

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-531-538>

Поступила 30.07.2023

Поступила после рецензирования 12.12.2023

Принята в печать 15.12.2023

© Ситникова П. Б., Казакова Н. В., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

ОБОСНОВАНИЕ, НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОРОЖЕНОГО

Ситникова П. Б.*, Казакова Н. В.

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

мороженое,
концентрат,
изолят, гидролизат,
сывороточный белок

Дефицит белка является важной мировой проблемой. Дополнительным источником белка может стать побочный продукт производства сыра и творога — сыrovotka. В обзоре обоснована целесообразность использования молочной сыrovотки в пищевых целях, обусловленная ее составом и биологической ценностью. Кроме того, применение сыrovотки в качестве продукта питания снижает угрозу загрязнения окружающей среды, возникающую при утилизации ее в канализацию. Целью данной статьи является сбор, анализ и обобщение данных о применении сыrovотки и продуктов ее переработки в технологии мороженого и взбитых замороженных десертов. Приведен анализ данных Международной молочной федерации (ММФ) о мировых объемах производства молочной сыrovотки, а также о количестве высокоценного белка, которому они эквивалентны. Проанализирован современный мировой опыт технологий переработки молочной сыrovотки и ассортимента продуктов, получаемых в результате их использования. Акцентируется внимание на характеристике и свойствах продуктов переработки молочной сыrovотки (концентраты, изоляты, гидролизаты молочных, в первую очередь, сыrovоточных белков) и мицеллярного казеина. Оценен и обобщен опыт исследований возможности их использования в производстве мороженого и в других пищевых продуктах. Рассмотрено влияние указанных продуктов на технологические, структурно-механические, микроструктурные, органолептические показатели мороженого и его биологическую ценность. Отмечено наличие как положительного, так и отрицательного опыта применения молочных, включая сыrovоточные, белков на потребительские характеристики замороженных продуктов. Обоснована необходимость более детального изучения результатов использования каждого определенного источника молочного белка применительно к конкретным видам мороженого и взбитых замороженных десертов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию FGUS-2022–0013 ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Received 30.07.2023

Accepted in revised 12.12.2023

Accepted for publication 15.12.2023

© Sitnikova P. B., Kazakova, N. V., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

SUBSTANTIATION, DIRECTIONS AND RESULTS OF USING WHEY PROCESSED PRODUCTS IN ICE CREAM PRODUCTION

Polina B. Sitnikova,* Natalia V. Kazakova

All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry, Moscow, Russia

KEY WORDS:

ice cream, concentrate,
isolate, hydrolyzate,
whey protein

ABSTRACT

The deficiency of protein is an important global problem. Whey, as a by-product of the production of cheese and cottage cheese, can be an additional source of protein. The feasibility of using whey for food purposes due to its composition and biological value is substantiated in the review. Besides, the usage of whey for food purposes reduces threat of environmental pollution existing when disposing it into the sewer. The aim of the article was to collect, analyze and summarize data on the use of whey and products of its processing in the technology of ice cream and whipped frozen desserts. The analysis of the data of the International Dairy Federation (IDF) on the global volumes of milk whey production as well as the amount of high-value protein, to which they are equivalent, is given. The modern world experience in processing technologies of whey and the product assortment made with its usage has been analyzed. Attention is concentrated on the characteristics and properties of whey processed products (concentrates, isolates, milk hydrolysates, first of all, whey proteins) and micellar casein. The research experience in studying the possibility of their use in the production of ice cream and other foods is assessed and summarized. The influence of these products on the technological, structural-mechanical, microstructural and organoleptic characteristics of ice cream and on its biological value is considered. The presence of positive and negative experience in the usage of dairy proteins, including whey proteins, on the consumer characteristics of frozen food is noted. The necessity of more detailed study of results of using each particular source of milk protein in relation to different types of ice cream and whipped frozen desserts is substantiated.

FUNDING: The article was prepared as part of the research under the state assignment No. FGUS-2022–0013 of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ситникова, П. Б., Казакова, Н. В. (2023). Обоснование, направления и результаты использования продуктов переработки молочной сыrovотки в производстве мороженого. *Пищевые системы*, 6(4), 531–538. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-531-538>

FOR CITATION: Sitnikova, P. B., Kazakova, N. V. (2023). Substantiation, directions and results of using whey processed products in ice cream production. *Food Systems*, 6(4), 531–538. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-531-538>

1. Введение

В рамках XXIII Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ) руководитель Роспотребнадзора Анна Попова отметила, что в рационе россиян дефицит белка составляет в среднем 11,5%¹, а по данным «ФИЦ питания и биотехнологии», ежегодный дефицит пищевого белка в России превышает 1 млн т. Снижение потребления белка в пищу обусловлено недостаточной обеспеченностью населения Земли данным питательным веществом. Общий дефицит белка на планете оценивается в 10–25 млн т в год. При этом, по данным Международной молочной федерации (ММФ), в мире производится до 130 млн т молочной сыворотки, что эквивалентно более 800 тыс. т высокоценного белка [1].

В России ежегодные объемы подсырной сыворотки во много раз превышают объемы ее последующего использования в пищевых целях. Вместе с тем в последние годы мировая рыночная стоимость сывороточных белков ежегодно увеличивается в среднем на 4% [2,3]. Это обусловлено развитием индустрии производства и популяризацией применения сывороточных продуктов в спортивном питании, молочной продукции и других пищевых продуктах. В России в производстве продуктов питания используется 48% вырабатываемой сухой сыворотки, а в качестве корма для сельскохозяйственных животных — 52%². На выпуск продуктов детского питания тратится более 75% объема производимой деминерализованной сыворотки, 54% объема концентрата сывороточного белка. Изолят сывороточного протеина применяется в спортивном питании и в медицине [4].

Совершенствование биотехнологических процессов переработки побочных сырьевых ресурсов, к которым относится сыворотка, является приоритетной стратегической задачей и коррелируется с направлениями Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года³. В документе подчеркивается необходимость внедрения новых технологий, в том числе биотехнологий, позволяющих значительно расширить ассортимент продуктов нового поколения с заданными качественными характеристиками.

Необходимость переработки молочной сыворотки с целью дальнейшего использования также обусловлена стремлением производителей к минимизации антропогенного загрязнения окружающей среды, связанного с ее утилизацией в канализацию. Сыворотка обладает крайне высокими значениями показателей биохимического и химического потребления кислорода: БПК — 40–60 мг/л, ХПК — 50–80 мг/л. По литературным данным [5,6], антропогенный вред, вызванный неконтролируемым выбросом сыворотки, в 100–175 раз превышает аналогичные показатели вредоносного воздействия бытовых сточных вод.

2. Материалы и методы

Поиск научной литературы проводился с использованием поисковых систем Web of Science, Scopus и Google Scholar, при помощи научных электронных библиотек «КиберЛенинка», eLIBRARY, а также по открытым интернет-источникам. Сбор данных осуществлялся на русском и английском языках по ключевым фразам со включением оператора «и»: «мороженое», «концентрат сывороточного белка», «концентрат молочного белка», «изолят сывороточного белка», «изолят молочного белка», «гидролизат сывороточного белка», «гидролизат молочного белка», «молочный белок», «сывороточный белок», «мицеллярный казеин», «молочная сыворотка», «творожная сыворотка», «подсырная сыворотка». По поисковому запросу было найдено более 3 500 источников.

В ходе работы были проанализированы полные тексты статей, соответствующих критериям поиска. Статьи, не относящиеся к теме исследования, отклоняли после изучения названия и аннотации.

Критерии включения публикации:

1. Публикация создана в период 2015–2023 гг.;
2. Источник проиндексирован в Web of Science, Scopus или РИНЦ;

¹ Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (2019). Руководитель Роспотребнадзора Анна Попова в рамках ПЭМФ представила федеральный проект «Здоровое питание» и провела панельную сессию с представителями органов власти, научного сообщества и руководителями крупнейших российских и зарубежных компаний. Получено с https://www.rospotrebнадzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=12067. Дата обращения 06.07.2023 г.

² Новости и аналитика молочного рынка (2019) 10 графиков о состоянии рынка молочной сыворотки. Получено с <https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/rinok-moloka-v-Rossii/grafiki-syvorotka-rf.html>. Дата обращения 06.07.2023

³ Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ № 559-р)

3. Возможно выборочное включение статей, опубликованных ранее 2015 г. в случае отсутствия новых источников по заданным критериям поиска.

Критерии исключения:

1. Публикации, вышедшие ранее 2000 г.;
2. Работы, не относящиеся к теме исследования;
3. Отсутствие полных текстов публикаций.

