

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-375-383>

Поступила 25.04.2024

Поступила после рецензирования 14.08.2024

Принята в печать 16.08.2024

© Ситникова П. Б., Казакова Н. В., 2024

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

Обзорная статья

Open access

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПАРТИКУЛЯТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОРОЖЕНОГО И ДРУГИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Ситникова П. Б.*, Казакова Н. В.

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

мороженое,
микропартикулят
сывороточных белков,
жирность, молочные
продукты

Целью настоящей статьи является систематизация данных о применении микропартикулятов сывороточных белков (МПСБ) в производстве мороженого и других молочных продуктов. Приведена информация о сущности процесса микропартикуляции и о способах производства МПСБ, а также данные о составе и физико-химических свойствах жидких и сухих МПСБ. Описано влияние размеров частиц МПСБ на качественные показатели продуктов с их использованием. В большинстве проанализированных работ указано, что диаметр частиц составляет 1,0–2,5 мкм. Однако по этому показателю получены противоречивые данные — если учесть результаты всех работ, то размер конгломератов может быть от 0,5 до 12 мкм. Такие размеры сопоставимы с параметрами жировых шариков, что позволяет рецепторам ротовой полости человека воспринимать их идентично. Благодаря этому, МПСБ можно использовать в качестве имитатора молочного жира. Отмечено, что процесс микропартикуляции позволяет создавать МПСБ с заданными функциональными свойствами, а именно с определенными характеристиками по показателям «растворимость», «влагоудерживающая способность», «телеобразование», «эмульгирующие и пенообразующие свойства». Отражены сведения об особенностях применения и дозировках МПСБ в таких кисломолочных продуктах, как йогурт, кефир, творог и сыр. Особое внимание уделено результатам исследований применения МПСБ в мороженом. Отмечено, что чаще всего ученые использовали МПСБ с целью восполнения ощущения жирности в обезжиренных и нежирных молочных продуктах. Выделена способность МПСБ повышать биологическую ценность пищевых продуктов. Сделан вывод о том, что МПСБ позволяет сформировать в маложирных молочных продуктах мягкую и эластичную структуру, интенсифицировать молочный цвет и ограничить рост кристаллов льда в замороженных десертах посредством связывания и равномерного распределения влаги. Получены данные о клиническом исследовании влияния мороженого, содержащего МПСБ, на здоровье детей и взрослых. Отрицательного влияния МПСБ на показатели клинических анализов людей и на их здоровье не выявлено.

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

Received 25.04.2024

Accepted in revised 14.08.2024

Accepted for publication 16.08.2024

© Sitnikova P. B., Kazakova, N. V., 2024

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

Review article

Open access

APPLICATION OF WHEY PROTEIN MICROPARTICULATES IN THE PRODUCTION OF ICE CREAM AND OTHER DAIRY PRODUCTS

Polina B. Sitnikova*, Natalia V. Kazakova

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

KEY WORDS:

ice cream, whey protein
microparticulate, fat
content, dairy products

ABSTRACT

The aim of this paper is to systemize data on the use of whey protein microparticulates (WPMP) in production of ice cream and other dairy products. Information about the essence of the microparticulation process and methods for WPMP production is given. Data on the composition and physico-chemical properties of liquid and dry WPMP are presented. An effect of sizes of WPMP particles on quality characteristics of products made with their use is described. The majority of the analyzed studies indicate that the diameter of particles is 1.0–2.5 μm. However, contradictory data were obtained for this indicator — if the results of all studies are taken into consideration, a size of conglomerates can be 0.5 to 12 μm. These sizes are comparable with parameters of fat globules, which allow receptors of the human oral cavity to perceive them identically. Due to this, WPMP can be used as an imitator of milk fat. It is noted that the microparticulation process enables producing WPMP with targeted functional properties, namely, with particular characteristics by indicators “solubility”, “water holding capacity”, “gel formation”, “emulsifying and foam forming properties”. Information about the specific features of using and dosing WPMP in fermented milk products, such as yogurt, kefir, curd cheese and cheese, is given. A special attention is paid to the results of the investigation of using WPMP in ice cream. It is noted that most often scientists used WPMP to make up for the sensation of fatness in defatted and nonfat dairy products. The ability of WPMP to increase the biological value of food products is highlighted. It has been concluded that WPMP enables formation of soft and elastic structure in low-fat dairy products, intensification of milky color and restriction of ice crystal growth in frozen desserts by binding and equally distributing moisture. The data were obtained about the clinical investigation of an effect of ice cream with WPMP on the health of children and adults. The negative effect of WPMP on the indicators of clinical analyses of humans and their health was not revealed.

