, ухудшению органолептических показателей и снижению пищевой ценности [8]. В этой связи актуальной задачей является поиск эффективных и безопасных способов ингибирования окислительных процессов в сублимированном кобыльем молоке.

Перспективным направлением решения данной проблемы представляется обогащение молока на этапе сушки природными антиоксидантами, способствующими замедлению реакций свободнорадикального окисления. Особый интерес в данном вопросе вызывают токоферолы, проявляющие как витаминную, так и антиоксидантную активность, а также дигидрохверцетин – флавоноид с выраженными общеукрепляющими, антиоксидантными и иммуностимулирующими свойствами [9-11].

Стабилизация липидной фракции сублимированного кобыльего молока с использованием комплекса природных антиоксидантов открывает перспективы для его дальнейшей переработки в продукты с длительными сроками хранения. Традиционные кисломолочные напитки на основе кобыльего молока, несмотря на высокую биологическую ценность, характеризуются ограниченными сроками хранения (5-15 суток), что существенно затрудняет их транспортировку и реализацию в отдаленных регионах.

Учитывая вышеизложенное, целью настоящего исследования явилось совершенствование технологии получения сублимированного кобыльего молока, стабилизированного комплексом природных антиоксидантов, и создание на его основе функционального кисломолочного напитка.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования использовались образцы нативного и сухого кобыльего молока, полученные методом сублимационной сушки, а также разработанный кисломолочный напиток на их основе:

В работе использовали:

- Молоко кобылье натуральное по ГОСТ 34851-2022;
- Молоко кобылье сухое по СТ РК 3270-2018;
- Сухие культуры молочнокислых бактерий по ГОСТ 33951-2016;
- Альфа-токоферол по действующей нормативной документации;
- Гамма-токоферол по действующей нормативной документации;
- Дигидрохверцетин по действующей нормативной документации.

Получение сублимированного кобыльего молока предусматривало последовательную термическую и криогенную обработку сырья, лиофилизацию и последующую оценку стабильности продукта при хранении. Нативное молоко подвергали пастеризации, после чего охлаждали и замораживали при температуре -25°C в течение 2 часов. Замороженное сырье направляли на первичную сублимационную сушку, проводимую при температуре -40°C и остаточном давлении 60 Па в течение 15 часов. Досушивание осуществляли в диапазоне температур $37-42^{\circ}\text{C}$ с целью удаления связанной влаги до достижения остаточной массовой доли влаги не более 5%. Готовый порошок расфасовывали под вакуумом и хранили в течение 6 месяцев.

На этапе подготовки к сушке в молоко с массовой долей жира 1,92% вносили антиоксиданты (дигидрокверцетин, α - и γ -токоферол) в концентрациях 0,5; 1,0 и 2,0% от массы молочного жира, что эквивалентно внесению 9,6, 19,2 и 38,4 мг указанных соединений на 100 г нативного молока соответственно. В качестве контроля использовали образцы, высушенные без добавления антиоксидантов.

Учитывая, что избыточное внесение антиоксидантов может оказывать влияние на органолептические показатели и в отдельных условиях проявлять прооксидантный эффект, оценку эффективности проводили с учетом динамики перекисного числа и органолептических характеристик продукта.

Оценку физико-химических и органолептических свойств, а также показателей безопасности кобыльего молока в зависимости от условий пастеризации, сушки и хранения проводили с использованием стандартизированных методик:

- Отбор проб проводили по ГОСТ 26809 и ГОСТ 13928;
- Определение массовой доли влаги – по ГОСТ 29246-91;
- Определение индекса растворимости – по ГОСТ 30305.4-95;
- Определение массовой доли жира – по ГОСТ 29247-91;
- Определение массовой доли белка – по ГОСТ 23327-98;
- Определение кислотности – по ГОСТ 30305.3-95;
- Определение содержания углеводов проводили по Р 4.1.1672-2003, р. III, п. 4. Метод Р 4.1.1672-03, «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище»;
- Определение золы – по ГОСТ 15113.8-77;
- Определение микробиологических показателей – по ГОСТ 9225-84; ГОСТ 31659-2012, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 30347-2016, ГОСТ 30705-2000, ГОСТ 32031-2012;

Оценку уровня Малонового диальдегида проводили по методу [12].

Антиоксидантную активность определяли титриметрическим перманганатным методом в водных и спиртовых экстрактах молока по методу [13].

Для получения кисломолочного напитка использовали нативное, а также восстановленное кобылье молоко, полученное из сублимированного порошка. Сбраживание проводили производственной закваской производства «Genesis» (Болгария), содержащей *Lactobacillus rhamnosus* и *Lactobacillus casei* в соотношении 1:1. Закваску вносили в количестве 3,5-4,5% от объема молока. На стадии ферментации дополнительно вводили комплекс антиоксидантов, включающий витамин А, Витамин Е и дигидрокверцетин. Содержание компонентов подбирали с учетом технологической совместимости, органолептической приемлемости и требований безопасности пищевой продукции.