3. Биологическая ценность и технологическая функциональность молочной сыворотки и продуктов ее переработки

В молочной сыворотке, являющейся побочным продуктом переработки молока при производстве сыра, творога или казеина, остается около 50% сухих веществ молока-сырья, из которых на долю сывороточных белков приходится от 0,7 до 0,9%. Биологическая ценность сывороточных белков обусловлена наличием в их составе 8 незаменимых аминокислот (из 18 известных), биоактивных пептидов и многообразием функций, которые они выполняют в организме человека. К последним относятся такие функции, как иммуностимулирование, понижение холестерина в крови, участие в синтезе гормонов и ферментов [7–9]. Низкий гликемический индекс сывороточных белков позволяет оптимизировать выделение инсулина, регулируя уровень глюкозы в крови и тем самым предотвращая возникновение диабета 2-го типа [10]. Кроме того, аминокислотный состав сывороточных белков наиболее близок к аминокислотному составу мышечной ткани человека [11]. Совокупность указанных характеристик сывороточных белков обуславливает целесообразность их использования в качестве функциональных пищевых ингредиентов в пищевых продуктах [2,12,13].

Биологическая ценность казеина, в отличие от сывороточных белков, несколько ограничивается дефицитом серосодержащей аминокислоты цистина. Кроме того, казеин содержит большое количество фенилаланина, тирозина и метионина, что затрудняет его метаболизм в организме у грудных детей [14].

Помимо биологической ценности сывороточных белков, для производителей пищевых продуктов представляют не меньший интерес и технологические функциональные свойства указанных компонентов. Основные из них — растворимость, способность к диспергированию, гелеобразованию, повышению вязкости продукта и к формированию текстуры, характерной для продуктов с более высокой массовой долей жира [2,15].

По мнению авторов [10], одной из важных физико-химических характеристик препаратов сывороточных белков при производстве функциональных напитков является диспергируемость. Она зависит от способа получения препарата и характеризует его способность к смачиванию, набуханию и дальнейшему переходу в раствор. Как правило, изоляты и гидролизаты сывороточных белков обладают более высокой диспергируемостью по сравнению с концентратами.

Растворы концентратов сывороточных белков образуют гели при концентрации белка более 8–10% и при нагревании до температуры 80–85 °C и выше. Прочность геля возрастает с увеличением ионной силы и pH с 4,5 до 7,5. Исключительно высокой способностью к гелеобразованию обладают изоляты сывороточных белков: они переходят в студнеобразное состояние при температуре 56–58 °C и pH 7–9 [16]. По данным Токаева и соавторов [10], вязкость препаратов самих сывороточных белков зависит от условий и технологии их получения. Концентраты и изоляты сывороточных белков, полученные ультра- и нанофильтрацией, имеют сравнительно низкую вязкость (для 1%-го раствора около 1·10⁻³ Па·с). Увеличение концентрации раствора до 10% влечет за собой повышение вязкости до (3–5)·10⁻³ Па·с. Вязкость растворов гидролизатов сывороточных белков существенно ниже по сравнению с концентратами и изолятами и не превышает 1,5·10⁻³ Па·с в диапазоне концентрации раствора от 1,0 до 10% [10].

Сывороточные белки за счет способности к пенообразованию положительно влияют на формирование и стабильность воздушной фазы во взбитых пищевых продуктах, изменяя межфазное поверхностное натяжение и повышая способность продуктов к насыщению воздухом [17–19]. Помимо указанного, белки, в том числе сывороточные, участвуют в формировании оболочек жировых шариков, присутствующих в жиросодержащих пищевых продуктах, и тем самым способствуют дополнительной стабилизации воздушной фазы и формированию структуры продукта [20–22].

Эмульгирующие свойства сывороточных белков ниже по сравнению со свойствами казеина. Вместе с тем концентраты сывороточных белков, полученные из подсырной и солянокислой казеиновой сыворотки, имеют эмульгирующую способность, почти не уступающую способности яичного белка. Так, в 100 мл 0,1%-го раствора белкового концентрата может быть эмульгировано от 34 до 42 г жира [23].

Перечисленные биологические и технологические функциональные свойства сывороточных белков востребованы и в технологии мороженого.

4. Продукты переработки молочной сыворотки, способы их получения и состав

В настоящее время при производстве мороженого [20,24] часть сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) заменяют сухой подсырной сывороткой или концентратами сывороточных и молочных белков, что обусловлено экономической целесообразностью. При этом сухая подсырная сыворотка по сравнению с другими источниками молочных белков содержит меньше белка (не менее 10,0%) и больше молочного сахара — лактозы (не менее 70,0%)⁴. Эти характеристики ограничивают возможности ее применения в производстве мороженого, влияя на его органолептические показатели, а также на формирование и сохранение структуры продукта в процессе холодильного хранения.

Альтернативой использованию молочной сыворотки в качестве источника молочного белка является применение таких продуктов ее переработки, как концентраты, изоляты, гидролизаты молочных белков, включая сывороточные, а также мицеллярный казеин [4,25–29].

В соответствии с национальным стандартом РФ⁵, сухие концентраты сывороточных белков в зависимости от массовой доли белка подразделяют на продукты марок КСБ-УФ-40, КСБ-УФ-60, КСБ-УФ-80 с массовой долей белка в сухом веществе не менее 40,0, 60,0 и 80,0% и с массовой долей лактозы не менее 47,0, 28,0 и 8,0% соответственно. Указанное соотношение белка и лактозы делает применение концентрата сывороточных белков более выгодным с технологической точки зрения, нежели использование сухой сыворотки. Кроме того, биологическая ценность сухой подсырной сыворотки составляет 34,51%, КСБ-70 из подсырной сыворотки — 49,6%, КСБ-70 из казеиновой сыворотки — 47,5% [1,30]. Концентраты сывороточных белков хорошо растворимы в воде, что, наряду с вышеперечисленными свойствами, позволяет применять их в качестве белковых обогаителей для повышения биологической ценности молочных, мясных, кондитерских, хлебобулочных и других пищевых продуктов, а также использовать в роли стабилизаторов структуры мороженого, низкожирной сметаны, кефира и т. д. [30].

Массовая доля белка в концентратах молочных белков составляет не менее 80%, в изолятах молочных и сывороточных белков — от 97,0 до 97,5%, в гидролизатах — от 60,0 до 90,0%, в мицеллярном казеине — от 70,0 до 85,5% [25,29,31].

Белки концентратов и изолятов сывороточных белков представлены в основном фракциями α -лактальбумина и β -лактоглобулина, а концентраты и изоляты молочных белков — казеином и сывороточными белками как в том же соотношении, что и в молоке, так и в измененном [26,32,33]. Казеин в концентратах молочных белков присутствует в мицеллярной форме, которая похожа на форму казеинов в молоке, а сывороточные белки находятся в нативной или денатурированной форме [34].

Изоляты сывороточных белков характеризуются высокой концентрацией аминокислот с разветвленными боковыми цепочками, которые преобладают в метаболизме мышечной ткани [31].

В гидролизатах сывороточных белков, полученных методом ферментативного гидролиза, наряду с α -лактальбумином и β -лактоглобулином присутствуют необходимые организму аминокислоты, в том числе незаменимые (триптофан, фенилаланин и тирозин, лизин, валин, изолейцин, треонин, метионин и цистеин). Это способствует приданию функциональных свойств пищевому продукту, при выработке которого они используются [14]. В результате гидролиза белки расщепляются на мелкие фракции, благодаря чему гидролизаты сывороточных белков характеризуются пониженной аллергенностью, по сравнению с белками молока [35], в связи с чем широко применяются в гипоаллергенных продуктах специального назначения [10].

Концентраты сывороточных белков получают преимущественно удалением минеральных веществ и лактозы из сыворотки различными методами обработки сырья: ультрафильтрацией, электродиализом, ионным обменом или кристаллизацией лактозы с дальнейшей сушкой [25]. Концентраты молочных белков выделяют ультрафильтрацией и диализацией молока с последующим выпариванием и высушиванием на сушилах преимущественно распылительного типа [25]. Изоляты сывороточных белков получают методом ионного обмена

или микрофильтрации молочной сыворотки. Изоляты молочного белка производят посредством осаждения белков казеина и сыворотки из обезжиренного молока методом диализации. Гидролизаты сывороточных белков вырабатывают путем кислотного или ферментативного гидролиза молочной сыворотки. Глубина ферментативного гидролиза составляет 41,0–72,0% от общего содержания белка [14].

Мицеллярный казеин выделяют из молока в процессе многоэтапной физической фильтрации с использованием специальных микропористых мембран, что позволяет очистить казеиновый мицеллий и отделить его от других компонентов, присутствующих в исходном сырье. Мицеллярный казеин содержит от 70,0% до 85,5% белка [29].