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

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ситникова, П. Б., Казакова, Н. В. (2024). Применение микропартикулятов сывороточных белков в производстве мороженого и других молочных продуктов. *Пищевые системы*, 7(3), 375–383. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-375-383>

FOR CITATION: Sitnikova, P. B., Kazakova, N. V. (2024). Application of whey protein microparticulates in the production of ice cream and other dairy products. *Food Systems*, 7(3), 375–383. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-375-383>

1. Введение

Данная статья продолжает публикацию [1], посвященную анализу научной литературы о результатах обогащения мороженого сывоточными и молочными белками, в качестве источников которых рассмотрены подсырная и творожная сывотка, концентраты, изоляты и гидролизаты сывоточных белков, мицелярный казеин. Однако, наряду с упомянутыми ресурсами, в качестве источников сывоточных белков в пищевой промышленности применяют также микропартикуляты сывоточных белков (МПСБ).

МПСБ представляют собой концентраты сывоточных белков, состав и свойства которых модифицированы с применением процесса микропартикуляции.

Наиболее перспективным направлением их применения является использование в составе маложирных продуктов питания, обладающих востребованными потребительскими свойствами.

Идею использовать микрогранулированный белок в качестве имитатора жира предложили в 1984 г. канадские изобретатели Norman S. Singer, Shoji Yamamoto и Joseph Latella, которые установили, что частицы сферической формы размером 1 мкм ощущаются при разжевывании так же, как жир [2,3].

Уже в 1990 г. вышла статья, в которой охарактеризованы органолептические особенности МПСБ в роли заменителей жира. Автор работы предполагает, что сопоставимость сенсорного восприятия жира и МПСБ позволяет производителям разрабатывать продукты с низким содержанием жира, но органолептически воспринимаемые потребителем как традиционные продукты питания [4]. В 1998 году было исследовано влияние замены жировой составляющей на МПСБ на органолептические показатели и структуру мороженого [5].

В период с 2009 по 2023 год по тематике, связанной с производством МПСБ и с его использованием в молочных продуктах, написано и защищено 2 докторских и 5 кандидатских диссертаций [6–12].

Существуют обзорные статьи, посвященные производству и применению МПСБ в составе пищевых продуктов. Практически в каждой из них констатируется способность МПСБ повышать биологическую ценность пищевых продуктов и возможность использования их в качестве заменителя жира [13–15].

При этом, по данным, представленным в работах [16–19], функциональная роль МПСБ значительно шире. В частности, МПСБ способен замещать казеин в продуктах спортивного питания, стимулировать за счет пребиотической активности развитие пробиотических микроорганизмов при производстве кисломолочных продуктов и поддерживать естественную микрофлору ЖКТ. Пребиотическая активность МПСБ сопоставима с аналогичной активностью инулина. Помимо этого, МПСБ повышает инсулиноподобный фактор роста и снижает содержание холестерина в организме человека.

Существует ряд обзоров, посвященных анализу функциональной целесообразности применения МПСБ в продуктах питания. Несмотря на это, необходима систематизация представленных в них данных, а также наработка, появившихся после их публикации, применительно к молочным продуктам, включая мороженое.

2. Материалы и методы

Поиск научной литературы проводили с использованием поисковых систем Web of Science, Scopus и Google Scholar, при помощи научных электронных библиотек «КиберЛенинка» и eLIBRARY, а также открытых интернет-источников. Сбор данных осуществляли на русском и английском языках по ключевым фразам с оператором «и»: «мороженое», «микропартикулят сывоточного белка», «микропартикулят молочного белка», «молочные продукты», «микропартикулят». По поисковому запросу было найдено более 2000 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 использования публикации:

1. Публикация создана в период 2010–2023 гг.;
2. Источник проиндексирован в Web of Science, Scopus или РИНЦ;
3. Возможно выборочное включение статей, опубликованных ранее 2010 г., в случае отсутствия новых источников по заданным критериям поиска.

