

РАЗРАБОТКА И ТЕХНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЯГКОГО МОРОЖЕНОГО НА ОСНОВЕ СУБЛИМИРОВАННОГО ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА С ОБЛЕПИХОЙ

¹А.Т. ИБРАИХАН *, ¹А.Б. АБУОВА , ²М.Ж. КИЗАТОВА 

⁽¹⁾ Международный инженерно-технологический университет, 050060, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект аль-Фараби 93г/5

⁽²⁾ НАО Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, 050012, Республика Казахстан, г. Алматы, улица Толе би 94)

Электронная почта автора-корреспондента: ibraikhan.akniet0195@mail.ru*

Настоящее исследование посвящено разработке и техно-функциональному анализу мягкого мороженого на основе сублимированного верблюжьего молока с добавлением концентрата облепихи. Целью работы являлось обоснование возможности использования сублимированного верблюжьего молока как гипоаллергенного сырья и оценка его влияния на технологические (структурная стабильность, устойчивость к таянию) и физико-химические характеристики низкотемпературного десерта. Методология исследования включала анализ жирнокислотного профиля, определение макро- и микроэлементного состава, а также оценку витаминного состава готового продукта с использованием инструментальных физико-химических методов анализа. Анализ жирнокислотного профиля показал преобладание насыщенных жирных кислот (78,6%), что обеспечивает высокую структурную стабильность продукта и повышенную устойчивость к таянию при эксплуатации, компенсируя особенности белковой матрицы верблюжьего молока, в частности, естественное отсутствие β -лактоглобулина — ключевого аллергена коровьего молока. Продукт обладает выраженной функциональной ценностью, так как подтвержден гипоаллергенный потенциал, а содержание витамина С составляет 634 мг/100 г (в тысячи раз превышает средние показатели для традиционных аналогов), благодаря синергии свойств верблюжьего молока и облепихи. Научная значимость работы заключается в расширении представлений о технологическом потенциале сублимированного верблюжьего молока в составе низкотемпературных десертов, а практическая значимость — в возможности применения полученных результатов при разработке функциональных продуктов специализированного питания. Вместе с тем выявлен выраженный дисбаланс макроэлементов: высокое содержание кальция (173,9 мг/100 г) и магния (88,0 мг/100 г) сопровождается резким дефицитом фосфора (15,0 мг/100 г) и калия (10,2 мг/100 г), а также отсутствием витамина D₃, что оказывает прямое влияние на функциональную ценность и физиологическую усвояемость продукта. Сделан вывод о необходимости обязательной технологической коррекции рецептуры путем введения калиевых фосфатов для восстановления физиологически приемлемого соотношения Са:Р и фортификации витамином D₃ для обеспечения максимальной биодоступности минералов. Впервые проведена комплексная техно-функциональная оценка мягкого мороженого на основе сублимированного верблюжьего молока с учетом структурных, нутритивных и функциональных показателей.

Ключевые слова: верблюжье молоко, мягкое мороженое, гипоаллергенность, функциональное питание, минеральный дисбаланс, сублимация.

СУБЛИМИРЛЕНГЕН ТҮЙЕ СҮТІ МЕН ТЕҢІЗ ШЫРҒАНАҒЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ЖҰМСАҚ БАЛМҰЗДАҚТЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕХНО-ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ТАЛДАУЫ

¹А.Т. ИБРАИХАН*, ¹А.Б. АБУОВА, ²М.Ж. КИЗАТОВА

⁽¹⁾ Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, 050060, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., аль-Фараби даңғылы 93г/5

⁽²⁾ С.Д. Асфендиярова атындағы «Қазақ ұлттық медицина университеті», 050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 94)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: ibraikhan.akniet0195@mail.ru*

Мақаладағы зерттеу сублимацияланған түйе сүті (ТС) негізіндегі жұмсақ балмұздақты әзірлеуге және техникалық-функционалдық талдауға арналған. Жұмыстың мақсаты – сублимацияланған түйе сүтін гипоаллергенді шикізат ретінде қолдану мүмкіндігін негіздеу және оның төмен температуралық десерттің технологиялық (құрылымдық тұрақтылық, еруге төзімділік) және физика-химиялық қасиеттеріне әсерін бағалау болды. Зерттеу әдістемесіне май қышқылдарының профилін талдау, макро- және микроэлементтік құрамды