4.1. Концентраты сывороточных и молочных белков

По имеющимся литературным данным [25,30], наиболее широко изученной и востребованной пищевой промышленностью формой молочных белков являются концентраты молочных и сывороточных белков, что обусловлено присущим им рациональным соотношением цены и качества.

Применение концентратов и изолятов молочных белков ограничивается, с одной стороны, дефицитом в казеине серосодержащей аминокислоты цистина, что снижает их биологическую ценность, с другой — высоким содержанием фенилаланина, тирозина и метионина, что вызывает проблемы при метаболизме у грудных детей [14]. Казеин хуже растворим в воде, его коллоидные растворы труднее поддаются сгущению и сушке, нежели растворы сывороточных белков. Поэтому стоимость источников казеина, к которым, наряду с концентратами и изолятами молочных белков, относится мицеллярный казеин, более высокая.

В связи с вышеизложенным, объем информационных данных о целях, возможностях и результатах применения концентратов сывороточных белков в производстве пищевых продуктов, в частности мороженого, доминирует над количеством публикаций, отражающих указанные аспекты применительно к другим источникам молочных белков.

В литературе имеются сведения об использовании и рекомендуемых дозировках концентратов сывороточных белков для повышения пищевой ценности, влияния на структурно-механические и органолептические характеристики продуктов питания, включая низкожирные. Так, в публикации [30] приведена информация о возможности применения концентратов сывороточных белков как белковых обогаителей, способных повысить биологическую ценность молочных, мясных, кондитерских, хлебобулочных и других пищевых продуктов, а также в качестве стабилизаторов структуры мороженого, низкожирной сметаны, кефира и других продуктов.

В работе [34] представлены результаты исследований фракционного состава молочного-белковых концентратов «Неопролакт У (1)» и Promilk Карпа Optimum 85. Определено, что «Неопролакт У (1)» содержит 3 фракции сывороточных белков (α -лактальбумин, β -лактоглобулин и иммуноглобулин) и 3 фракции казеина (α s1-казеин, α s2-казеин, β -казеин). Promilk Карпа Optimum 85 включает в себя 2 фракции сывороточных белков (α -лактальбумин и β -лактоглобулин) и 2 фракции казеина (α s1-казеин, α s2-казеин). Рассчитаны абсолютные значения фракций сывороточных белков и казеина [36].

Физико-химические, структурно-механические и микроструктурные показатели мороженого с применением концентрата белка Nutrilac СН-7611 приведены в работе [37]. Установлено, что мороженое с указанным концентратом по органолептическим свойствам не уступает мороженому с высоким содержанием жира, обладает вдвое меньшей калорийностью и высокой биологической ценностью.

Авторы [38] разработали композиционный состав обезжиренного мороженого. Использование концентратов сывороточных белков совместно с инулином позволяет компенсировать органолептические ощущения отсутствия жира в мороженом. Помимо этого, указано, что внесение концентрата сывороточных белков в количестве 2,0% в мороженое с низкой массовой долей жира обеспечивает за счет белка не менее 20% его энергетической ценности. Это позволяет наносить на упаковку продукта дополнительную информацию, говорящую о высоком содержании белка в продукте.

В работе [39] рассмотрен аспект применения концентратов сывороточных белков для восполнения количества сухих веществ, недостаток которых обусловлен заменой в мороженом сахарозы глюкозно-фруктозным сиропом. Указанный прием позволил снизить количество добавленного сахара в продукте на 10,0%, калорийность — на 12,0%, гликемический индекс — в 1,5 раза.

По данным тех же авторов статьи [40], внесение 3,0% концентрата сывороточных белков в мороженое приводит к повышению его биологической ценности на 15,0%.

⁴ ГОСТ 33958–2016 «Сыворотка молочная сухая. Технические условия». М.: Стандартинформ, 2019. — 12 с.

⁵ ГОСТ Р 53456–2022 «Концентраты сывороточных белков сухие. Технические условия». М.: Стандартинформ, 2022. — 10 с.

В патенте № 2661396 С1, полученном ООО «Йошкар-Олинским Хладокомбинатом», автор Танерова Л. Н. [41] предложила способ производства и состав белкового мороженого. Задача изобретения заключалась в том, чтобы получить мороженое функционального назначения с высоким содержанием белка, обогащенное витаминами А, В, Е, низкокалорийное, без сахара, консервантов, глутена и сои, которое подходит для потребления пациентами с инсулинозависимым сахарным диабетом и спортсменами в целях набора мышечной массы. В рецептуре одновременно присутствуют: концентрат сывороточных белков — от 8,0 до 9,0%; концентрат молочных белков — от 6,9 до 7,9%; молоко цельное — от 33,0 до 38,0%; масло сливочное — от 0,1 до 0,5%.

Работа [42] посвящена исследованию влияния на характеристики мороженого с массовой долей жира 5% использования сывороточных белков в композиции с трансглютаминазой. В статье указано, что применение названных ингредиентов позволяет увеличить вязкость смеси для мороженого, улучшив тем самым структурно-механические характеристики мороженого с невысокой массовой долей жира и его термоустойчивость.

В публикации [43] представлены результаты исследования характеристик мороженого с массовой долей жира 8,0%, СОМО 10,0% и с дополнительным внесением в рецептуру 1,0–5,0% концентрата сывороточных белков. Установлено, что включение в состав мороженого концентрата сывороточных белков в указанных количествах приводит к повышению титруемой кислотности в 1,1–1,9 раза и динамической вязкости смесей в 1,2–2,9 раза. Скорость таяния мороженого при этом снижается в 3 раза через 60 мин выдержки. В ходе эксперимента установлено, что внесение в мороженое от 1,0 до 3,0% концентрата сывороточных белков приводит к повышению дисперсности кристаллов льда и воздушной фазы, к улучшению характеристик текстуры мороженого, в том числе к снижению его твердости в 1,4–8,3 раза, и к формированию полноты сливочного вкуса. Однако дальнейшее увеличение массовой доли концентрата сывороточных белков способствует снижению количества воздушных пузырьков с размером до 50 мкм, что является нежелательным фактором. Таким образом, обоснована нецелесообразность использования в продукте более 3,0% концентрата сывороточных белков.

Авторы [44] изучили возможность замены в мороженом от 1,0 до 4,0% СОМО на концентраты сывороточных белков. Установлено, что по мере повышения массовой доли концентратов сывороточных белков возрастает вязкость, кислотность и взбитость смеси для мороженого, что обусловлено увеличением массовой доли белка в продукте. По результатам исследований рекомендована замена не более 3,0% СОМО на концентраты сывороточных белков.

В работе [45] также обосновано использование с целью обогащения мороженого концентратов сывороточных белков в количестве не более 3,0%. Отмечено, что внесение 1,0, 2,0 и 3,0% концентратов сывороточных белков приводит к нарастанию вязкости смеси для мороженого в 1,65, 1,8 и 2,48 раза соответственно. Оказывает положительное влияние на термоустойчивость мороженого и дисперсность кристаллов льда в продукте, размер которых по окончании 3 месяцев хранения не превышал 34 мкм. При этом констатируется нецелесообразность превышения массовой доли общего белка в мороженом более 6,5%, так как это приводит к чрезмерному увеличению вязкости смеси для мороженого.

В публикации [46] изучено влияние концентрата молочных белков, полученного методом нанофильтрации (НФ-концентрат), на состояние и дисперсность воздушной фазы мороженого. Отмечено, что по мере увеличения массовой доли СОМО, заменяемой на НФ-концентраты, средний диаметр воздушных пузырьков уменьшается и не превышает 44 мкм. Максимальная площадь поверхности воздушных пузырьков зафиксирована в образце со степенью замены 20% СОМО. Дальнейшие исследования свидетельствуют о том, что замена 20 и 30% СОМО на НФ-концентрат не приводит к существенному изменению органолептических свойств мороженого относительно контрольного образца, а замена 50,0% СОМО приводит в продукт нежелательный «сывороточный» привкус.

По данным [19], введение 3,0% концентрата сывороточных белков во взбитые замороженные кисломолочные десерты позволяет повысить вязкость смеси для их выработки в 4,4 раза, а взбитость — в 1,4 раза. Отмечено также положительное влияние концентрата сывороточных белков на стабильность воздушной фазы десертов при их длительном холодильном хранении.

В статье [11] нашли отражение результаты исследований мороженого с повышенным содержанием белка и углеводов за счет использования композиции концентрата сывороточных белков и мальтодекстрина. Авторами отмечено, что образец мороженого

с применением КСБ-80 обладал гармоничным вкусом и сбалансированной консистенцией.