Критерии исключения:

1. Работы, не относящиеся к теме исследования;
2. Отсутствие полных текстов публикаций.

3. О процессе микропартикуляции

Микропартикуляция — это комплекс тепловой и механической обработки молочной сывотки с целью формирования конгломератов коагулированного белка определенных размеров [19–22]. Автор

публикации [23] определяет цель микропартикуляции как возможность получения более крупных, чем в нативном состоянии, частиц сывоточного белка, способных удерживаться в казеиновой структуре сыра или творога. При этом отмечено, что частицы белка должны иметь размеры от 2 до 12 мкм. Агломераты белка размером более 12 мкм негативно влияют на органолептические характеристики продукта, в составе которого они используются, а частицы белка величиной менее 2 мкм не будут удерживаться в структуре продукта и перейдут в сывотку.

Модификация состава и свойств подсырной и творожной сывотки включает выделение и концентрирование белков ультрафильтрацией с последующей их денатурацией и диспергированием. Сочетание термической и механической обработки способствует микрогранулированию белковых частиц в нанотрубки, схожие по размеру с шариками жира [16,24].

По консистенции образцы МПСБ представляют собой однородную слабвязкую жидкость молочно-белого цвета, внешне похожую на обезжиренное молоко. В покое они расслаиваются с образованием мелкодисперсного осадка [21].

По данным авторов публикаций [13,25], первым коммерчески доступным ингредиентом на основе МПСБ был продукт торговой марки Simplese®, полученный путем агрегации белка, термической денатурации и резкого снижения уровня pH. Позже начали появляться другие композиции, содержащие МПСБ, например, продукт торговой марки Dairy Lo®, состоящий из смеси сывоточного белка и микрочастиц целлюлозы.

Процесс микропартикуляции позволяет создавать МПСБ с заданными функциональными свойствами, а именно с определенными характеристиками по показателям «растворимость», «влагоудерживающая способность», «гелеобразование», «эмульгирующие и пенообразующие свойства» [13,14,25–27].

3.1. Способы осуществления процесса микропартикуляции

Для придания МПСБ, получаемым в процессе микропартикуляции, желаемых свойств применяют целый ряд дополнительных технологических приемов, а именно сгущение, ультрафильтрацию, диалфильтрацию для снижения уровня лактозы и минералов в сырье. Для осаждения белков в большинстве случаев используют термическую обработку, но есть работы, в которых говорится о применении с этой целью сычужной коагуляции и химического осаждения.

Патенты разработаны для получения как жидких, так и сухих МПСБ.

Помимо микропартикуляции, в литературе описаны способы получения МПСБ посредством химического осаждения белка и его сычужной коагуляции.

В 2013 году впервые в России в патентах 2011130529 и 2487550 С2 для молочной промышленности описаны устройство и способ получения продукта с помощью микропартикуляции исходной смеси, содержащей от 1,5 до 30% сывоточных белков [28,29].

Способ получения сухих МПСБ, описанный в патенте WO2020115324A1 А [30], включает сгущение, ультрафильтрацию или диалфильтрацию жидкого концентрата для снижения уровня лактозы и минералов с последующей сушкой.

Метод получения МПСБ, включающий термическую и механическую обработки сывоточного белка, описан в патенте WO2008063115A1 [31]. Особенностью метода является применение насоса высокого давления, через который пропускают белковый концентрат. В дальнейшем концентрат подвергается обработке — термической при повышенном давлении и механической с дальнейшим получением МПСБ.

В работе [32] описана методика получения МПСБ. Подсырную сывотку очищают сепарированием от казеиновой пыли и жира, подвергают ультрафильтрации при давлении 0,5–1 МПа до достижения массовой доли сухих веществ 18%. Затем полученный концентрат нагревают при 95 °С в течение 10 мин и диспергируют при 30000–40000 с⁻¹ в течение 1,5 мин.

В статье [33] описан схожий способ получения МПСБ. На первом этапе проводят концентрирование молочной сывотки на ультрафильтрационной установке с мембранами УПМ-450С при давлении 0,4 МПа до достижения массовой доли сухих веществ 18 ± 0,5%. Полученный УФ-концентрат подвергают микропартикуляции, включающей тепловую обработку при температуре 90–95 °С в течение 10 минут, гомогенизацию при 3000 с⁻¹ в течение 90 секунд и охлаждение до 8 ± 2 °С.