анықтау, сондай-ақ дайын өнімнің витаминдік құрамын құралдық физика-химиялық әдістермен бағалау кірді. Май қышқылдарының профилін талдау барысында қаныққан май қышқылдарының үстемдігі анықталды (78,6%), бұл өнімнің жоғары құрылымдық тұрақтылығын және пайдалану кезінде еруге төзімділігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар түйе сүтінің ақуыздық матрицасының ерекшеліктерін, атап айтқанда, сиыр сүтінің негізгі аллергені – β -лактоглобулиннің табиғи болмауын өтейді. Өнім айқын функционалдық құндылыққа ие, себебі оның гипоаллергенді потенциалы расталды, ал С витаминінің мөлшері 634 мг/100 г құрайды (дәстүрлі аналогтармен салыстырғанда мыңдаған есе жоғары), бұл түйе сүті мен теңіз дәруменінің қасиеттерінің синергиясының нәтижесі. Зерттеудің ғылыми маңыздылығы сублимациялық түйе сүтінің төмен температуралық десерттер құрамындағы технологиялық әлеуеті туралы түсінікті кеңейтуде, ал практикалық маңыздылығы – алынған макроэлементтерде критикалық дисбаланс анықталды: кальцийдің жоғары мөлшері (173,9 мг/100 г) мен магнийдің (88,0 мг/100 г) болуы фосфордың (15,0 мг/100 г) және калийдің (10,2 мг/100 г) айқын жетіспеушілігімен қатар жүреді, сондай-ақ D₃ витаминінің болмауы өнімнің функционалдық құндылығына және физиологиялық сіңімділігіне тікелей әсер етеді. Осыған байланысты рецептураны міндетті түрде технологиялық түзетуді, физиологиялық тұрғыдан қолайлы Са:Р қатынасын қалпына келтіру үшін калий фосфаттарын енгізуді және минералдардың максималды биожетімділігін қамтамасыз ету үшін D₃ витаминімен фортификациялауды қажет деп санауға болады.

Негізгі сөздер: түйе сүті, жұмсақ балмұздақ, гипоаллергендік, функционалдық тамақтану, минералдық теңгерімсіздік, сублимация.

DEVELOPMENT AND TECHNO-FUNCTIONAL ANALYSIS OF SOFT ICE CREAM BASED ON FREEZE-DRIED CAMEL MILK WITH SEA BUCKTHORN

¹A.T. IBRAIKHAN*, ¹A.B. ABUOVA, ²M. ZH. KIZATOVA

(¹ International Engineering and Technological University, 050060, Republic of Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi Avenue 93g/5

² Asfendiyarov Kazakh National Medical University, 050000, Republic of Kazakhstan, Almaty, 94 Tole Bi Street)
Corresponding author's e-mail: ibraikhan.akniet0195@mail.ru*

This study focuses on the development and techno-functional evaluation of soft ice cream based on freeze-dried camel milk enriched with sea buckthorn concentrate. The aim was to substantiate the feasibility of using freeze-dried camel milk as a hypoallergenic raw material and to evaluate its influence on the technological (structural stability and melt resistance) and physicochemical properties of a low-temperature dessert. The research methodology included analysis of the fatty acid profile, determination of macro- and microelement composition, and assessment of vitamin content using instrumental physicochemical methods. The fatty acid profile analysis revealed a predominance of saturated fatty acids (78.6%), which contributes to improved structural stability and enhanced melt resistance. This effect compensates for the specific protein composition of camel milk, particularly the natural absence of β -lactoglobulin, a major allergen of cow's milk. The developed product demonstrated high functional potential: its hypoallergenic properties were confirmed, and the vitamin C content reached 634 mg/100 g, exceeding conventional analogues by several orders of magnitude due to the synergistic interaction between camel milk and sea buckthorn. The scientific significance of the study lies in expanding current understanding of the technological potential of freeze-dried camel milk in frozen dessert systems. The practical relevance is associated with the applicability of the obtained results in the development of functional and specialized nutrition products. At the same time, a pronounced imbalance in macroelement composition was identified. Elevated levels of calcium (173.9 mg/100 g) and magnesium (88.0 mg/100 g) were accompanied by critically low contents of phosphorus (15.0 mg/100 g) and potassium (10.2 mg/100 g), as well as the absence of vitamin D₃. These factors reduce mineral bioavailability and overall physiological value. Therefore, mandatory formulation correction was proposed through the introduction of potassium phosphates to restore a physiologically optimal Ca:P ratio and fortification with vitamin D₃ to enhance mineral absorption. For the first time, a comprehensive techno-functional assessment of soft ice cream based on freeze-dried camel milk was conducted, integrating structural, nutritional, and functional indicators.

Keywords: camel milk, soft ice cream, hypoallergenicity, functional nutrition, mineral imbalance, sublimation.

Введение

Современные тенденции в индустрии продуктов питания демонстрируют устойчивый

сдвиг в сторону специализированного и функционального питания [1]. Потребители активно ищут альтернативные источники сырья, которые бы

сочетали высокую пищевую ценность с пониженным содержанием жира, низким уровнем лактозы и отсутствием распространенных аллергенов. Этот спрос является ключевым фактором, определяющим рост рынка альтернативных десертов. Например, объем мирового рынка мороженого на растительной основе, который служит прямым конкурентом в сегменте безмолочных/альтернативных продуктов, оценивался в 732.6 млн долларов США в 2024 году, а прогнозируемый рост к 2034 году составит 1,1 млрд долларов США (CAGR 4.4%) [2].