Результаты эксперимента по оптимизации рецептуры мороженого с использованием белковых обогащителей (сывороточных белков) представлены в публикации [47]. В ходе исследований проведено симплекс-решетчатое планирование эксперимента, в результате которого найдены оптимальные соотношения молочных компонентов в рецептуре продукта: сухого и сгущенного молока — 8,7% и 5,1% соответственно, белкового обогащителя — 1,3%. Приготовленное в результате эксперимента мороженое характеризовалось хорошими органолептическими показателями, взбитостью 64,4% и высоким показателем биологической ценности — 61,92%.

Структуру мороженого с низкой массовой долей жира стабилизировали путем использования композиции камеди семян лаллемантии королевской (балангу ширази) и концентрата сывороточных белков [48]. В процессе работы был сделан вывод о том, что применение комплекса из 0,4% камеди и 5,0% концентрата сывороточных белков позволяет при низкой массовой доле жира в продукте имитировать органолептические и структурно-механические характеристики мороженого с более высокой массовой долей жира.

В публикации [26] представлены данные о влиянии концентратов белков на реологические показатели йогурта. Установлено, что внесение концентрата сывороточных белков позволяет повысить влагоудерживающую способность продукта до 80%. Наибольшая динамическая вязкость 19,3 Па·с и наибольшее значение когезии 0,4 Н·с зафиксированы в образце с концентратом сывороточных белков.

Показана возможность применения КСБ-УФ в технологии производства низкожирной сметаны [30]. Для промышленного внедрения рекомендована рецептура сметаны с массовой долей жира 10%, в состав которой входит 0,6% концентрата сывороточных белков.

В работе [49] представлены результаты исследований применения концентрата молочных белков с массовой долей белка 56% и 85% в качестве заменителей СОМО в смеси для мороженого. Отмечено, что массовая доля белка остается одинаковой в мороженом, при этом массовую долю сухих веществ дополняют полидекстрозой до одинаковых значений во всех исследуемых образцах. В результате установлено, что смеси для мороженого с концентратом молочных белков обладают более высокой вязкостью, большей степенью дестабилизации жира и лучше сохраняют форму порции.

Наряду с положительными результатами исследований и с выводами о рациональности использования концентратов сывороточных и молочных белков, в литературе встречаются экспериментально подтвержденные заключения противоположного характера. Так, в публикации [50] отмечено, что цветовая и вкусовая характеристики концентратов часто являются ограничивающими факторами для более широкого применения концентратов сывороточных белков в молочном производстве и не позволяют использовать значимые их количества (не более 1%) во избежание негативного влияния на качество самого продукта. В работах [17,18,38,43,51] указывается на то, что присутствие концентратов сывороточных белков в составе пищевых продуктов не всегда положительно влияет на пенообразующую способность смесей, на эмульгирующую способность белков и на динамику кристаллообразования в мороженом.

В статье [20] приведены результаты изучения последствий применения концентрированных форм молочного и сывороточного белков с целью повышения содержания белка в мороженом пломбир при одновременном снижении затрат на сырье. В качестве источника белка рассматривался концентрат сывороточных белков марки WPC80 Mlekovita с массовой долей белка не менее 80%. В результате исследований отмечено, что вязкость смесей при применении концентрата сывороточных белков снижалась в 2 раза, а средний диаметр воздушных пузырьков увеличивался в 1,23–1,26 раза.

В работе [22] указано, что при использовании концентратов сывороточных белков с массовой долей белка 65% и 80% наблюдалось снижение взбитости и повышение твердости мороженого.

В публикации [24] установлено отрицательное влияние замены СОМО сухими веществами подсырной сыворотки на динамическую вязкость смеси, термоустойчивость, дисперсность воздушной фазы и органолептические показатели мороженого с заменой 50% СОМО. Однако при этом отмечается, что доля белка в мороженом в эксперименте увеличилась с 3,4 до 5,9%; доля лактозы снизилась с 5,4 до 3,2%; доля минеральных веществ уменьшилась с 0,9 до 0,45%.

В статье [11], отражающей результаты экспериментов по повышению содержания белка и углеводов в мороженом посредством использования композиции концентрата сывороточных белков и мальтодекстрина, авторами отмечено, что образец мороженого

с применением КСБ-35 обладал слабой, льдистой структурой и характеризовался наличием крупных кристаллов льда.

4.2. Изоляты и гидролизаты сывороточных белков

Помимо информации о функциональных свойствах и возможностях применения концентратов сывороточных белков в производстве пищевых продуктов, в том числе мороженого, в литературе присутствуют сведения об аналогичных аспектах исследований применительно к другим продуктам переработки сыворотки. Так, в публикации [52] приведены результаты экспериментов по подбору оптимальной дозировки изолята сывороточных белков для использования в замороженном молочном десерте. Количество изолята сывороточных белков в эксперименте варьируется от 10 до 25% от массы молока. Установлено, что оптимальное содержание изолята сывороточных белков составляет не более 20% от массы молока. Замороженный десерт с указанной массовой долей изолята сывороточных белков обладает приятным вкусом и ароматом. Отмечено, что в нем отсутствуют крупные кристаллы льда. При превышении указанной дозировки наблюдают снижение растворимости изолята сывороточных белков, чрезмерное увеличение вязкости смеси для десерта, уменьшение взбитости продукта, формирование мучнистой консистенции, наличие горького привкуса и выраженного запаха сыворотки. Снижение дозировки изолята сывороточных белков до 10% приводит к формированию десерта со слабовыраженным вкусом и льдистой структурой.

Использование изолята сывороточных белков при изготовлении замороженных десертов повышенной пищевой ценности, предназначенных для употребления посетителями фитнес-клубов, вызывает увеличение динамической вязкости смесей для их производства и взбитости продукта [4]. Аналогичный эффект наблюдается и при внесении изолята сывороточных белков в состав йогуртов, о чем свидетельствует улучшение реологических характеристик, а именно твердости, липкости, разжевываемости, упругости и клейкости готового продукта [26].

В статье [29] приведены результаты применения композиций изолята сывороточных белков и мицеллярного казеина с массовой долей белка 95,0% и 85,5% соответственно в смесях для мороженого. Исследовано 8 комбинаций, отличающихся количественным соотношением источников сывороточного белка. Отобран образец с соотношением мицеллярного казеина и изолята сывороточных белков 20:80. Разработана рецептура мороженого с общей массовой долей сухих веществ 25,4% и с заявленной массовой долей белка 18,0%.

В работе [53] опубликованы выводы о возможности применения изолята сывороточных белков из буйволиного молока в технологии мороженого. В процессе исследования изолятом сывороточных белков заменяли 25, 50, 75 и 100% СОМО. По мере увеличения в продукте массовой доли изолята сывороточных белков массовая доля белка возрастает, а содержание лактозы значительно снижается ($P < 0,05$). Одновременно с этим снижается и сопротивляемость продукта таянию, что отрицательно сказывается на его потребительских свойствах. На основании изложенных в публикации данных автор сделал вывод о том, что максимальная допустимая замена СОМО на изолят сывороточных белков не должна превышать 50,0%.

Авторы [54] исследуют динамическую вязкость, показатели структуры и консистенции сливочного мороженого с массовой долей жира 10% и молочного мороженого с массовой долей жира 6% и 3%. При этом мороженое с массовой долей жира 3% и 6% вырабатывают с добавлением 4% изолята сывороточных белков. Это позволило значительно повысить вязкость смесей для мороженого. Отмечено, что твердость и устойчивость к таянию маложирных образцов мороженого также существенно выросли.

В работе [55] приведены результаты сравнения качественных показателей мороженого, приготовленного с использованием изолята сывороточных белков различных способов гликирования. Гликированный изолят сывороточных белков получают путем инкубации изолята сывороточных белков с D-аллозой, D-психозой, D-глюкозой, D-фруктозой и с другими сахарами при определенных условиях. Отмечено, что все гликированные изоляты сывороточных белков обладают способностью к насыщению воздухом и к образованию пены наравне с нативными изолятами сывороточных белков. Указанная тенденция сохраняется при использовании их в производстве мороженого. Установлено, что изоляты сывороточных белков, гликированные редкими сахарами D-аллозой и D-психозой, обладают высокой антиоксидантной активностью, которая сохраняется при добавлении их в мороженое. В работе сделан вывод, что в результате применения гликированных изолятов сывороточных белков можно получить мороженое хорошего качества с высокой антиоксидантной способностью.