Эффективное сочетание тепловой и механической обработки при получении МПСБ приводит к образованию пищевой композиции с уникальными свойствами, имитирующими органолептический профиль молочного жира [24,34–36].

Помимо тепловой микропартикуляции, в литературе описаны способы получения МПСБ посредством химического осаждения белка и его сычужной коагуляции.

Авторы привели в работе [37] химический способ получения МПСБ без применения высокого давления или температуры. Химическая обработка используется для коррекции уровня pH, который должен находиться в интервале от 4 до 7.

В статьях [38,39] описано исследование, по результатам которого предложен способ получения МПСБ с помощью сычужной коагуляции. Отработаны дозировки внесения фермента и технологические параметры процесса. В результате получен МПСБ с оптимальным размером частиц 1 мкм, частицы не слиплись в агломераты, что соответствует требованиям к МПСБ.

3.2. Размеры частиц МПСБ

По представленным в литературе данным, средний диаметр белковых конгломератов МПСБ различен. Он может составлять 2,5 мкм [2,20,40,41], от 1,0 до 1,5 мкм [21], от 0,8 до 4,5 мкм [42] и т. д. При этом размер частиц сопоставим с параметрами жировых шариков, формирующих потребительские свойства конкретного пищевого продукта, для которого предназначен МПСБ [11,12,28,43,44].

В статье [42] приведены результаты исследований физико-химических свойств частиц МПСБ, полученных в результате одновременной термической и механической обработки концентрата сывороточных белков (КСБ). При одинаковых технологических параметрах обработки КСБ из подсырной и творожной сыворотки микропартикуляты отличались как по компонентному составу, так и по степени дисперсности белковых частиц. В микропартикулятах из подсырной сыворотки размер частиц составлял от 0,8 до 4,5 мкм, из творожной — от 0,9 до 11,0 мкм. Вероятно, в МПСБ из творожной сыворотки за счет более высокой кислотности формируются более крупные белковые агломераты. Этому также могут способствовать ионы кальция, магния и фосфора, влияющие на скорость агрегации белковых молекул и на размер частиц.

В работах [14,45] оптимальный размер частиц МПСБ для применения в продуктах питания указан в диапазоне от 0,1 до 10,0 мкм.

В работе Torres и соавторов [46] представлена информация о распределении частиц по размерам в двух образцах сухих МПСБ, произведенных компанией Arla Foods Ingredients с использованием разных технологических процессов, что обусловило различия в их химических и физических характеристиках. Образцы значительно отличались массовой долей белка 34% в одном образце и 43% в другом, а также массовой долей лактозы 47% и 40% соответственно. При изучении распределения частиц по размерам установлено, что 10% всех частиц имели размер до $0,63 \pm 0,03$ мкм в одном образце и до $2,16 \pm 0,20$ мкм во втором образце МПСБ; 50% всех частиц имели размер до $3,75 \pm 0,09$ мкм в одном образце и до $17,47 \pm 3,66$ мкм во втором образце; 90% всех частиц имели размер до $13,86 \pm 1,93$ мкм в первом образце и до $55,25 \pm 1,63$ мкм во втором образце.

В публикации [47] приведены особенности применения МПСБ в зависимости от размера сформированных в них частиц:

- ❑ МПСБ с размером частиц < 0,5 мкм могут использоваться в качестве белкового обогатителя. В жидком виде они обладают нейтральным вкусом;
- ❑ МПСБ с размером частиц от 0,5 до 5,0 мкм могут применяться в качестве имитаторов жира;
- ❑ МПСБ с размером частиц от 5,0 до 10,0 мкм рекомендуется использовать в сыроделии в качестве имитатора молочного жира и регуляторов структуры.

Отмечено, что МПСБ с размером частиц > 10,0 мкм придают структуре молочных продуктов крупитчатость, что ограничивает область их применения [47]. При этом подчеркнута, что, независимо от размера частиц, МПСБ обладают влагоудерживающими, эмульгирующими и текстурирующими свойствами.

3.3. Состав и физико-химические свойства МПСБ

МПСБ получают и используют как в жидком, так и в сухом виде [18,32]. Состав и физико-химические свойства МПСБ приведены в Таблице 1.

Восстановленные образцы МПСБ характеризуются более высокой устойчивостью к нагреванию, чем КСБ [55].