В этом контексте верблюжье молоко (*Camelus dromedarius*) выступает как уникальный, нутритивно превосходящий кандидат, способный занять премиальную нишу [3, 5-7]. Оно традиционно использовалось в странах Азии, Африки и Ближнего Востока, однако его распространение сдерживалось логистическими ограничениями, связанными с быстрой порчей жидкого продукта [8].

Технологическим решением, позволяющим вывести верблюжье молоко на глобальный рынок, является вакуум-сублимационная сушка (лиофилизация). Этот метод консервации считается наиболее щадящим, поскольку он позволяет сохранить до 98% питательных веществ, витаминов и, что критически важно, оригинальные функциональные свойства сырья [9]. Переход на сублимированное сухое сырье решает проблемы транспортировки и хранения, делая молоко верблюда доступным для использования в сложных многокомпонентных пищевых системах, таких как мягкое мороженое. Более того, успешный опыт использования сухого верблюжьего молока в производстве премиальных кондитерских изделий, например, шоколада, подтверждает технологическую применимость порошка в десертах, где высокое содержание воды нежелательно.

Верблюжье молоко отличается от коровьего молока не только более низким содержанием жира и лактозы, но и уникальным белковым и микронутриентным профилем.

Ключевым научным обоснованием применения верблюжьего молока в специализированном питании является его гипоаллергенный потенциал [4, 6]. Верблюжье молоко естественным образом лишено β -лактоглобулина (β -Lg), который является основным белком сыворотки в кобыльем молоке и главным аллергеном, вызывающим IgE-опосредованные аллергические реакции у людей, особенно у детей [6]. Отсутствие β -Lg делает верблюжье молоко подходящим заменителем для людей с

непереносимостью традиционных молочных белков. Кроме того, белковый профиль ВМ, особенно высокое содержание β -казеина, имеет сходство с человеческим грудным молоком, что дополнительно повышает его диетическую ценность.

Верблюжье молоко характеризуется высоким содержанием защитных белков. Сывороточная фракция верблюжьего молока включает повышенные концентрации иммуноглобулинов (IgG), лактоферрина (Lf) и лизоцима, которые обладают доказанными антимикробными, иммуномодулирующими и антиоксидантными свойствами [5]. Важно отметить, что эти защитные белки верблюжьего молока известны своей большей термостабильностью по сравнению с аналогичными компонентами кобыльего молока.

Применение вакуум-сублимационной сушки в данном исследовании обусловлено необходимостью сохранения этих термолабильных биоактивных компонентов, включая высокую концентрацию витамина С, присущую верблюжьему молоку. Поскольку сублимация является самым щадящим методом, она позволяет минимизировать денатурацию сывороточных белков и сохранить максимальную функциональность готового порошка [11]. Таким образом, использование сублимата верблюжьего молока обеспечивает максимальное сохранение функциональной ценности, что очень важно для позиционирования мягкого мороженого как специализированного функционального десерта.

Целью настоящего исследования является разработка рецептуры и технологическое обоснование производства мягкого мороженого на основе сублимированного верблюжьего молока с сохранением его функционально-биологических свойств.

Задачи исследования:

- обосновать выбор сублимированного верблюжьего молока как функциональной основы мягкого мороженого;
- разработать рецептуру продукта с учетом особенностей белково-жирового состава сырья;
- исследовать жирнокислотный, минеральный и витаминный состав разработанного продукта;
- оценить влияние технологических параметров на структурно-механические характеристики мягкого мороженого;
- определить перспективность использования продукта в сегменте специализированного функционального питания.

Материалы и методы исследования

Основным сырьем служило сублимированное сухое верблюжье молоко (*Camelus dromedarius*), полученное методом вакуум-сублимационной сушки при оптимизированных параметрах (температура всего процесса сублимации от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$), что обеспечивает максимальное сохранение исходных свойств. Сухое молоко восстанавливали до заданной концентрации сухих веществ.

В качестве функциональной добавки для целенаправленного обогащения был использован натуральный концентрат облепихи, выбранный за его исключительное содержание аскорбиновой кислоты. Рецепт мягкого мороженого была разработана на основе специфического соотношения белковой, жировой и углеводной фаз верблюжьего молока, учитывая низкое содержание жира и лактозы в исходном молоке.

Лабораторные исследования жирнокислотного, минерального и витаминного состава проводились на базе аккредитованной аналитической лаборатории «Антиген» с использованием стандартных и валидированных методик анализа пищевых продуктов. Определение жирнокислотного состава жировой фазы проводили методом газовой хроматографии–масспектрометрии (ГХ–МС) в соответствии с ГОСТ 32915-2014 «Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии».

Минеральный состав определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии и фотометрическим методом для фосфора в соответствии с действующими ГОСТ Р 55445-2013 «Продукты пищевые. Определение содержания элементов методом атомно-абсорбционной спектрометрии»; ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом»; ГОСТ 31669-2012 «Продукты молочные и молочные составные. Определение массовой доли общего фосфора фотометрическим методом».