Ферментацию проводили до достижения нормативных значений кислотности и формирования характерных органолептических свойств кисломолочного продукта. После завершения ферментации напиток охлаждали и хранили при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. Контроль качества осуществляли в динамике хранения до 25 суток.

Исследование органолептических характеристик сублимированного кобыльего молока и кисломолочного напитка на его основе проводили на базе лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов питания в ТОО «Казахская академия питания». Работу выполняли в соответствии с требованиями международного стандарта ГОСТ ISO 6658-2016 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство». Оценку осуществляли в специально оборудованном помещении, исключающем присутствие посторонних запахов. Определяли следующие показатели разработанных продуктов:

внешний вид, цвет, вкус и запах. Методы анализа включали визуальную оценку исследуемых образцов, а также дегустационный анализ

Исследования проводили в трехкратной повторности. Результаты представлены в виде средней арифметической величины и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Статистическую обработку данных осуществляли с использованием методов вариационной статистики. Различия между контрольными и опытными образцами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение научных результатов

Сублимационная сушка является одним из наиболее щадящих методов обезвоживания пищевого сырья, поскольку удаление влаги происходит из замороженного состояния в условиях пониженного давления. Это особенно важно для кобыльего молока, содержащего термолабильные биоактивные компоненты и ненасыщенные липиды.

Предварительное замораживание молока обеспечивало подготовку продукта к стадии первичной сушки. Последующая лиофилизация позволяла удалить основную часть влаги без интенсивного теплового воздействия на продукт. Вторичное досушивание при температуре $37-42^{\circ}\text{C}$ способствовало снижению остаточной влажности до нормативного уровня.

В таблице 1 представлены данные по химическому составу и показателям безопасности сублимированного кобыльего молока, полученного с использованием вакуумной упаковки, в сравнении с соответствующими показателями нативного молока до сушки.

Как видно из данных, представленных в таблице 1, при сублимационной сушке кобыльего молока максимально сохраняются его не только органолептические, но и физико-химические показатели. Установлено, что сублимационная сушка позволяет получить сухое кобылье молоко с остаточной массовой долей влаги 2,64%, что соответствует требованиям нормативной документации. Индекс растворимости составил 0,1 cm^3 сырого осадка, что указывает на хорошую способность порошка к восстановлению.

После сушки массовая доля белка составила 17,52 г на 100 г продукта, жира – 15,4 г, углеводов – 63,05 г. Полученные значения соответствуют требованиям, предъявляемым к сухому кобыльему молоку согласно действующей нормативной документации. Показатели безопасности находились в допустимых пределах: антибиотики, патогенные микроорганизмы, пестициды и радионуклиды не обнаружены. Следует подчеркнуть, что в настоящем исследовании оценивались основные показатели пищевой ценности и безопасности. Для расширенной характеристики биологической ценности продукта в дальнейших исследованиях целесообразно дополнительно определить аминокислотный профиль, витаминный состав и содержание отдельных макро- и микроэлементов.

Скорость окислительных процессов оказывает прямое влияние на продолжительность хранения пищевых продуктов. Данный процесс заключается в окислении липидов под воздействием атмосферного кислорода, сопровождающегося образованием короткоцепочечных альдегидов и кислот, а также гидролитическим расщеплением, катализируемым микроорганизмами. Следствием этих реакций является существенное ухудшение органолептических и физико-химических характеристик продукта, что приводит к сокращению сроков его годности.

Для ингибирования окислительной порчи жиров (стабилизации) применяются антиоксиданты (антиокислители). В качестве ингибиторов окислительных процессов использовали α -токоферол, γ -токоферол и дигидрокверцетин, вносимые на этапе сублимационной сушки в различных концентрациях.

Среди токоферолов, оказывающих положительное влияние как на пищевые продукты, так и на организм человека, наибольшей антиоксидантной активностью обладает δ -токоферол, тогда как α -токоферол проявляют максимальную витаминную, но минимальную антиокислительную активность. При повышенных концентрациях жира, антиоксидантный эффект может сменяться прооксидантным действием. Кроме того, имеются данные о потенциальных негативных последствиях для здоровья при избыточном поступлении этих соединений [14].