Таким образом, анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что функциональные свойства МПСБ зависят от вида используемого для его получения сырья и от технологии его обработки.

Таблица 1. Состав и физико-химические свойства МПСБ
Table 1. Composition and physico-chemical properties of WPMP

Показатель	Жидкие МПСБ [6,20,21,40,42,48–53]	Сухие МПСБ [46,54]
Массовая доля влаги, %	82–91,5	3–6
Массовая доля сухих веществ, %, в том числе	8,5–18,0	94,0–97,0
Массовая доля белка, %	3,5–10,5	33,7–47,1
В том числе сывороточных белков	3,0–8,9	2,7–14,4
Массовая доля жира, %	0,05–2,0	2,4–4,1
Массовая доля лактозы, %	3,9–5,8	37,0–50,7
Массовая доля минеральных веществ, %	0,5–0,6	4,9–7,9
В том числе мг/100 г:		
Калий	74–212	1270–1760
Кальций	66–132	430–1110
Магний	8–15,5	90–140
Фосфор	40–277	—
Натрий	—	410–770
Активная кислотность, ед. pH	4,3–6,5	6,3–6,8
Титруемая кислотность, °T	21–90	Нет данных
Плотность, кг/м ³	1043–1048	Нет данных
Вязкость, мПа·с	10,1–27	Нет данных

4. Применение МПСБ в молочных продуктах

В проанализированном объеме информации пристальное внимание уделено работам, освещающим вопросы применения МПСБ в производстве молочных продуктов, так как мороженое является одним из них.

Отмечены работы, посвященные результатам применения МПСБ при производстве синбиотического продукта, обогащенного витамино-минеральными комплексами [56], кисломолочного синбиотического продукта [18,57], йогуртов [46,53,54], кефира [53,58], творога [2,53,59,60], термокислотных, мягких кислотно-сычужных и рассольных сыров [2,59], плавленных сыров [39,52,61], молока нежирного сгущенного с сахаром [2], высокобелковой молочной смеси для профилактики остеопении у детей и подростков с целиакией [62].

В ряде работ [29,31,32,63,64] подчеркнута высокая эффективность использования МПСБ в качестве имитатора молочного жира в таких кисломолочных продуктах, как йогурт, кефир, творог и сметана.

В публикации [65] подчеркнута, что применение МПСБ в пищевых продуктах, в частности в молочных, позволяет снизить в них массовую долю жира и калорийность без ущерба для органолептических характеристик, включая структуру, что позволяет в определенной степени нивелировать дефицит молока-сырья.

По данным, приведенным в работе [42], использование МПСБ в производстве йогуртов, десертов, мороженого, молочных напитков, сырных и творожных продуктов, помимо снижения калорийности продуктов, позволяет формировать в них мягкую и эластичную структуру, создать гармоничный вкус и интенсифицировать молочный цвет, а также ограничить рост кристаллов льда в замороженных десертах посредством связывания и равномерного распределения влаги.

В работе [43] отмечено, что для изготовления некоторых продуктов, например, мороженого, нет необходимости в отдельном технологическом этапе восстановления МПСБ, однако при производстве продуктов из пахты оно требуется и проводится в следующей последовательности: в пахту при температуре 40 °С и непрерывном перемешивании вносят 2,0% МПСБ, затем полученную смесь выдерживают в течение 0,5–6 ч при 10–12 °С, далее ее вновь подвергают тепловой обработке и направляют на выработку белковых продуктов. При этом отмечено, что увеличение продолжительности выдержки смеси пахты с МПСБ до 4 ч приводит к повышению степени использования сухих веществ сырья на 0,8–1,0% [66].

Авторы публикации [36] приводят данные о том, что применение МПСБ в йогурте обеспечивает более высокую влагоудерживающую способность сгустка, в том числе в процессе хранения, по сравнению с использованием для этих же целей КСБ. При этом констатируется, что предварительная гидратация частиц МПСБ перед тепловой обработкой в течение 60 мин повышает прочность образуемого геля.

В работе [54] отмечено, что МПСБ эффективнее повышают кажущуюся вязкость, эластичность и механическую устойчивость йогуртов при перемешивании, нежели изоляты сывороточных белков.