Витаминный состав определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием валидированных аналитических протоколов. Аскорбиновую кислоту определяли по ГОСТ 30627.2–98, а витамин D3 — по ГОСТ 32916-2014 после предварительного омыления и экстракции проб. Все определения проводились в трехкратной повторности. Результаты представлены в виде среднего значения \pm стандартного отклонения.

Полученные экспериментальные данные использовались для последующего анализа

структурных, минеральных и витаминных характеристик продукта, представленных в разделе «Результаты и их обсуждение».

Результаты и их обсуждение

1. Технологическая схема производства

Производство мягкого мороженого включало стандартные этапы: восстановление сухого молочного сырья, смешивание компонентов (включая сахар, стабилизаторы, эмульгаторы и облепиховый концентрат), пастеризацию, гомогенизацию, охлаждение, созревание смеси, фризирование (взбивание и частичное замораживание) и фасовку [12]. Особое внимание уделялось параметрам гомогенизации, так как жировые шарики в верблюьем молоке характеризуются меньшим размером и более плотной мембраной по сравнению с коровьим молоком, что затрудняет образование сливок, но, при правильной обработке, может способствовать более стабильной эмульсии. Технологический режим получения сублимированного верблюжьего молока защищен авторским свидетельством Республики Казахстан №67032 от 03.02.2026 г., что подтверждает научно-технологическую новизну применяемого подхода.

2. Анализ жирнокислотного профиля: основа реологических свойств.

Анализ липидного профиля исследованного образца мягкого мороженого, изготовленного на основе сублимированного верблюжьего молока, показал, что он соответствует типичным характеристикам молочного жира, но со значительным преобладанием насыщенных жирных кислот над ненасыщенными.

Установлено, что насыщенные жирные кислоты составляют 78,6% от общего жирнокислотного профиля, тогда как ненасыщенные жирные кислоты — 21,4%. Это соотношение демонстрирует более высокую долю насыщенных жирных кислот по сравнению со средними показателями для коровьего молока (65–70% насыщенных жирных кислот).

Ключевыми компонентами являются:

- пальмитиновая кислота (C16:0): доминирующая насыщенная жинарная кислота, ее содержание составляет 34,8%. Она напрямую определяет пластичность жировой фазы и ее термические свойства.

- стеариновая кислота (C18:0): содержание 10,6%. Способствует повышению температуры плавления жира, что критически важно для устойчивости мягкого мороженого к таянию.

- олеиновая кислота (C18:1): главная ненасыщенная жирная кислота, составляющая

15.0%. Обеспечивает высокую биологическую ценность и улучшает усвояемость жира.

- каприновая кислота (C10:0): ее содержание в 5,4% относится к среднецепочечным жирным кислотам, которые легко усваиваются и положительно влияют на формирование нежной, кремовой текстуры.

Такой высокий процент насыщенных жирных кислот является значимым технологическим фактором. Жировая фаза, характеризующаяся более высокой твердостью и более высокой температурой плавления, формирует устойчивый жировой каркас в структуре мороженого. Это обеспечивает продукту плотную, но при этом кремовую консистенцию и, самое главное, высокую устойчивость к таянию [13]. Эта стабильность структуры является важным

технологическим преимуществом, поскольку она, вероятно, компенсирует потенциально более низкую стабильность эмульсии, связанную с особенностями белкового профиля верблюжьего молока (например, из-за отсутствия β -Lg, который в кобыльем молоке участвует в стабилизации). В отличие от кобыльего молока, которое является более диетическим из-за высокого содержания ненасыщенных жирных кислот (до 40–45%), исследованный образец обеспечивает более выраженный сливочный вкус и превосходную структурную стабильность.

Для полного представления данных, жирнокислотный состав образца представлен в таблице 1.

Таблица 1. Жирнокислотный профиль исследованного образца мягкого мороженого

№	Наименование жирной кислоты	Обозначение	Содержание, %
1	Масляная (бутират)	C4:0	0,9
2	Капроновая	C6:0	1,2
3	Каприловая	C8:0	1,4
4	Каприновая	C10:0	5,4
5	Лауриновая	C12:0	2,5
6	Миристиновая	C14:0	8,3
7	Миристолеиновая	C14:1	0,8
8	Пальмитиновая	C16:0	34,8
9	Пальмитолеиновая	C16:1	3,0
10	Стеариновая	C18:0	10,6
11	Олеиновая	C18:1	15,0
12	Линолевая	C18:2	2,0
13	Прочие	-	13,5

3. Анализ минерального профиля

Минеральный состав мягкого мороженого на основе сублимированного верблюжьего молока (табл. 2) был оценён в сравнении со средними справочными значениями для мороженого на основе коровьего молока, приведёнными в литературных источниках и нормативно-справочных данных. Следует отметить, что минеральный профиль молочного сырья может варьировать в зависимости от сезона, стадии лактации, физиологического состояния животных и условий кормления, однако используемые усреднённые значения позволяют корректно оценить общие тенденции.