Таблица 1 – Химический состав, показатели безопасности нативного и сухого кобыльего молока полученного с помощью метода сублимационной сушки

Наименование показателей, единицы измерений	Допустимые нормы по НД	До сушки	После сушки
Антибиотики, мг/кг:			
Левомецитин	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Пенициллин	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Стрептомицин	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Тетрациклиновая гр.	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Токсические элементы, мг/кг, не более:			
Свинец	0,02	0,001	0,015
Кадмий	0,02	0,0001	0,001
Мышьяк	0,05	Не обнаружено	Не обнаружено
Ртуть	0,005	Не обнаружено	Не обнаружено
Меламин, мг/кг	Менее 1	Не обнаружено	Не обнаружено
Микробиологические показатели:			
КМАФАМ, КОЕ/см ³ , не более	2,5х10 ⁴	<1,5х10 ²	<1,5х10 ²
БГКП (колиформы) в 1,0 см ³	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>S. aureus</i> , в 1,0 см ³	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные м-мы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/см ³ , не более	100	<10	<10
Дрожжи, КОЕ/см ³ , не более	50	<10	<10
Пестициды, мг/кг, не более:			
ГХЦН (α-, β-, γ-изомеры)	1,25	Не обнаружено	Не обнаружено
ДДТ и его метаболиты	1,0	Не обнаружено	Не обнаружено
Радионуклиды, Бк/кг, не более:			
Цезий-137	500	Не обнаружено	Не обнаружено
Стронций-90	200	Не обнаружено	Не обнаружено
Органолептические показатели:			
Внешний вид	ГОСТ Р 52973-2008 ГОСТ Р 52975-2008	Белая жидкость, с голубоватым оттенком	Однородный порошок
Консистенция	ГОСТ Р 52973-2008 ГОСТ Р 52975-2008	Однородная жидкость, без осадка и хлопьев	Мелкий сухой порошок
Вкус и запах	Свойственные кобыльему молоку	Свойственные свежему кобыльему молоку	Свойственные сухому кобыльему молоку
Физико-химические показатели:			
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка (для сухого молока)	Не более 0,2	-	0,1
Кислотность, Т°	Не более 6Т°	4,2	4,5
Массовая доля белка %	для сухого не менее 16,0 для свежего не менее 2,0	2,19±0,23	17,52±1,70
Массовая доля жира %	Не менее 1,0	1,92±0,19	15,4±1,5
Массовая доля углеводов %	Для сухого не менее 58,0 Для свежего не менее 5,8	7,88±0,69	63,05±6,30
Массовая доля влаги %	Не более 5	Не нормируется	2,64±0,10
Энергетическая ценность, ккал/кДж/100гр продукта	Не нормируется	57/236	461/1929

Мощным природным антиоксидантом также является дигидрокверцетин (таксифолин), который относится к биофлавоноидам с Р-витаминной активностью. Дигидрокверцетин обладает антиоксидантным, радиопротекторным, мембранопротекторным, гиполипидемическим, противовоспалительным, гепатопротекторным, иммуномодулирующим действием.

Дигидрокверцетин, α -токоферол и γ -токоферол при использовании в регламентированных дозировках являются безопасными. Данные пищевые добавки согласно ТР ТС 029/2012 разрешены к использованию в пищевых продуктах.

Величина перекисного числа характеризует сохранность и сроки хранения продуктов и, безусловно, зависит от условий его хранения. Результаты исследования выявили неоднозначное ингибирование окислительных процессов в молочном жире. Контрольные образцы сухого молока (без антиокислителей) по истечении 6 месяцев хранения достигли предельных значений окислительной порчи, соответствующих окончанию срока годности. Наибольшая антиоксидантная активность наблюдалась при применении дигидрокверцетина и γ -токоферола в концентрации 2% от массы жира. При этом образец с добавлением α -токоферола продемонстрировал менее выраженный ингибирующий эффект (табл. 2).

Таблица 2 – Изменение перекисного числа в молочном жире в зависимости от используемого антиоксиданта и сроков хранения ($M \pm m$)

Антиоксидант / концентрация по отношению к жиру	Перекисное число, мкмоль активного кислорода/кг жира		
	Исходный продукт	После 3 месяцев хранения (мкмоль активного кислорода/кг жира)	После 6 месяцев хранения
Дигидрокверцетин			
0,5% (9,6 мг)	1,8 $\pm$ 0,05	2,3 $\pm$ 0,08	2,7 $\pm$ 0,04
1,0% (19,2 мг)	1,7 $\pm$ 0,09	2,2 $\pm$ 0,04	2,5 $\pm$ 0,09
2,0% (38,4 мг)	1,8 $\pm$ 0,06	2,0 $\pm$ 0,05	2,3 $\pm$ 0,06
γ-токоферол			
0,5% (9,6 мг)	1,8 $\pm$ 0,05	2,4 $\pm$ 0,09	2,8 $\pm$ 0,08
1,0% (19,2 мг)	1,8 $\pm$ 0,04	2,2 $\pm$ 0,07	2,6 $\pm$ 0,06
2,0% (38,4 мг)	1,7 $\pm$ 0,08	2,1 $\pm$ 0,07	2,4 $\pm$ 0,02
α-токоферол			
0,5% (9,6 мг)	1,7 $\pm$ 0,07	2,6 $\pm$ 0,07	3,2 $\pm$ 0,04
1,0% (19,2 мг)	1,8 $\pm$ 0,06	2,4 $\pm$ 0,09	3,0 $\pm$ 0,05
2,0% (38,4 мг)	1,8 $\pm$ 0,05	2,3 $\pm$ 0,06	2,9 $\pm$ 0,08
Сухое молоко без консервантов	1,7 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,08	3,9 $\pm$ 0,04

В контрольном образце без антиоксидантов перекисное число за 6 месяцев хранения увеличилось с 1,7 до 3,9 мкмоль активного кислорода/кг жира. Это свидетельствует об интенсивном накоплении первичных продуктов окисления липидов.