Исследована возможность применения конъюгата к-каррагинана с изолятом молочного белка в качестве стабилизатора в технологии производства мороженого в дозировке 0,1–0,2% [56]. Отмечено, что смеси для мороженого, стабилизированные конъюгатом, показывали более низкие значения по показателям качества текстуры и реологическим показателям, чем механическая смесь к-каррагинана с изолятом молочного белка. Существенных отличий по взбитости и твердости в образцах мороженого не обнаружено. Установлено, что введение конъюгата к-каррагинана с изолятом молочного белка повышает устойчивость образцов мороженого к таянию за счет лучшей влагоудерживающей способности.

Результаты исследования влияния вида и источника белка на микроструктуру и скорость таяния мороженого представлены в статье [57]. Мороженое вырабатывают с применением концентрата молочных белков, изолята сывороточных белков и функциональных белков Procream до концентрации общего белка в продукте 4–10%. Установлено, что значение средних размеров кристаллов льда и воздушных пузырьков, а также взбитость не зависят от источника белка или от его концентрации. Отмечено, что скорость таяния увеличивается с повышением массовой доли белка в продукте, за исключением мороженого с Procream, который обеспечивает высокую устойчивость к таянию во всех образцах.

В статье [58] описано исследование применения изолята сывороточных белков с целью повышения массовой доли белка до 6, 8 и 10% в мороженом из буйволиного молока. Результаты эксперимента показывают, что возрастание массовой доли белка снижает индекс текучести (с 0,86 до 0,57) и повышает коэффициент консистенции (с 0,18 до 4,22 Па·с) смеси для мороженого. При этом отмечено отрицательное влияние увеличения массовой доли белка в продукте на некоторые показатели за счет использования изолята сывороточных белков. Взбитость уменьшается с 94,9 до 33,9%, твердость увеличивается с 13,60 до 47,66 Н, и скорость таяния возрастает с 0,24 до 0,74 г/мл. Сделан вывод о том, что при увеличении массовой доли белка в продукте снижается количество дезмульгированного жира, а также интенсивность образования агломератов жировых шариков.

Не менее активно в настоящее время изучается возможность применения гидролизатов сывороточных белков в продуктах питания. Имеются данные об их использовании в технологии молочных продуктов [59], в том числе йогуртов [60,61], муссов и взбитых десертов [62].

В статье [20] приведены результаты использования гидролизатов сывороточных белков в технологии мороженого пломбир. Отмечено, что вязкость смесей для мороженого и степень дисперсности кристаллов льда при применении гидролизата сывороточных белков повышаются, а термоустойчивость снижается.

Авторы [63] показали, как ферментативно гидролизованный белок улучшает качество структуры продукта по сравнению с нативным белком и влияет на гелеобразующую, пенообразующую, водоудерживающую и эмульгирующую способности.

В патенте RU2708331C2 [64] описан способ производства ягодного десерта с кислородом, обогащенного гидролизатом сывороточных белков с высокой степенью гидролиза (около 60%), в количестве 1–3% от объема сыворотки.

Результаты исследований поверхностно-активных свойств гидролизата казеината натрия и применения его в технологии мороженого взамен гидроколлоида или эмульгатора (Е 472b) с целью формирования чистой этикетки представлены в работе [65]. Автором получен казеинат натрия с низкой степенью гидролиза (2,2–2,4%) [65,66]. Отмечено, что использование гидролизата в качестве гидроколлоида нецелесообразно в связи с негативным влиянием на взбитость и стабильность структуры продукта. Напротив, замена эмульгирующего вещества привела к получению продукта, сравнимого по технологическим и органолептическим показателям со стандартным мороженым.

Изучено влияние гидролизованного нанофильтрованного концентрата ультрафильтрованного пермеата кислой сыворотки на качественные показатели молочного мороженого [67]. В результате работы сделан вывод о том, что кислая сыворотка не влияет на устойчивость мороженого к таянию, но при этом снижает температуру замерзания смеси. При этом отмечено, что криоскопическая температура и температура стеклования (T_g) понижаются по мере увеличения количества кислой сыворотки в мороженом, а гидролизованный нанофильтрованный концентрат ультрафильтрованного пермеата кислой сыворотки может быть использован в мороженом для замены не более 20% сухих веществ молока.

По мнению авторов ряда исследований, ограничивающим фактором применения гидролизатов сывороточных белков в пищевых продуктах является их горький вкус, обусловленный наличием в их составе горьких пептидов [20,65].

5. Заключение

Изложенная информация в целом позволяет сделать вывод о целесообразности применения продуктов переработки молочной сыровотки в целях создания новых видов мороженого, обладающего прогнозируемыми и востребованными на сегодняшний день потре-