Функциональным преимуществом элементного состава образца мягкого мороженого является повышенное содержание кальция и магния. Концентрация кальция составила 173,9 мг/100 г, что на 36 % выше среднего значения для традиционного мороженого на основе коровьего молока (128,0 мг/100 г). Содержание магния

достигло 88,0 мг/100 г, что существенно превышает справочное значение (14,0 мг/100 г). Повышенные уровни данных элементов указывают на высокую биологическую ценность продукта и позволяют рассматривать его как дополнительный источник минералов, необходимых для формирования костной ткани и нормального функционирования нервно-мышечной системы.

На фоне высокого содержания кальция и магния в образце мягкого мороженого на основе сублимированного верблюжьего молока зафиксированы пониженные уровни калия и фосфора. Содержание калия составило 10,2 мг/100 г при среднем значении 199,0 мг/100 г, а содержание фосфора — 15,0 мг/100 г при норме около 105,0 мг/100 г. Недостаточное количество фосфора может снижать физиологическую полноценность продукта. Поскольку метаболизм кальция и магния неразрывно связан с фосфором (коэффициент Ca:P), подобный перекоп может препят-

ствовать адекватному усвоению минералов в организме человека. Стоит отметить, что верблюжье молоко само по себе обладает богатым минеральным профилем. Следовательно, выявленный дисбаланс, вероятно, вызван не природными свойствами сырья, а особенностями технологии сублимации или спецификой используемой рецептуры.

Микроэлементный состав. По большинству значимых микроэлементов (Cu, Fe, Zn, Mn)

наблюдаются значения ниже среднерыночных, что несколько ослабляет потенциальные антиоксидантные и иммуномодулирующие свойства мягкого мороженого. Единственным исключением стал селен (Se): его концентрация (0,002 мг/100 г) незначительно превышает средний уровень (0,0018 мг/100 г), что дает дополнительный, хотя и небольшой, плюс к антиоксидантному статусу изделия.

Таблица 2. Макро- и микроэлементный состав образца мороженого (мг/100 г)

№	Наименование элемента	Содержание в образце мягкого мороженого на основе сухого верблюжьего молока	Среднее значение (в мороженом на основе коровьего молока)	Отклонения (%)
1	Кальций (Ca)	173,9	128,0	+28,1%
2	Калий (K)	10,2	199,0	-94,9%
3	Магний (Mg)	88,0	14,0	+528,6%
4	Фосфор (P)	15,0	105,0	-85,7%
5	Медь (Cu)	0,010	0,1	-90%
6	Железо (Fe)	0,065	0,1	-35%
7	Цинк (Zn)	0,362	0,7	-48%
8	Марганец (Mn)	0,005	0,1	-95%
9	Селен (Se)	0,002	0,0018	+11%

4. Витаминный состав и антиоксидантная активность

Витаминный состав мягкого мороженого на основе сухого верблюжьего молока и сока облепихи был модифицирован за счет введения облепихового концентрата как натуральная растительная добавка, что обеспечило продукту исключительное функциональное преимущество.

Витамин С (аскорбиновая кислота). Содержание витамина С в образце мягкого мороженого составило 634 мг/100 г, что значительно превышает средние значения для традиционного молочного мороженого (около 0,6 мг/100 г). Такое обогащение достигнуто благодаря синергии между естественным высоким уровнем витамина С в верблюьем молоке и целенаправленным добавлением облепихового концентрата [14]. Высокое содержание аскорбиновой кислоты придает продукту мощные антиоксидантные свойства и значительно повышает его биологическую ценность, полностью оправдывая позиционирование как функционального десерта.

Витамин D₃. Анализ показал, что витамин D₃ в образце мягкого мороженого не обнаружен. Это является ожидаемым результатом для молочных продуктов без дополнительного целенаправленного обогащения. Однако отсутствие витамина D₃ представляет собой значительный недостаток с точки зрения нутрициологии, особенно в свете обнаруженного

высокого содержания кальция. Витамин D₃ играет ключевую роль в регуляции усвоения кальция в организме [15]. Следовательно, для обеспечения максимальной биодоступности кальция и полной нутритивной оптимизации продукта необходима обязательная фортификация витамином D₃.

Заключение

Проведённое исследование позволило комплексно оценить технологические, структурные и нутритивные особенности мягкого мороженого на основе сублимированного верблюжьего молока и определить ключевые факторы, влияющие на его функциональную и пищевую ценность. Особенности белкового профиля верблюжьего молока накладывают специфические требования к технологическому процессу производства мороженого. Отсутствие β-лактоглобулина, приносящего гипоаллергенный эффект, также означает потерю одного из ключевых стабилизаторов эмульсии в коровьем молоке.

Специфика белковой фазы верблюжьего молока определяется рядом следующих факторов:

- отсутствие β-Lg обеспечивает гипоаллергенность, но может снижать способность к стабилизации пены и эмульсии по сравнению с кобыльем молоком.