Внесение антиоксидантов замедляло рост перекисного числа. Наиболее выраженный эффект был отмечен при использовании дигидрокверцетина в концентрации 2,0% от массы жировой фракции (38,4 мг на 100 г нативного молока): после 6 месяцев хранения перекисное число составило 2,3 мкмоль активного кислорода/кг жира. Близкие результаты были получены при внесении γ -токоферола в концентрации 2,0%, при котором показатель составил 2,4 мкмоль активного кислорода/кг жира. Менее выраженный эффект наблюдался при использовании α -токоферола. Даже при концентрации 2,0% от массы жира перекисное число через 6 месяцев хранения составляло 2,9 мкмоль активного кислорода/кг жира, что выше аналогичных значений для дигидрокверцетина и γ -токоферола.

Наряду с оценкой перекисного числа в молочном жире было проведено определение уровня малонового диальдегида (МДА) – ключевого промежуточного продукта перекисного окисления липидов (ПОЛ) – в сухом молоке в зависимости от концентрации вносимых антиоксидантов и сроков хранения. Уровень МДА в сухом молоке по мере хранения увеличивался, но, тем не менее, антиоксидант оказывал выраженное защитное антиокислительное действие и способствовал достоверному снижению уровня МДА. Наименьшее содержание МДА как после трех, так и после шести месяцев хранения наблюдалось при введении дигидрокверцетина в концентрации 2,0%.

Проведенный сравнительный анализ показал, что в контрольном образце (без антиоксидантов) уровень МДА за 6 месяцев хранения возрос более чем в 11 раз, достигая предельно допустимых значений. Это свидетельствует о том, что срок хранения сухого молока без применения антиокислителей не превышает шести месяцев. В то же время, при добавлении дигидрохверцетина (38,4 мг на 100 г нативного молока) концентрация МДА оказалась в 3 раза ниже, чем в исходном образце, что подтверждает выраженный антиоксидантный эффект данного соединения.

При использовании α - и γ -токоферола также были получены данные свидетельствующие о замедлении накопления продуктов ПОЛ в сухом кобыльем молоке. Так, при их добавлении в концентрации 2,0% от массы жира, содержание малонового диальдегида через 6 месяцев хранения оказалось в 3 и 4 раза ниже (соответственно для α - и γ -форм), чем в контрольном образце. Применение дигидрохверцетина способствовало снижению общей антиоксидантной активности при хранении. Наилучшие показатели при этом наблюдаются при использовании дигидрохверцетина в количестве 2,0% от массы жира.

На основе нативного и восстановленного сублимированного кобыльего молока был разработан кисломолочный напиток, обогащенный витамином А, витамином Е и дигидрохверцетином. Использование антиоксидантного комплекса было направлено на повышение устойчивости липидной фракции к окислительным изменениям в процессе хранения, а также повышения биологической ценности продукта.

Состав напитка включает следующие ингредиенты:

Закваска производственная с видовым составом *Lactobacillus rhamnosus* и *Lactobacillus casei* (в соотношении 1:1) – 3,5-4,5 г

Витамин А – 1,0-1,1 мг

Витамин Е – 8-8,5 мг

Дигидрохверцетин – 20,0-22,0 мг

Молоко кобылье сырое – остальное до 100%.

Для приготовления напитка можно использовать как нативное, так и восстановленное после сублимационной сушки кобылье молоко, которое предварительно в процессе высушивания обогащается вышеуказанным антиоксидантным комплексом.

По своему составу напиток на основе нативного и сухого кобыльего молока характеризуется сбалансированным содержанием биоактивных соединений, вследствие присутствия в нем таких важных антиоксидантов, как Витамин А – 1,0 мг; Витамин Е – 8 мг; Дигидрохверцетин – 20,0 мг.

Для оценки влияния вносимого антиоксидантного комплекса (витамин А, витамин Е, дигидрохверцетин) на потребительские характеристики продукта, а также для подтверждения стабильности органолептических свойств в процессе хранения, был проведен органолептический анализ образцов кисломолочного напитка. Оценку осуществляли в динамике на 1-е, 15-е и 25-е сутки хранения при температуре $4\pm 2^\circ\text{C}$ по пятибалльной шкале, руководствуясь ГОСТ ISO 6658-2016. Результаты исследования органолептических свойств приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Органолептическая оценка кисломолочного напитка на основе кобыльего молока в процессе хранения ($M\pm m$)