бительскими свойствами. Однако это не исключает необходимость более детального изучения аспектов применения в производстве мороженого каждого конкретного источника молочного белка, что обусловлено наличием в научной литературе противоположных результатов исследований одних и тех же изучаемых параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаizzo, P. И., Ершова, Л. Д., Павлова, Г. Н., Ермоленко, Р. С., Алехина, Л. А., Варивода, А. А. (2007). Компьютерное моделирование белково-витаминных композиций, сбалансированных по содержанию незаменимых аминокислот. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 62–64.
2. Genovese, A., Balivo, A., Salvati, A., Sacchi, R. (2022). Functional ice cream health benefits and sensory implications. *Food Research International*, 161, Article 111858. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111858>
3. Keogh, C., Li, C., Gao, Z. (2019) Evolving consumer trends for whey protein supplements: The Heckman ordered probit estimation. *Agricultural and Food Economics*, 7(1), Article 6. <https://doi.org/10.1186/s40100-019-0125-9>
4. Ландиховская, А. В., Закирова, Р. Р. (29–30 октября, 2019). *Замороженные десерты повышенной пищевой ценности для посетителей фитнес клубов. Сборник научных трудов XIII международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук «Перспективные исследования и новые подходы к производству и переработке сельскохозяйственного сырья и продуктов питания»*, Углич, Россия, 2019.
5. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б. (2019). Применение микропартикулатов сыровоточных белков в технологии полутвердых сыров. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 129–140. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.199>
6. Ahmad, T., Aadil R. M., Ahmed, H., ur Rahman, U., Soares, B. C. V., Souza, S. L. Q. et al. (2019). Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science and technology*, 88, 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>
7. Магомедов, Г. О., Магомедов, М. Г., Рыбина, А. В., Полянский, К. К., Пронина, О. В. (2017). Белковый снэк с концентратом сыровоточного белка для питания спортсменов. *Сырделие и маслоделие*, 5, 32–33.
8. Лосев, А. Н., Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Коротков, Е. Г. (2016). Творог с микропартикулятом сыровоточных белков. *Молочная промышленность*, 1, 31–33.
9. Храмов, А. Г. (2011). Феномен молочной сыровотки. СПб: Профессия, 2011.
10. Токаев, Э. С., Баженова, Е. Н., Мироедов, Р. Ю. (2007). Сыровоточные белки для функциональных напитков. *Молочная промышленность*, 10, 55–56.
11. Зайцев, К. А., Новокшанова, А. Л. (2021). Изучение влияния углеводного компонента на потребительские свойства мороженого. *Ползуновский вестник*, 4, 47–51. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.007>
12. Patel, S. (2015). Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. *Journal of Functional Foods*, 19(A), 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.040>
13. Solak, B. V., Akin, N. (2012). Health benefits of whey protein: A review. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3), 129–137. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2012.03.001>
14. Просек, А. Ю., Ульрих, Е. В., Носкова, С. Ю., Будрик, В. Г., Ботина, С. Г., Агаркова, Е. Ю. и др. (2013). Получение ферментативных гидролизатов белков молочной сыровотки с использованием протеолитических ферментов. *Фундаментальные исследования*, 6–5, 108–109.
15. Kew, B., Holmes, M., Stieger, M., Sarkar, A. (2020). Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective. *Trends in Food Science and Technology*, 106, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.032>
16. Гурова, Н. В. (2005) Физико-химические принципы технологий жидких белоксодержащих эмульсионных продуктов для специализированного питания. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва: МГУПБ, 2005.
17. Loffredi, E., Moriano, M. E., Masseroni, L., Alamprese, C. (2020). Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT*, 137, Article 110499. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110499>
18. Awad, R. A., Hassan, Z. M. R., Salama, W. M. (2014). Surface tension and foaming properties as a simple index in relation to buffalo milk adulteration. *International Journal of Dairy Science*, 9(4), 106–115. <https://doi.org/10.3923/ijds.2014.106.115>
19. Гурский, И. А., Творогова, А. А. (2023). Влияние технологических факторов на воздушную фазу взбитых кисломолочных десертов. *Техника и технология пищевых производств*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2410>
20. Творогова, А. А., Шобанова, Т. В., Казакова, Н. В., Канина, К. А. (2022). Влияние частичной замены СОМО концентратами и гидролизатами сыровоточных белков на показатели качества мороженого пломбир. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*, 3, 138–147. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-3-138-147>
21. Творогова, А. А. (2021). Мороженое в России и СССР: теория, практика. Развитие технологий. СПб: Профессия, 2021.
22. Moschopoulou, E., Dernikos, D., Zoidou, E. (2021). Ovine ice cream made with addition of whey protein concentrates of ovine-caprine origin. *International Dairy Journal*, 122, Article 105146. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105146>
23. Горбатова, К. К. (1993). Химия и физика белков молока. М.: Колос, 1993.
24. Творогова, А. А., Шобанова, Т. В., Цеменовский, М. А. (2020). Исследование влияния источников белка на показатели качества мороженого. *Холодильная техника*, 4, 36–39.
25. Володин, Д. Н., Золоторева, М. С., Топалов, В. К., Евдокимов, И. А., Храмов, А. Г., Мертин П. (2015). Переработка молочной сыровотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты. *Молочная промышленность*, 5, 36–41.
26. Гурский, И. А. (2023). Текстура обезжиренного йогурта с изолятами и концентратами белков. *Пищевые системы*, 6(1), 29–35. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-29-35>
27. Shinya, I. (2015). Functional and hydration properties of milk protein concentrate (MPC). *Milk Science*, 64(2), 127–137. <https://doi.org/10.11465/milk.64.127> (In Chinese)
28. Tunick, M. H. (2008). Whey protein production and utilization: A brief history. Chapter in a book: *Whey processing, functionality and health benefits*. Hoboken: Wiley-Blackwell (US), 2008. <https://doi.org/10.1002/9780813803845.ch1>
29. Надточий, Л. А., Яковченко, Н. В., Абдуллаева, М. С., Лепешкин, А. И., Кузнецова, Е. Д., Предеина, А. Л. (2016). Разработка технологии и состава высокобелковой смеси мороженого. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*, 4, 50–57.
30. Варивода, А. А. (2020). Использование концентрата сыровоточных белков в качестве стабилизатора структуры при производстве продуктов питания. *Ползуновский вестник*, 2, 58–62. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.011>
31. Банникова, А. В., Евдокимов, И. А. (2015). Молочные продукты, обогащенные сыровоточными белками. Технологические аспекты создания. *Молочная промышленность*, 1, 64–66.
32. Svanborg, S., Johansen, A., Abrahamsen, R. K., Skeie, S. B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5829–5840. <http://doi.org/10.3168/jds.2014-9039>
33. Uliko, H., Lui, L., Lv, J.-P., Zhang, S.-W. (2016). Functional characteristics of milk protein concentrates and their modification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), 1193–1208. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.758625>
34. Смирнова, И. А., Гутов, Н. Ю., Юрташкина, А. В. (2017). Изучение фракционного состава молочно-белковых концентратов с целью их применения в производстве молочных продуктов. *Техника и технология пищевых производств*, 2(45), 69–74.
35. Неповинных, Н. В., Птичкина, Н. М. (2015). Исследование физико-химических свойств замороженных десертов специального назначения. *Вестник международной академии холода*, 2, 28–31.
36. Смирнова, И. А., Гутов, Н. Ю., Лукин, А. А. (2018). Изучение состава молочно-белковых концентратов. *Техника и технология пищевых производств*, 48(1), 85–90. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-85-90>
37. Мельникова, Е. И., Пономарев, А. Н., Попова, Е. Е. (2012). Молочные белки в технологии мороженого. *Молочная промышленность*, 12, 64–65.
38. Ландиховская, А. В. (2021). Разработка композиционного состава и исследование показателей качества низкокалорийного мороженого без сахара. *Пищевые системы*, 4(35), 179–183. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-35-179-183>
39. Ландиховская, А. В., Творогова, А. А., Казакова, Н. В. (2021). Применение глюкозно-фруктозных сиропов в мороженом без сахарозы с низким содержанием жира. *Пищевая промышленность*, 5, 71–74. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.5.5.017>
40. Творогова, А. А., Гурский, И. А., Шобанова, Т. В. (2022). Биологические показатели качества белков обогащенного сливочного мороженого. *Молочная промышленность*, 3, 39–41. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-03-39-41>
41. Патент 2661596. Способ производства и состав белкового (протеинового) мороженого / Танерова Л. Н. Опубл. 21.06.2017. Бюлл. № 20.
42. Danesh, E., Goudarzi, M., Jooyandeh, H. (2017). Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5206–5211. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
43. Гурский, И. А., Творогова, А. А. (2022). Влияние концентратов сыровоточных белков на технологические и органолептические показатели качества мороженого. *Техника и технология пищевых производств*, 52(3), 439–448. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2376>
44. El-Zein, H. M., Moneir, El-Abd M., Mostafa, A. Z., Yasser, El-Gh. F. H. (2016). Effect of incorporating whey protein concentrate on chemical, rheological and textural properties of ice cream. *Journal of Food Processing and Technology*, 07(2), Article 1000546. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000546>
45. Творогова, А. А., Казакова, Н. В. (21–23 июня, 2022). Особенности применения продуктов переработки сыровотки в производстве мороженого. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы производства сыра, масла и другой молочной продукции», Углич, ВНИИМС — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В. М. Горбатова» РАН, 2022.
46. Шохалова, В. Н., Кузин, А. А., Шохалов, В. А., Костюков, Е. М. (2017). Исследование воздушной фазы мороженого, содержащего НФ-концентрат творожной сыровотки. *Молочнохозяйственный вестник*, 2(26), 130–137.
47. Демина, Е. Н., Березина, Н. А., Казаков, А. В. (2021). Оптимизация рецептуры мороженого методом симплекс-решетчатого планирования. *Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья*, 1, 104–116. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.192>

48. Poursani, P., Razavi, S. M. A., Tehrani, M. M., Javidi, F. (2020). Rheological, physical and sensory properties of non-fat ice creams as affected by selected fat replacers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), Article e15010. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15010>
49. Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., Ji, T. (2005). Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 862–871. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72752-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72752-1)
50. Баранов, С. (2014). Новое поколение установок микропартикуляции. *Молочная промышленность*, 6, 22–23.
51. E, X., Pei, Z. J., Schmidt, K. A. (2010). Ice cream: Foam formation and stabilization — a review. *Food Reviews International*, 26(2), 122–137. <https://doi.org/10.1080/87559120903564472>
52. Ходырева, З. Р., Шетинин, М. П., Вайтанис, М. А., Щетинина Е. М., Логинова, А. А. (20–24 октября, 2020). Обоснование разработки обогащенного замороженного десерта с добавлением сывороточного белка. Материалы VII Международной научно-практической конференции «Современные достижения биотехнологии. Техника, технология и упаковка для реализации инновационных проектов на предприятиях пищевой и биотехнологической промышленности, Пятигорск, Издательство ПФ СКФУ II. 2020.
53. Awad, R. A., Metwally, A. I. (2000). Evaluation of total milk protein as a milk solids source in ice cream manufacture. *Annals of Agricultural Science (Cairo)*, 45(2), 603–618.
54. Akalin, A. S., Karagözü, C., Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227, 889–895. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>
55. Puangmanee, S., Hayakawa, S., Sun, Y., Ogawa, M. (2008). Application of whey protein isolate glycated with rare sugars to ice cream. *Food Science and Technology Research*, 14(5), 457–466. <https://doi.org/10.3136/fstr.14.457>
56. Seo, C. W., Oh, N. S. (2022). Functional application of Maillard conjugate derived from a κ-carrageenan/milk protein isolate mixture as a stabilizer in ice cream. *LWT*, 161, Article 113406. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113406>
57. Daw, E., Hartel, R. W. (2015). Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *International Dairy Journal*, 43, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.001>
58. Roy, S., Hussain, S. A., Prasad, W. G., Khetra, Y. (2022). Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. *Applied Food Research*, 2(1), Article 100029. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100029>
59. Mann, B., Kumari, A., Kumar, R., Sharma, R., Prajapati, K., Mahboob, S. et al. (2015). Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3235–3241. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1361-3>
60. Gómez-Mascaraque, L. G., Miralles, B., Recio, I., López-Rubio, A. (2016). Microencapsulation of a whey protein hydrolysate within micro-hydrogels: Impact on gastrointestinal stability and potential for functional yoghurt development. *Journal of Functional Foods*, 26, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.08.006>
61. Sakkas, L., Tzevdou, M., Zoidou, E., Gkotsia, E., Karvounis, A., Samara, A. et al. (2019). Yoghurt-type gels from skim sheep milk base enriched with whey protein concentrate hydrolysates and processed by heating or high hydrostatic pressure. *Food*, 8(8), Article 342. <https://doi.org/10.3390/foods8080342>
62. Agarkova, E. Yu., Kruchinin, A. G., Glazunova, O. A., Fedorova, T. V. (2019). Whey protein hydrolysate and pumpkin pectin as nutraceutical and prebiotic components in a functional mousse with antihypertensive and bifidogenic properties. *Nutrients*, 11(12), Article 2930. <https://doi.org/10.3390/nu11122930>
63. Asaithambi, N. Singha, P., Singh, S. K. (2022). Recent application of protein hydrolysates in food texture modification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2081665>
64. Патент 2 708 331. Способ производства десерта функционального назначения / Неповинных Н. В., Семина А. И., Новокшанова А. Л., Птичкина Н. М.. Опубл. 05.12.2019. Бюлл. № 34.
65. Ewert, J., Schlierenkamp, F., Fischer, L., Stressler, T. (2019). Application of a technofunctional caseinate hydrolysate to replace surfactants in ice cream. *Chemie Ingenieur Technik*, 91(7), 1024–1031. <https://doi.org/10.1002/cite.201800153>
66. Ewert, J., Gluck, C., Zeeb, B., Weiss, J., Stressler, T., Fischer, L. (2018). Modification of the interfacial properties of sodium caseinate using a commercial peptidase preparation from *Geobacillus stearothermophilus*. *Food Hydrocolloids*, 81, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.036>
67. Vajda, Á., Zeke, I., Juhász, R., Barta, J., Balla, Cs. (2013). Effect of acid whey concentrate on thermophysical properties of milk-based ice-cream. *Acta Alimentaria*, 42(Suppl), 107–115. <https://doi.org/10.1556/AAlim.42.2013.Supp.13>