- верблюжье молоко имеет более крупные мицеллы казеина и более низкое содержание к-

казеина, что может влиять на вязкость и время коагуляции.

- повышенной термостабильностью защитных белков, таких как, иммуноглобулины, лактоферрин и лизоцим которые сохраняют высокую активность даже после обработки, что поддерживается использованием щадящей сублимации.

Таким образом, стабильность эмульсии и высокая устойчивость к таянию, наблюдаемая в исследованном образце мягкого мороженого, являются результатом технологической компенсации. Уникальные структурно-механические свойства достигаются не только за счет белкового компонента верблюжьего молока, но и благодаря доминирующей липидной фазе, где насыщенные жирные кислоты составляют 78,6%. Эта «твердая» жировая матрица формирует механически прочный каркас, который эффективно стабилизирует структуру, несмотря на потенциально более низкую эмульгирующую способность белков верблюжьего молока, и предотвращает рост кристаллов льда.

Наряду с выявленными структурно-технологическими преимуществами, принципиальное значение для оценки функциональной полноценности продукта имеет анализ его минерального состава. Выявленный дефицит калия и фосфора при значительном избытке кальция требует немедленной технологической коррекции для обеспечения физиологической сбалансированности продукта. Недопустимое соотношение Са:Р (173.9:15.0) должно быть скорректировано до физиологически приемлемых уровней.

Для устранения дефицита фосфора (целевое значение ≈ 105 мг/100 г) и калия (целевое значение ≈ 199 мг/100 г) предлагается введение пищевых солей калия и фосфора. Оптимальным решением является использование калиевых фосфатов, таких как гидроортофосфат калия, моногидроцитрат калия или дигидроцитрат калия.

Использование пищевых фосфатов в молочных системах выполняет двойную функцию:

- Нутритивная коррекция: восстановление необходимого уровня фосфора и калия, что восстанавливает метаболическую связь с кальцием и магнием и повышает физиологическую полноценность.

- Технологическая стабилизация: фосфаты действуют как буферные соли и эффективные стабилизаторы белково-жировых эмульсий. Они регулируют pH, предотвращают коагуляцию белков (особенно при термической обработке восстановленного сухого верблюжьего молока) и стабилизируют казеиновые мицеллы, улучшая

водоудерживающую способность сухой смеси. Это особенно важно для верблюжьего молока, чьи белки могут проявлять особенности в агрегации.

Дополнительным фактором, усиливающим выявленный минеральный дисбаланс, является состояние витаминного профиля продукта. Отсутствие витамина D₃, которое является ключевым регулятором гомеостаза кальция и фосфора, снижает биодоступность высокого содержания кальция. Для обеспечения максимальной функциональной ценности продукта, необходимо провести фортификацию смеси витамином D₃ до среднего уровня, характерного для обогащенной молочной продукции (ориентировочно 0.2 мкг/100 г).

В совокупности полученные данные о структурных, минеральных и витаминных характеристиках позволяют обоснованно оценить функциональный и специализированный потенциал разработанного продукта. Разработанный продукт – мягкое мороженое на основе сублимированного верблюжьего молока с добавлением облепихового концентрата обладает весомыми основаниями для позиционирования на рынке специализированных продуктов премиум-класса.

Гипоаллергенный статус: научное подтверждение отсутствия β -лактоглобулина в верблюьем молоке делает мороженое безопасной альтернативой для потребителей с аллергией на белки коровьего молока, что открывает значительную рыночную нишу, отличную от веганских или безлактозных продуктов.

Функциональная ценность: продукт выступает в качестве лидера по антиоксидантным свойствам благодаря рекордному содержанию витамина С (634 мг/100 г), что в сочетании с высоким уровнем кальция и магния (даже до коррекции) придает ему оздоровительную направленность. Сохранение биоактивных защитных белков верблюжьего молока (иммуноглобулинов, лактоферрина), обеспеченное сублимацией, дополнительно поддерживает иммуномодулирующие свойства.

Таким образом, мягкое мороженое на основе сублимированного верблюжьего молока, при условии устранения минерального дисбаланса, является инновационным продуктом, объединяющим превосходные органолептические свойства (за счет стабильной жировой фазы) с высокой пищевой и биологической ценностью.

Перспективы промышленного внедрения

Исследование продемонстрировало высокую технологическую применимость сублимированного верблюжьего молока в производстве

мягкого мороженого. Ключевые научные выводы включают:

Структурная стабильность: жирнокислотный профиль образца мягкого мороженого, характеризующийся доминированием насыщенных кислот (78,6%), обеспечивает необходимую плотность, кремовую текстуру и высокую устойчивость к таянию, компенсируя технологические особенности белкового состава верблюжьего молока.

Гипоаллергенный потенциал: отсутствие β-лактоглобулина подтверждает гипоаллергенную природу продукта, что является его основным преимуществом на рынке специализированных десертов.