В публикациях [67,68] сделано утверждение о том, что использование микропартикулята творожной сыворотки оказывает существенное влияние на процессы коагуляции и гелеобразования кисломолочных напитков, создавая тем самым условия для формирования более прочных структурных связей кисломолочного сгустка. Кроме того, в статьях отмечено, что применение МПСБ способствует образованию более мягких, сливочных сгустков, что особенно важно при производстве нежирных продуктов, для которых характерно образование излишне грубых и прочных гелей. Подчеркнуто, что при увеличении массовой доли МПСБ в продукте образующийся кисломолочный сгусток описывается как более густой, вязкий, с усиленным сливочным вкусом.

В патенте 2607035 С1, полученном коллективом под руководством Мельниковой Е. И., описаны способ получения и рецептура кисломолочного напитка с использованием МПСБ. Предложенное решение подразумевает добавление МПСБ в цельное молоко после гомогенизации, пастеризации, охлаждения до температуры 38–40 °С и внесение сахара-песка и закваски. Массовая доля МПСБ в продукте при этом составляет 10,0% [44].

Авторы патента 2465774 С1 предложили технологию производства кисломолочного напитка с использованием микропартикулята белков молока. Этот микропартикулят получают методом комбинированной коагуляции хлоридом кальция (CaCl_2) и сычужным ферментом, что приводит к биохимической модификации нативных белков молока до структур, способных имитировать ощущение жира (микрогранулированный казеин). В целях улучшения свойств получаемого микрогранулированного казеина и стабилизации молочной смеси водный раствор хлорида кальция добавляют в молоко перед пастеризацией [64].

В статье [58] представлена новая технология обогащения кефира микропартикулятом творожной сыворотки в количестве 10,0%. Данный подход позволяет повысить антагонистическую активность кефирной закваски в отношении патогенных микроорганизмов и имитировать в продукте органолептические характеристики, присущие кефиру с высокой массовой долей жира.

В патенте 2422030 С1, полученном группой ГОУ ВПО ВГТА под руководством Мельниковой Е. И., приведен способ приготовления продукта, имитирующего сливки. Он включает в себя восстановление сухого обезжиренного молока, смешивание с МПСБ, пастеризацию полученной смеси при температуре 80 ± 2 °С с выдержкой 15–20 с, охлаждение до температуры 4–6 °С, розлив и упаковку. Расход сырьевых компонентов на 1 т готового продукта при этом составил: МПСБ — 690–710 кг, сухого обезжиренного молока — 55–57 кг, воды питьевой — 233–255 кг. Предложенный способ приготовления продукта, имитирующего сливки, позволяет осуществить замену двух дорогостоящих рецептурных ингредиентов (молока цельного и сливок) одной модифицированной формой подсырной сыворотки. Это позволяет снизить калорийность и себестоимость, повысить биологическую ценность продукта, исключить из его состава насыщенные жирные кислоты и расширить ассортимент молочных продуктов с низким содержанием жира и улучшенными органолептическими свойствами [32].

В патенте 2668165 С2 излагается способ производства высокобелкового молочного коктейля с использованием источников белка, в том числе МПСБ в количестве от 1,0 до 20,0% от массы молочной основы [69].

Авторы работ [20,48] предложили использовать МПСБ для интенсификации процесса сквашивания в технологии производства творога. Наиболее активный рост титруемой и активной кислотности наблюдался у образцов творожных сгустков с массовой долей МПСБ от 10,0 до 15,0%. Расчет лактосбраживающей активности позволил авторам сделать вывод о том, что с увеличением массовой доли МПСБ в продукте возрастает содержание молочной кислоты, а следовательно, и количество сброженной лактозы.

Исследованием, результаты которого приведены в статье [40], установлено, что на прочность сгустка при производстве творога существенное влияние оказывает размер частиц используемого МПСБ. Так, частицы диаметром более 8 мкм способствуют формированию мягкого сгустка, а частицы диаметром менее 8 мкм рассматриваются как «неактивный наполнитель», не оказывающий негативного влияния на процесс образования и на качество сгустка. Установленная рациональная массовая доля МПСБ в продукте составляет 10,0%. Она обеспечивает получение обезжиренного творога стандартного качества, сенсорно ощущаемого более жирным продуктом с достаточно плотным, способным к синерезису сгустком. В то же время выявлено, что при увеличении массовой доли белка более 3,8–4,0% частицы МПСБ перестают активно встраиваться в пространственную структуру сгустка и переходят в сыворотку.