REFERENCES

1. Shazzo, R. I., Yerashova, L. D., Pavlova, G. N., Yermolenko, R. S., Alekhina, L. A., Varivoda, A. A. (2007). Computer modelling of the protein-vitamin composites balanced on the contents of irreplaceable amino acids. *Storage and Processing of Farm Products*, 6, 62–64. (In Russian)
2. Genovese, A., Balivo, A., Salvati, A., Sacchi, R. (2022). Functional ice cream health benefits and sensory implications. *Food Research International*, 161, Article 111858. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111858>
3. Keogh, C., Li, C., Gao, Z. (2019). Evolving consumer trends for whey protein sports supplements: The Heckman ordered probit estimation. *Agricultural and Food Economics*, 7(1), Article 6. <https://doi.org/10.1186/s40100-019-0125-9>
4. Landihovskaya, A. V., Zakirova, R. R., (October 29–30, 2019). Frozen desserts of the increased nutritional value for visitors of fitness centers. Proceedings of the 13th International scientific-practical conference of young scientists and specialists of organizations in the sphere of agricultural sciences “Promising studies and new approaches to production and processing of agricultural raw materials and food products”, Uglich, Russia, 2019. (In Russian)
5. Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B. (2019). Application of microparticulates of whey proteins in the technology of semi-hard cheeses. *Storage and Processing of Farm products*, 4, 129–140. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.199> (In Russian)
6. Ahmad, T., Aadil R. M., Ahmed, H., ur Rahman, U., Soares, B. C. V., Souza, S. L. Q. et al. (2019). Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science and technology*, 88, 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>
7. Magomedov, G. O., Magomedov, M. G., Rybina, A. V., Polyanskiy, K. K., Pronina, O. V. (2017). Protein snack with the concentrate of whey protein for sportsmen nutrition. *Cheesemaking and Buttermaking*, 5, 32–33. (In Russian)
8. Losev, A. N., Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Korotkov, E. G. (2016). The curds with whey protein microparticulate. *Dairy Industry*, 1, 31–33. (In Russian)
9. Hramtsov, A. G. (2011). Phenomenon of whey. Saint-Petersburg: Profession, 2011. (In Russian)
10. Tokaev, E. S., Bazhenova, E. N., Miroedov, R. Yu. (2007). Whey proteins for functional drinks. *Dairy Industry*, 10, 55–56. (In Russian)
11. Zaytsev, K. A., Novokshanova, A. L. (2021). Study of the effect of the carbohydrate component on the consumer properties of ice cream. *Polzunovskiy Vestnik*, 4, 47–51. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.007> (In Russian)
12. Patel, S. (2015). Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. *Journal of Functional Foods*, 19(A), 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.040>
13. Solak, B. B., Akin, N. (2012). Health benefits of whey protein: A review. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3), 129–137. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2012.03.001>
14. Prosekov, A. Y., Ulrhi, E. V., Noskova, S. Y., Budrik, V. G., Botina, S. G., Agarkova, E. Y. et al. (2013). The getting enzymatic whey protein hydrolysate using proteolytic enzyme *Fundamental Research*, 6–5, 1089–1093. (In Russian)
15. Kew, B., Holmes, M., Stieger, M., Sarkar, A. (2020). Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective. *Trends in Food Science and Technology*, 106, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.032>
16. Gurova, N. V. (2003). Physico-chemical principles of technologies of liquid protein-containing emulsion products for specialized nutrition. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow: Moscow State University of Applied Biotechnology, 2003.
17. Loffredi, E., Moriano, M. E., Masseroni, L., Alamprese, C. (2020). Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT*, 137, Article 110499. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110499>
18. Awad, R. A., Hassan, Z. M. R., Salama, W. M. (2014). Surface tension and foaming properties as a simple index in relation to buffalo milk adulteration. *International Journal of Dairy Science*, 9(4), 106–115. <https://doi.org/10.5923/ijds.2014.106.115>
19. Gurskiy, I. A., Tvorogova, A. A. (2023). The impact of technological factors on the air phase of defrosted fermented-milk desserts. *Food Processing: Techniques and Technology*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2410> (In Russian)
20. Tvorogova, A. A., Shobanova, T. V., Kazakova, N. V., Kanina, K. A. (2022). Effect of partial replacement of milk solids non-fat (MSNF) with whey protein concentrates and hydrolysates on the quality parameters of plomieres ice cream. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 3, 138–147. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-3-138-147> (In Russian)
21. Tvorogova, A. A. (2021). Ice cream in Russia and the USSR: theory, practice, development of technologies. Saint-Petersburg: Profession, 2021. (In Russian)
22. Moschopoulou, E., Dernikos, D., Zoidou, E. (2021). Ovine ice cream made with addition of whey protein concentrates of ovine-caprine origin. *International Dairy Journal*, 122, Article 105146. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105146>
23. Gorbatova, K. K. (1993). Chemistry and physics of milk proteins. Moscow: Kolos, 1993. (In Russian)
24. Tvorogova, A. A., Shobanova, T. V., Tsemenovskiy, M. A. (2020). Study of the effect of protein sources on the ice cream quality indices. *Kholodilnaya Tekhnika*, 4, 36–39. (In Russian)
25. Volodin, D. N., Zolotareva, M. S., Topalov, V. K., Evdokimov, I. A., Hramtsov, A. G., Mertin P. (2015). Milk whey processing: Conceptual strategy, real technologies, adequate investments, demanded products. *Dairy Industry*, 5, 36–41. (In Russian)
26. Gurskiy, I. A. (2023). The texture of non-fat yogurt with proteins isolates and concentrates. *Food Systems*, 6(1), 29–35. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-29-35> (In Russian)
27. Shinya, I. (2015). Functional and hydration properties of milk protein concentrate (MPC). *Milk Science*, 64(2), 127–137. <https://doi.org/10.11465/milk.64.127> (In Chinese)
28. Tunick, M. H. (2008). Whey protein production and utilization: A Brief History. Chapter in a book: Whey Processing, Functionality and Health Benefits. Hoboken: Wiley-Blackwell (US), 2008. <https://doi.org/10.1002/9780813803845.ch1>
29. Nadtochiy, L. A., Jakovchenko, N. V., Abdullaeva, M. S., Lepeshkin, A. I., Kuznecova, E. D., Predeina, A. L. (2016). Technology and composition of the high-protein mixture for ice cream. *Processes and Food Production Equipment*, 4, 50–57. (In Russian)
30. Varivoda, A. A. (2020). Using whey protein concentrate as a stabilizer of structure in food production. *Polzunovskiy Vestnik*, 2, 58–62. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.011> (In Russian)
31. Bannikova, A. V., Evdokimov, I. A. (2015). Milk products enriched with whey proteins. Technological aspects of developing. *Dairy Industry*, 1, 64–66. (In Russian)
32. Svanborg, S., Johansen, A., Abrahamsen, R. K., Skeie, S. B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5829–5840. <http://doi.org/10.3168/jds.2014-9039>
33. Uliko, H., Lui, L., Lv, J.-P., Zhang, S.-W. (2016). Functional characteristics of milk protein concentrates and their modification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), 1193–1208. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.758625>