Функциональное обогащение: целенаправленное использование облепихи привело к созданию молочного десерта с мощными антиоксидантными свойствами, о чем свидетельствует исключительное содержание витамина С (634 мг/100 г).

Значительная необходимость коррекции: выявлен выраженный и неприемлемый нутритивный дисбаланс, заключающийся в высоком уровне кальция (173,9 мг/100 г) и магния (88,0 мг/100 г) при значительном дефиците фосфора (15,0 мг/100 г) и калия (10,2 мг/100 г), а также полном отсутствии витамина D₃.

Практическая значимость работы заключается в непосредственном внедрении результатов для создания конкурентоспособного продукта. Использование сублимата решает все логистические проблемы, связанные с транспортировкой и хранением жидкого сырья, обеспечивая стабильность производства.

Для достижения полной физиологической сбалансированности и максимальной биодоступности питательных веществ, необходимы следующие технологические мероприятия:

Коррекция минерального состава: обязательное введение калиевых фосфатов в рецептуру. Это позволит восстановить баланс калия и фосфора до физиологически обоснованных уровней, одновременно улучшая стабильность белково-жировой эмульсии в процессе производства.

Витаминная фортификация: Включение витамина D₃ для синергичного взаимодействия с высоким содержанием кальция и обеспечения его эффективного усвоения.

Реализация этих шагов позволит создать конкретную, масштабируемую технологическую карту и позиционировать мягкое мороженое на основе верблюжьего молока как функциональный десерт премиум-класса, предназначенный для

широкого круга потребителей, включая лиц с непереносимостью традиционных молочных белков.

Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на научно-технологическом обосновании коррекционных мер:

- проведение детального анализа влияния введения фосфатных солей калия на реологические характеристики смеси (вязкость, взбитость) и стабильность казеиновых мицелл верблюжьего молока, а также на сроки хранения готового продукта;

- сравнительная оценка термостойкости (скорости таяния) и органолептических характеристик оптимизированного продукта в сравнении с традиционными и растительными аналогами;

- изучение биодоступности макроэлементов (Ca, Mg, P) в готовом продукте после коррекции дефицита фосфора и фортификации витамином D₃.

Сведения о финансировании

Исследования проводились в рамках научно-технической программы BR21881957-OT-23 «Разработка технологии глубокой переработки и оборудования вакуум-сублимационной сушки кобыльего и верблюжьего молока» (МНиВО РК, № госрегистрации 0123РК01190).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов : научный журнал, включённый в Список ВАК. – Электрон. ресурс. – URL: <https://ores.su/ru/journals/tehnologiya-i-tovarovedenie-innovatsionnyih-pischevyih-produktov/> (дата обращения: 04.02.2026).
2. Plant-based Ice Cream Market Size, Share & Growth Analysis / Global Market Insights. – Электрон. ресурс. – URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/plant-based-ice-creams-market>(accessed:04.02.2026).
3. Дубай: верблюжье молоко покоряет сладкоежек // Деловой Казахстан. – Электрон. ресурс. – URL: <https://dknews.kz/ru/dk-life/54573-dubay-verblyuzhe-moloko-pokoryaet-sladkoezhek> (дата обращения: 04.02.2026).
4. Jayamanna Mohottige M. W., Juhász A., Nye-Wood M. G., Farquharson K. A., Bose U., Colgrave M. L. Beyond nutrition: Exploring immune proteins, bioactive peptides, and allergens in cow and Arabian camel milk // Food Chemistry. – 2025. – Vol. 467. – Art. 142471. – <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142471>.
5. Seyiti S., Kelimu A., Yusufu G. Bactrian camel milk: Chemical composition, bioactivities, processing techniques, and economic potential in China // Molecules. – 2024. – Vol. 29, No. 19. – Art. 4680. – <https://doi.org/10.3390/molecules29194680>.
6. Swelum A. A. et al. Nutritional, antimicrobial and medicinal properties of camel's milk: A review // Saudi

Journal of Biological Sciences. – 2021. – Vol. 28, No. 5. – P. 3126–3136. – <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.057>.

7. Pal M., Tariku F., Rebuma T., Molnar J., Pinto S. Growing importance of camel milk in human health // Journal of Nutrition and Food Processing. – 2024. – Vol. 7, No. 7. – Art. 232. – <https://doi.org/10.31579/2637-8914/232>.

8. Abdelazez A., Abd-elmotaal H., Abady G. Exploring the potential of camel milk as a functional food: physicochemical characteristics, bioactive components, innovative therapeutic applications, and development opportunities analysis // Food Materials Research. – 2024. – Vol. 4. – Art. e031. – <https://doi.org/10.48130/fmr-0024-0020>.

9. Abdullaeva A. U. et al. The effect of vacuum freeze-drying on the chemical composition of whole camel milk powder // Ciencia y Tecnología de Alimentos. – 2022. – Vol. 42, No. 3.