В работе [70] представлено исследование влияния МПСБ на коагуляционные свойства молока при производстве творога и сыра. В частности, оценивалось влияние на продолжительность сычужной коагуляции, на уплотнение сгустка и на его плотность через 30 минут после внесения сычужного фермента. Отмечено, что добавление МПСБ к молоку приводит к незначительному увеличению продолжительности процесса коагуляции, что необходимо учитывать, особенно при введении МПСБ в рецептуры сыров с низкой массовой долей жира.

В публикации [47] описано применение МПСБ в производстве полутвердых, мягких сыров с термокислотной коагуляцией белков молока и творога. Установлено, что при подготовке смеси восстановления МПСБ целесообразно осуществлять в течение 3–4 ч, что позволяет интенсифицировать сливочный привкус в продукте.

Разработанная рецептура плавленого сыра с полной заменой жиросодержащих компонентов (сметана, сливочное масло) на МПСБ позволила снизить содержание молочного жира в продукте на 61% при одновременном увеличении количества белка на 18% [52].

В статье [19] отмечено, что при внесении МПСБ в рецептуру сыров конечный продукт содержит существенно меньше жира, но не теряет при этом вкусовых достоинств. Так, сыр с низкой массовой долей жира (от 11,0 до 17,0%), произведенный с использованием МПСБ, обладает теми же органолептическими характеристиками, что и традиционные сыры с массовой долей жира от 30,0 до 40,0%. Доля МПСБ в объеме сырья, используемого для производства таких сыров, может достигать 5,0% для твердых и полутвердых сыров и 10,0% для сыров типа моцарелла.

Ученые из Китая [70] разработали композиции для имитации молочного жира, которые получили из сывороточных белков, подвергнутых ультрафильтрации (50–75%), раствора кантановой камеди (15–32%) и раствора пектина (6–9%). Растворы готовят в соотношении с водой 1:30–1:35 и кипятят 2–4 мин. Дополнительно в них вводят одну из двух приведенных ниже смесей:

- смесь № 1 — сорбит 4,0–8,0%, моноглицериды жирных кислот (дистиллированные) 0,2–0,5%, эфир сахарозы и жирных кислот 0,2–0,5%;
- смесь № 2 — пищевой глицерин 4,0–8,0%, соевый лецитин 0,2–0,6%.

Представлены характеристики составов полученных продуктов и их свойств:

- МПСБ 75%, раствор кантановой камеди 15%, раствор пектина 6%, сорбит 3,6%, моноглицериды 0,2%, эфир сахарозы и жирных кислот 0,2% — комплексный миметик жира с приятным вкусом;
- МПСБ 51%, раствор кантановой камеди 32%, раствор пектина 9%, пищевой глицерин 7,5%, соевый лецитин 0,5% — заменитель жира с высокой пластичностью;
- МПСБ 60%, раствор кантановой камеди 27%, раствор пектина 7%, сорбит 4,3%, моноглицериды 0,8%, эфир сахарозы и жирных кислот 0,9% — комплексный миметик жира с высокой стабильностью;
- МПСБ 68%, раствор кантановой камеди 20%, раствор пектина 7%, пищевой глицерин 4,6%, соевый лецитин 0,4% — миметик имитатор жира с высокой пластичностью.

В Таблице 2 представлены дозировки и вид МПСБ, рекомендованные в научной литературе для использования в производстве определенных молочных продуктов.

5. Применение МПСБ в технологии мороженого

В ряде работ [25,73,74] отмечено, что мороженое, изготовленное с использованием концентратов сывороточных белков с диаметром частиц, превышающим 5 мкм, имеет более высокую плотность и на 10% меньшую взбитость, чем мороженое, произведенное с применением МПСБ. Отмечено, что среди заменителей жира на белковой основе МПСБ по вкусовым ощущениям воспринимаются как наиболее похожие на жировые шарики и придают продукту кремообразную текстуру.