Наименование показателей	Характеристика образца	Сроки хранения, сутки		
		1-е сутки	15-е сутки	25-е сутки
Внешний вид	Однородная жидкость, без осадка	4,9 $\pm$ 0,1	4,8 $\pm$ 0,1	4,6 $\pm$ 0,2
Консистенция	В меру вязкая, однородная	4,8 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,2	4,5 $\pm$ 0,2
Цвет	Молочно-белый, равномерный	4,9 $\pm$ 0,1	4,8 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1
Вкус	Чистый, кисломолочный, без горечи	4,8 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,2	4,5 $\pm$ 0,2
Запах	Характерный кисломолочный, без посторонних запахов	4,8 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,2	4,6 $\pm$ 0,2
Итоговая оценка		4,8 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1	4,6 $\pm$ 0,1

Образцы оценивались по 5-балльной шкале: 5 – отличное качество, 4 – хорошее, 3 – удовлетворительное, 2 – неудовлетворительное, 1 – неприемлемое.

Введение природных антиоксидантов не оказало негативного влияния на органолептические свойства готового напитка. На 1-е сутки хранения итоговая средняя оценка составила 4,8 балла, что соответствует категории высоким органолептическим характеристикам продукта. В течение всего заявленного срока годности (25 суток) продукт сохранял высокие потребительские характеристики: итоговая оценка на 25-е сутки составила 4,6 балла. Не отмечались появления посторонних привкусов, горечи, осадка или расслоения, что подтверждает как совместимость антиоксидантного комплекса с молочной основой, так и его эффективность в предотвращении окислительной порчи, неизбежно отражающейся на сенсорных свойствах продукта. Таким образом, разработанный напиток по органолептическим характеристикам полностью соответствует предъявляемым к кисломолочным продуктам требованиям и сохраняет свои свойства на протяжении всего заявленного срока хранения.

Наряду с оценкой окислительной стабильности липидной фракции, принципиальное значение для подтверждения заявленного срока годности напитка имеет изучение его микробиологических показателей в динамике хранения при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. Результаты микробиологического анализа разработанного кисломолочного напитка представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Микробиологические показатели кисломолочного напитка в процессе хранения ($M\pm m$)

Наименование показателей	Допустимые нормы по НД	Сроки хранения, сутки		
		1-е сутки	15-е сутки	25-е сутки
КМАФАнМ, КОЕ/см ³ , не более	2,5x10 ⁴	<3x10 ²	<5x10 ²	<5x10 ²
БГКП (колиформы) в 1,0 см ³	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>S.aureus</i> , в 1,0 см ³	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные м-мы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/см ³ , не более	100	<10	<10	<10
Дрожжи, КОЕ/см ³ , не более	50	<10	15 $\pm$ 3	24 $\pm$ 5

КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов; *КОЕ* – колониеобразующие единицы; *НД* – нормативная документация; *БГКП* – бактерии группы кишечных палочек (колиформные бактерии).

Условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, включая БГКП, *S. aureus* и сальмонеллы, не были обнаружены ни в одном из исследуемых образцов. Отмечалась незначительная тенденция к росту количества дрожжей к 25-м суткам, однако их уровень оставался существенно ниже допустимых пределов, установленных в нормативной документации. Результаты исследования подтверждают возможность хранения разработанного напитка в течение 25 суток при соблюдении температурного режима $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ без потери микробиологической безопасности.

При этом установлено, что по истечении 25 суток значение перекисного числа в исследуемом напитке было на 45% ниже, чем в контрольном образце, что свидетельствовало об уменьшении процессов окисления жира, по сравнению продуктами, в частности с кумысом не обогащенным данным комплексом антиоксидантов. Отмечалось также снижение накопление конечных и промежуточных продуктов перекисного окисления липидов (основания Шиффа и малоновый диальдегид) через 25 дней хранения напитка на основе кобыльего молока на 36,54 и 48,30% соответственно по сравнению с прототипом.

Заключение

В ходе проведенного исследования научно обоснованы и экспериментально подтверждены оптимальные параметры сублимационной сушки кобыльего молока, обеспечивающие максимальную сохранность его нативных свойств, пищевой и биологической ценности. Доказана эффективность применения комплекса природных антиоксидантов (дигидрокверцетин, α - и γ -токоферол) для ингибирования окислительной порчи липидной фракции, что позволяет существенно повысить стабильность сублимированного продукта в процессе хранения. Также на основе разработанной технологии

создан новый кисломолочный напиток, обогащенный витаминами А, Е и дигидрокверцетином. Продукт характеризуется продолжительным сроком годности (до 25 суток), высокими органолептическими показателями и антиоксидантной активностью.