34. Smirnova, I. A., Gutov, N. Yu., Yurtashkina, A. V. (2017). Studying of fractional composition of milk-protein concentrates for the purpose of their application in production of dairy products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2(45), 69–74. (In Russian)
35. Nepovinnikh, N. V., Ptichkina, N. M. (2015). Physicochemical properties of frozen desserts for special purposes. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 2, 28–31. (In Russian)
36. Smirnova, I. A., Gutov, N. YU., Lukin, A. A. (2018). Research of composition of milk protein concentrates. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(1), 85–90. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-85-90> (In Russian)
37. Melnikova, E. I., Ponomarev, A. N., Popova, E. E. (2012). Milk proteins in ice cream technology. *Dairy Industry*, 12, 64–65. (In Russian)
38. Landikhovskaya, A. V. (2021). Research on composition and quality indices of low-calorie ice cream without sucrose. *Food Systems*, 4(3S), 179–183. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-179-183> (In Russian)
39. Landikhovskaya, A. V., Tvorogova, A. A., Kazakova, N. V. (2021). The use of glucose-fructose syrups in ice cream without sucrose with the low contents of fat. *Food Industry*, 5, 71–74. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.5.5.017> (In Russian)
40. Tvorogova, A. A., Gurskiy, I. A., Shobanova, T. V. (2022). Biological indicators of protein quality of enriched cream ice cream. *Dairy Industry*, 3, 39–41. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-03-39-41> (In Russian)
41. Tanerova L. N. Method of production and composition of protein ice-cream. Patent RF 2661396. 2017 (In Russian)
42. Danesh, E., Goudarzi, M., Jooyandeh, H. (2017). Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5206–5211. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
43. Gurskiy, I. A., Tvorogova, A. A. (2022). The effect of whey protein concentrates on technological and sensory quality indicators of ice cream. *Food Processing: Techniques and Technology*, 52(3), 439–448. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2376> (In Russian)
44. El-Zeini, H. M., Moneir, El-Abd M., Mostafa, A. Z., Yasser, El-Gh. F. H. (2016). Effect of incorporating whey protein concentrate on chemical, rheological and textural properties of ice cream. *Journal of Food Processing and Technology*, 07(2), Article 1000546. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000546>
45. Tvorogova, A. A., Kazakova, N. V. (June 21–23, 2022). Peculiarities of using products of whey processing in ice-cream production. Proceedings of the International scientific-practical conference “Topical questions of production of cheese, butter and other dairy products”. Uglich, Russia, 2022. (In Russian)
46. Shokhalova, V. N., Kusin, A. A., Shokhalov, V. A., Kostyukov, E. M. (2017). Investigation of ice-cream air phase with a curd whey NF concentrate. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik*, 2(26), 130–137. (In Russian)
47. Demina, E. N., Berezina, N. A., Kazakov, A. V. (2021). Optimization of the formulation of ice cream by the method of simplex-lattice planning *Storage and Processing of Farm Products*, 1, 104–116. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.192> (In Russian)
48. Poursani, P., Razavi, S. M. A., Tehrani, M. M., Javidi, F. (2020). Rheological, physical and sensory properties of non-fat ice creams as affected by selected fat replacers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), Article e15010. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15010>
49. Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., Ji, T. (2005). physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 862–871. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72752-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72752-1)
50. Baranov, S. (2014). New generation of the plants for microparticulation. *Dairy Industry*, 6, 22–23. (In Russian)
51. E, X., Pei, Z. J., Schmidt, K. A. (2010). Ice cream: Foam formation and stabilization — a review. *Food Reviews International*, 26(2), 122–137. <https://doi.org/10.1080/87559120903564472>
52. Khodyreva, Z. R., Shchetinin, M. P., Vajtanis, M. A., Shchetinina E. M., Loginova, A. A. (October 20–24, 2020). Justification for the development of an enriched frozen dessert with the addition of whey protein. Proceedings of the 7th International scientific-practical conference “Modern achievements of biotechnology. Technique, technology and packaging for realization of innovative projects in enterprises of food and biotechnological industry”. Pyatigorsk: Publishing House PF NCFU II, 2020. (In Russian)
53. Awad, R. A., Metwally, A. I. (2000). Evaluation of total milk proteinate as a milk solids source in ice cream manufacture. *Annals of Agricultural Science (Cairo)*, 45(2), 603–618.
54. Akalin, A.S., Karagözlü, C., Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227, 889–895. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>
55. Puangmanee, S., Hayakawa, S., Sun, Y., Ogawa, M. (2008). Application of whey protein isolate glycated with rare sugars to ice cream. *Food Science and Technology Research*, 14(5), 457–466. <https://doi.org/10.3136/fstr.14.457>
56. Seo, C. W., Oh N. S. (2022). Functional application of Maillard conjugate derived from a κ-carrageenan/milk protein isolate mixture as a stabilizer in ice cream. *LWT*, 161, Article 113406. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113406>
57. Daw, E., Hartel, R. W. (2015). Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *International Dairy Journal*, 43, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.001>
58. Roy, S., Hussain, S. A., Prasad, W. G., Khetra, Y. (2022). Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. *Applied Food Research*, 2(1), Article 100029. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100029>
59. Mann, B., Kumari, A., Kumar, R., Sharma, R., Prajapati, K., Mahboob, S. et al. (2015). Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3235–3241. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1361-3>
60. Gómez-Masclaque, L. G., Miralles, B., Recio, I., López-Rubio, A. (2016). Microencapsulation of a whey protein hydrolysate within micro-hydrogels: Impact on gastrointestinal stability and potential for functional yoghurt development. *Journal of Functional Foods*, 26, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.08.006>
61. Sakkas, L., Tzevdou, M., Zoidou, E., Gkotzia, E., Karvounis, A., Samara, A. et al. (2019). Yoghurt-type gels from skim sheep milk base enriched with whey protein concentrate hydrolysates and processed by heating or high hydrostatic pressure. *Foods*, 8(8), Article 342. <https://doi.org/10.3390/foods8080342>
62. Agarkova, E. Yu., Kruchinin, A. G., Glazunova, O. A., Fedorova, T. V. (2019). Whey protein hydrolysate and pumpkin pectin as nutraceutical and prebiotic components in a functional mousse with antihypertensive and bifidogenic properties. *Nutrients*, 11(12), Article 2930. <https://doi.org/10.3390/nu11122930>
63. Asaithambi, N., Singha, P., Singh, S. K. (2022). Recent application of protein hydrolysates in food texture modification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2081665>
64. Nepovinnikh N. V., Semina A. I., Novokshanova A. L., Ptichkina N. M. Functional purpose dessert production method. Patent RF 708 331, 2018. (In Russian).
65. Ewert, J., Schlierenkamp, F., Fischer, L., Stressler, T. (2019). Application of a technofunctional caseinate hydrolysate to replace surfactants in ice cream. *Chemie Ingenieur Technik*, 91(7), 1024–1031. <https://doi.org/10.1002/cite.201800153>
66. Ewert, J., Gluck, C., Zeeb, B., Weiss, J., Stressler, T., Fischer, L. (2018). Modification of the interfacial properties of sodium caseinate using a commercial peptidase preparation from *Geobacillus stearothermophilus*. *Food Hydrocolloids*, 81, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.036>
67. Vajda, Á., Zeke, I., Juhász, R., Barta, J., Balla, Cs. (2013). Effect of acid whey concentrate on thermophysical properties of milk-based ice-cream. *Acta Alimentaria*, 42 (Suppl), 107–115. <https://doi.org/10.1556/AAlim.42.2013.Supp.13>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Ситникова Полина Борисовна — кандидат технических наук, научный сотрудник, Лаборатория технологии мороженого, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 127422, Москва, ул. Костякова, 12 Тел.: +7-495-610-83-85 E-mail: sitnikova.p.b@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4098-9146 * автор для контактов	Polina B. Sitnikova, Candidate of Technical Sciences, Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12, Kostyakova Str., 127422, Moscow, Russia Tel.: +7-495-610-83-85 E-mail: sitnikova.p.b@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4098-9146 * corresponding author
Казаква Наталия Владимировна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Лаборатория технологии мороженого, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 127422, Москва, ул. Костякова, 12 Тел.: +7-495-610-83-85 E-mail: nkazak.53@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2963-6294	Natalia V. Kazakova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12, Kostyakova Str., 127422, Moscow, Russia Tel.: +7-495-610-83-85 E-mail: nkazak.53@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2963-6294
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.