10. Ho T. M., Zou Z., Bhandari B., Bansal N. Properties of functional camel milk powder // Drying in the Dairy Industry. – Boca Raton: CRC Press, 2020. – P. 220–234. – <https://doi.org/10.1201/9781351119504>.

11. Al-Haj M. O. et al. Physico-chemical properties and processing characteristics of camel milk as compared with other dairy species: A review // Asian Journal of Dairy and Food Research. – 2024. – Vol. 43, No. 1. – P. 1–7. – <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DRF-303>.

12. Goff H. D., Hartel R. W. Ice Cream // 7th ed. – New York: Springer, 2013. – 462 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>

13. Muse, Matthew R.; Hartel, Richard W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness // Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87, No. 1. P. 1–10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)

14. Bal, Laxman M.; Meda, Venkatesh; Naik, Satya N.; Satya, Suresh. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for functional foods // Journal of Food Science and Nutrition. 2011. Vol. 51. P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/09637486.2010.500554>

15. Cashman, Kevin D. Calcium and vitamin D // Nutrition Bulletin. 2015. Vol. 40, No. 1. P. 9–14. <https://doi.org/10.1111/nbu.12127>

REFERENCES

1. Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov [Technology and Commodity Science of Innovative Food Products]. Journal included in the VAK List. Accessed February 4, 2026. <https://ores.su/ru/journals/tehnologiya-i-tovarovedenie-innovatsionnyih-pishevyyih-produktov/>. (In Russian)

2. Global Market Insights. Plant-based Ice Cream Market Size, Share & Growth Analysis. Accessed February 4, 2026. <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/plant-based-ice-creams-market>.

3. Dubai: verblyuzh'e moloko pokoryaet sladkoezhek [Dubai: Camel Milk Conquers Sweet Lovers]. Delovoi Kazakhstan. Accessed February 4, 2026.

<https://dknews.kz/ru/dk-life/54573-dubay-verblyuzhe-moloko-pokoryaet-sladkoezhek>. (In Russian)

4. Jayamanna Mohottige, M. W., A. Juhász, M. G. Nye-Wood, K. A. Farquharson, U. Bose, and M. L. Colgrave. 2025. “Beyond Nutrition: Exploring Immune Proteins, Bioactive Peptides, and Allergens in Cow and Arabian Camel Milk.” Food Chemistry 467: 142471. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142471>.

5. Seyiti, Shamila, Abulimiti Kelimu, and Gulinaer Yusufu. 2024. “Bactrian Camel Milk: Chemical Composition, Bioactivities, Processing Techniques, and Economic Potential in China.” Molecules 29 (19): 4680. <https://doi.org/10.3390/molecules29194680>.

6. Swelum, Ayman A., et al. 2021. “Nutritional, Antimicrobial and Medicinal Properties of Camel’s Milk: A Review.” Saudi Journal of Biological Sciences 28 (5): 3126–3136. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.057>.

7. Pal, Mahendra, Firaol Tariku, Tesfaye Rebuma, Judit Molnar, and Suneeta Pinto. 2024. “Growing Importance of Camel Milk in Human Health.” Journal of Nutrition and Food Processing 7 (7): Article 232. <https://doi.org/10.31579/2637-8914/232>.

8. Abdelazez, Amro, Heba Abd-elmotaal, and Ghada Abady. 2024. “Exploring the Potential of Camel Milk as a Functional Food: Physicochemical Characteristics, Bioactive Components, Innovative Therapeutic Applications, and Development Opportunities Analysis.” Food Materials Research 4: e031. <https://doi.org/10.48130/fmr-0024-0020>.

9. Abdullaeva, A. U., et al. 2022. “The Effect of Vacuum Freeze-Drying on the Chemical Composition of Whole Camel Milk Powder.” Ciencia y Tecnología de Alimentos 42 (3).

10. Ho, Thao Minh, Zhengzheng Zou, Bhesh Bhandari, and Nidhi Bansal. 2020. “Properties of Functional Camel Milk Powder.” In Drying in the Dairy Industry, 220–234. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351119504>.

11. Al-Haj, M. O., et al. 2024. “Physico-Chemical Properties and Processing Characteristics of Camel Milk as Compared with Other Dairy Species: A Review.” Asian Journal of Dairy and Food Research 43 (1): 1–7. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DRF-303>

12. Goff H. D., Hartel R. W. Ice Cream // 7th ed. – New York: Springer, 2013. – 462 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>

13. Muse, Matthew R.; Hartel, Richard W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness // Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87, No. 1. P. 1–10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)

14. Bal, Laxman M.; Meda, Venkatesh; Naik, Satya N.; Satya, Suresh. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for functional foods // Journal of Food Science and Nutrition. 2011. Vol. 51. P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/09637486.2010.500554>

15. Cashman, Kevin D. Calcium and vitamin D // Nutrition Bulletin. 2015. Vol. 40, No. 1. P. 9–14. <https://doi.org/10.1111/nbu.12127>