Список литературы

1. Consumer trends and attitudes to functional foods / C. Karelakis et al // *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*. – 2020. – Vol. 32, Issue. 3. – P. 266-294. <https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599760>.
2. Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review / M.T. Baker et al // *International journal of environmental research and public health*. – 2022. – Vol. 19, Issue. 3. – P. 1217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>.
3. Белякова Н.И. Достижения и перспективы разработки продуктов функционального и специализированного назначения / Н.И. Белякова, В.В. Шилов, А.А. Журня // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 30-36. [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2\(52\)-30-36](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2(52)-30-36).
4. Создание нового специализированного продукта на основе кобыльего молока для профилактики обменно-алиментарных нарушений / Ш.Н. Толекова и др. // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – 2019. – Т. 80, № 3. – С. 58-67. <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b6>.
5. Cais-Sokolińska D. Foaming and other functional properties of freeze-dried mare's milk / D. Cais-Sokolińska, J. Teichert, J. Gawalek // *Foods*. – 2023. – Vol. 12, Issue 11. – P. 2274. <https://doi.org/10.3390/foods12112274>.
6. Modeling of freeze-drying of mare's milk taking into account cracks / T. Bekibayev et al // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. – 2025. – Vol. 167. – P. 109375. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2025.109375>.
7. Freezing as a solution to preserve the quality of dairy products: The case of milk, curds and cheese/ M. Alinovi et al // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2021. – Vol. 61, Issue 20. – P. 3340-3360. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1798348>.
8. Blanco-Doval A. Nutritional quality and socio-ecological benefits of mare milk produced under Grazing Management / A. Blanco-Doval, L.J.R. Barron, N. Aldai // *Foods*. – 2024. – Vol. 13, Issue 9. – P. 1412. <https://doi.org/10.3390/foods13091412>.
9. Tocopherols as antioxidants in lipid-based systems: The combination of chemical and physicochemical interactions determines their efficiency / N. Barouh et al // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2022. – Vol. 21, Issue 1. – P. 642-688. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12867>.
10. Review article vitamin E: a multi-functional ingredient for health enhancement and food preservation / C.C. Chu et al // *Journal of Food Measurement and Characterization*. – 2023. – Vol. 17, Issue 6. – P. 6144-6156. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02042-z>.
11. Antioxidant and antimicrobial properties of dihydroquercetin esters / H.J. An et al // *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2022. – Vol. 58. – P. e190800. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e190800>.
12. Гаврилов В.Б. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови / В.Б. Гаврилов, М.И. Мишкорудная // *Лабораторное дело*. – 1983. – № 3. – С.33-36.
13. Соколова М.А. Воздействие пастеризации на антиокислительную активность молока / М.А. Соколова, В.Е. Высокогорский, О.Н. Лазарева // *Теория и практика современной аграрной науки*. – 2020. – С. 458-460.
14. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (ANS). Scientific Opinion on the re-evaluation of tocopherol-rich extract (E 306), α-tocopherol (E 307), γ-tocopherol (E 308) and δ-tocopherol (E 309) as food additives // *EFSA Journal*. – 2015. – Vol. 13, Issue 9. – P. 4247.

References

1. Consumer trends and attitudes to functional foods / C. Karelakis et al // *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*. – 2020. – Vol. 32, Issue. 3. – P. 266-294. <https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599760>. (In English).
2. Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review / M.T. Baker et al // *International journal of environmental research and public health*. – 2022. – Vol. 19, Issue. 3. – P. 1217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>. (In English).

3. Belyakova N.I. Dostizheniya i perspektivy razrabotki produktov funktsional'nogo i spetsializirovannogo naznacheniya / N.I. Belyakova, V.V. Shilov, A.A. Zhurnya // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii. – 2021. – T. 14, № 2. – S. 30-36. [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2\(52\)-30-36](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2(52)-30-36). (In Russian).
4. Sozdanie novogo spetsializirovannogo produkta na osnove kobylyego moloka dlya profilaktiki obmenno-alimentarnykh narushenii / Sh.N. Tolekova i dr. // Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya. – 2019. – T. 80, № 3. – S. 58-67. <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b6>. (In Russian).
5. Cais-Sokolińska D. Foaming and other functional properties of freeze-dried mare's milk / D. Cais-Sokolińska, J. Teichert, J. Gawalek // Foods. – 2023. – Vol. 12, Issue 11. – P. 2274. <https://doi.org/10.3390/foods12112274>. (In English).
6. Modeling of freeze-drying of mare's milk taking into account cracks / T. Bekibayev et al // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2025. – Vol. 167. – P. 109375. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2025.109375>. (In English).
7. Freezing as a solution to preserve the quality of dairy products: The case of milk, curds and cheese/ M. Alinovi et al // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2021. – Vol. 61, Issue 20. – P. 3340-3360. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1798348>. (In English).
8. Blanco-Doval A. Nutritional quality and socio-ecological benefits of mare milk produced under Grazing Management / A. Blanco-Doval, L.J.R. Barron, N. Aldai // Foods. – 2024. – Vol. 13, Issue 9. – P. 1412. <https://doi.org/10.3390/foods13091412>. (In English).
9. Tocopherols as antioxidants in lipid – based systems: The combination of chemical and physicochemical interactions determines their efficiency / N. Barouh et al // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2022. – Vol. 21, Issue 1. – P. 642-688. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12867>. (In English).
10. Review article vitamin E: a multi-functional ingredient for health enhancement and food preservation / C.C. Chu et al // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2023. – Vol. 17, Issue 6. – P. 6144-6156. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02042-z>. (In English).
11. Antioxidant and antimicrobial properties of dihydroquercetin esters / H.J. An et al // Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2022. – Vol. 58. – P. e190800. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e190800>. (In English).
12. Gavrilov V.B. Spektrofotometricheskoe opredelenie sodержaniya gidroperekisei lipidov v plazme krovi / V.B. Gavrilov, M.I. Mishkorudnaya // Laboratornoe delo. – 1983. – № 3. – S.33-36. (In Russian).
13. Sokolova M.A. Vozdeistvie pasterizatsii na antiokislitel'nyuyu aktivnost' moloka / M.A. Sokolova, V.E. Vysokogorskii, O.N. Lazareva // Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki. – 2020. – S. 458-460. (In Russian).
14. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (ANS). Scientific Opinion on the re - evaluation of tocopherol - rich extract (E 306), α - tocopherol (E 307), γ - tocopherol (E 308) and δ - tocopherol (E 309) as food additives // EFSA Journal. – 2015. – Vol. 13, Issue 9. – P. 4247. (In English).

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках исследования, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR28713075 «Научные основы национальной политики здорового питания и продовольственной безопасности Казахстана, разработанные по результатам комплексных исследований пищевых продуктов и питания населения»).

Д.Н. Туйгунов^{*}, Ю.А. Синявский¹, Ж. Қалибекқызы², Е.Н. Омаров¹, А.Б. Бердығалиев³

¹Қазақ тағамтану академиясы,

050008, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Клочков көшесі, 66

²Шәкәрім университеті, 071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка көшесі, 20 А

³С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би көшесі, 94

*e-mail: dilyar117@gmail.com

СУБЛИМАЦИЯЛЫҚ КЕПТІРІЛГЕН БИЕ СҮТІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ҚЫШҚЫЛ СҮТТІ СУСЫН АЛУ

Мақала тағамдық биотехнологияның өзекті мәселесіне – сублимацияланған бие сүтін алу технологиясын жетілдіруге және оның негізінде сақтау мерзімі ұзақ ашытылған сүт сусынын әзірлеуге арналған. Зерттеудің өзектілігі жеңіл сіңірілетін ақуыз фракцияларын, биологиялық белсенді компоненттерді және полиқанықпаған май қышқылдарын қамтитын бие сүтінің жоғары тағамдық және биологиялық құндылығымен негізделеді. Сонымен бірге қанықпаған липидтердің жоғары мөлшері сақтау кезеңінде сүт майының тотығу үдерістеріне сезімталдығын арттырады, бұл өнімді тұрақтандырудың технологиялық тәсілдерін қолдануды қажет етеді.

Жұмыста сублимацияланған бие сүтін алудың технологиялық кезеңдері нақтыланды, олар алдын ала пастерлеуді, салқындатуды, терең мұздатуды, вакуум жағдайында бастапқы кептіруді және ылғалдың қалдық массалық үлесі 5%-дан аспайтын деңгейге жеткенге дейін қосымша кептіруді қамтиды. Балғын және сублимацияланған бие сүтінің қауіпсіздік көрсеткіштеріне, химиялық құрамына және тағамдық құндылығына салыстырмалы талдау жүргізілді. Липидтік фракцияның тотығуға тұрақтылығын арттыру мақсатында табиғи антиоксиданттарды — дигидрохверцетинді, α - және γ -токоферолдарды сүттің май фракциясының массасына қатысты технологиялық тұрғыдан негізделген концентрацияларда енгізу мүмкіндігі зерттелді. Алынған деректер дигидрохверцетин мен γ -токоферолды қолдану құрғақ бие сүтін сақтау барысында липидтердің асқын тотығу өнімдерінің жинақталуын баяулатуға ықпал ететінін көрсетеді. Ең айқын тұрақтандырушы әсер аталған антиоксиданттарды май фракциясы массасының 2,0% концентрациясында қолданған кезде байқалды, бұл бақылау үлгісімен салыстырғанда асқын тотығу санының төмен мәндерімен сипатталды. Балғын және қалпына келтірілген сублимацияланған бие сүтінің негізінде А және Е дәрумендерімен, сондай-ақ дигидрохверцетинмен байытылған ашытылған сүт сусыны әзірленді. Антиоксиданттық кешенді қолдану сусынның органолептикалық қасиеттері мен тағамдық құндылығын сақтай отырып, оның сақтау мерзімін 25 тәулікке дейін ұзартуға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері дәстүрлі отандық шикізат негізінде арнайы сүт өнімдерін әзірлеу үшін практикалық маңызға ие және тотығу өзгерістеріне тұрақтылығы жоғары функционалдық тағам өнімдерін жасау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: сублимациялық кептіру, бие сүті, антиоксиданттар, дигидрохверцетин, токоферолдар, сақтау мерзімі, асқын тотығу саны, ашытылған сүт сусыны.

D.N. Tuigunov*, Yu.A. Sinyavskiy¹, Zh. Kalibekkyzy², E.N. Omarov¹, A.B. Berdygaliyev³

¹Kazakh Academy of Nutrition,
050008, Republic of Kazakhstan, Almaty, 66, Klochkov Street

²Shakarim University,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20A, Glinka Street

³Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, 94, Tole Bi Street

*e-mail: dilyar117@gmail.com

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF FREEZE-DRIED MARE'S MILK AND FERMENTED MILK DRINKS BASED ON IT

The article addresses a topical issue in food biotechnology, namely the improvement of freeze-dried mare's milk production technology and the development of a fermented milk beverage with an extended shelf life based on this product. The relevance of the study is determined by the high nutritional and biological value of mare's milk, which contains highly digestible protein fractions, biologically active compounds, and polyunsaturated fatty acids. At the same time, the elevated content of unsaturated lipids makes milk fat susceptible to oxidative processes during storage, thereby necessitating the application of technological approaches aimed at product stabilization.

The study specifies the technological stages of freeze-dried mare's milk production, including preliminary pasteurization, cooling, deep freezing, primary drying under vacuum, and final drying until a residual moisture content of no more than 5% is achieved. A comparative analysis of safety parameters, chemical composition, and nutritional value of native and freeze-dried mare's milk was performed. To enhance the oxidative stability of the lipid fraction, the incorporation of natural antioxidants – dihydroquercetin, α -tocopherol, and γ -tocopherol – was investigated at technologically justified concentrations relative to the mass of the milk fat fraction. The results indicate that the use of dihydroquercetin and γ -tocopherol slows the accumulation of lipid peroxidation products during storage of dried mare's milk. The most pronounced stabilizing effect was observed when these antioxidants were applied at a concentration of 2.0% of the fat fraction mass, as evidenced by lower peroxide values compared with the control sample. Based on native and reconstituted freeze-dried mare's milk, a fermented milk beverage enriched with vitamins A and E and dihydroquercetin was developed. The use of the antioxidant complex makes it possible to extend the beverage shelf life to 25 days while preserving its organoleptic properties and nutritional value. The findings are of

practical significance for the development of specialized dairy products based on traditional domestic raw materials and may be used in the creation of functional food products with enhanced resistance to oxidative deterioration.

Key words: freeze-drying, mare's milk, antioxidants, dihydroquercetin, tocopherols, shelf life, peroxide value, fermented milk beverage.

Сведения об авторах

Дильяр Нурдунович Туйгунов* – магистр биотехнологии, научный сотрудник ТОО «Казахская академия питания», г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: dilyar117@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5548-6675>.

Юрий Александрович Синявский – доктор биологических наук, профессор, Вице-президент ТОО «Казахская академия питания», г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: sinyavskiy@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8006-9942>.

Жанар Қалибекқызы – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор, Шәкәрім университеті; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Ержан Нурланович Омаров – магистр экономики, научный сотрудник ТОО «Казахская академия питания», г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: yerzhan_omarov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3817-2489>.

Айдар Болатович Бердығалиев – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здравоохранения, Казахский национальный медицинский университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: berdaidar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3163-5135>.

Авторлар туралы мәліметтер

Дильяр Нурдунович Туйгунов* – биотехнология магистрі, «Қазақ тағамтану академиясы» ЖШС ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: dilyar117@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5548-6675>.

Юрий Александрович Синявский – биология ғылымдарының докторы, профессор, «Қазақ тағамтану академиясы» ЖШС Вице-президенті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: sinyavskiy@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8006-9942>.

Жанар Қалибекқызы – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Шәкәрім университеті; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Ержан Нурланович Омаров – экономика магистрі, «Қазақ тағамтану академиясы» ЖШС ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: yerzhan_omarov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3817-2489>.

Айдар Болатович Бердығалиев – медицина ғылымдарының кандидаты, «Қазақ ұлттық медицина университеті» КеАҚ қоғамдық денсаулық сақтау кафедрасының доценті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: berdaidar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3163-5135>.

Information about the authors

Dilyar Tuigunov* – Master of Biotechnology, Researcher at the Kazakh Academy of Nutrition LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: dilyar117@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5548-6675>.

Yuriy Sinyavskiy – Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-President of the Kazakh Academy of Nutrition LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: sinyavskiy@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8006-9942>.

Zhanar Kalibekkyzy – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Shakarim University; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Yerzhan Omarov – Master of Economics, Researcher at the Kazakh Academy of Nutrition LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: yerzhan_omarov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3817-2489>.

Aidar Berdygaliev – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Health at the Kazakh National Medical University NJSC, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: berdaidar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3163-5135>.

Поступила в редакцию 30.03.2026
Поступила после доработки 21.05.2026
Принята к публикации 28.05.2026