В патенте 2616366 С1, полученном группой авторов под руководством Евдокимова И. А., запатентованы способ производства и рецептура маложирного кисломолочного мороженого с МПСБ. Технологический процесс включает этапы приготовления смеси, содержащей молоко, сливки, сахар и стабилизатор, а также этапы ее пастеризации, охлаждения, сквашивания и фризирования, расфасовки и закалывания мороженого. Перед пастеризацией в смесь вносят сахар (15–17%), МПСБ (2–4%), а также полисахариды (1–3%), в качестве которых используют инулин, пектин, арабиногалактан, каррагинан или агар. После сквашивания в смесь добавляют пребиотик в виде олигосахаридов лактулозы, галактоолигосахаридов

Таблица 2. Вид и дозировка МПСБ для молочных продуктов
Table 2. Type and dosage of WPMP for dairy products

Наименование продукта	Вид добавки	Дозировка, %	Ссылка
Обезжиренный творог	Simplese 100, ProMilk 630M и МПСБ, полученный на пилотной установке GEA	1–2	[47]
	МПСБ, полученный на лабораторной установке Pilotplant-VF-Microparticulation	10	[40]
Творог	МПСБ, полученный на лабораторной установке	10	[48]
		5–15	[50]
Кефир	МПСБ, полученный на лабораторной установке	10	[58]
Йогурт	МПСБ, полученный на лабораторной установке	3:7 Обезжиренное молоко: микропартикулят (сухих веществ 18%)	[18]
Напиток из пахты	МПСБ, полученный на лабораторной установке	2	[66]
Кисломолочный напиток	МПСБ, полученный на лабораторной установке	80:20 и 70:30 Обезжиренное молоко: микропартикулят	[21]
Плавленные сыры	МПСБ, полученный на лабораторной установке	15	[49]
		35	[52]
Маложирные плавленные сыры	Simplese 100	2,0	[61]
Твердые и полутвердые сыры	МПСБ, полученный на установке «Кизельманн ЭКОПРОТ+»	5	[19]
Твердые сыры	Simplese 100, ProMilk 630M и МПСБ, полученный на пилотной установке GEA	2	[47]
Сыры типа российский	МПСБ, полученный в аппаратном цехе ПАО Молочный комбинат «Воронежский»	10,0	[53]
Сыр качотта	МПСБ, полученный на лабораторной установке	2–4	[72]
Мягкий сыр с термокислотной коагуляцией	Simplese 100, ProMilk 630M и МПСБ, полученный на пилотной установке GEA	2	[47]

или фруктоолигосахаридов (1–3%). Автор предлагает использовать МПСБ в качестве замены жировой составляющей в рецептуре [43].

В статье [75] приведены результаты исследований замещения жировой составляющей в мороженом МПСБ трех торговых марок. Показано, что замена не влияет на интенсивность выраженности ванильного аромата, но усиливает привкусы кукурузного сиропа, сыворотки и перепастеризации в сравнении с контрольными образцами.

В работе Aykan и Sezgin [76] и Guzel-Seydim [77] приведены результаты исследований использования МПСБ торговой марки Simplese в композиции с инулином при производстве мороженого без жира и мороженого с низкой массовой долей жира. В ходе эксперимента отмечено увеличение вязкости смесей для мороженого, улучшение текстуры, повышение формоустойчивости и снижение скорости таяния продукта. Сделано предположение, что полученные эффекты достигнуты за счет не только воздействия МПСБ, но и посредством увеличения общей массовой доли сухих веществ в готовом мороженом.

В статье [78] отмечена тенденция к повышению криоскопической температуры и температуры стеклования, а также скорости таяния мороженого при частичной замене жира на МПСБ.

Авторы публикаций [79,80] рассматривают возможность использования МПСБ в качестве имитатора молочного жира в мороженом для диабетического и диетического питания, мотивируя указание повышения биологической ценности продукта. При этом одновременно с МПСБ при изготовлении мороженого применяли заменители молочного жира торговой марки «СОЮЗ 52 L», а в качестве контрольного использовали образец с гидрогенизированным лауриновым жиром Loders Croklaan. На основании результатов проделанной работы авторы сделали выводы о способности МПСБ регулировать функционально-технологические характеристики мороженого, имитировать наличие сливочного вкуса при отсутствии в рецептуре молочного жира, обогащать продукт ценными нутриентами и снижать его калорийность. Расчеты показали, что, заменив молочный жир в рецептуре мороженого на 66,0% и сахарозу на 40,0%, калорийность продукта можно снизить на 38,0%.

Авторы работы [50] предложили рецептурное решение для низкокалорийного мороженого, в котором массовая доля сухих веществ составляет от 22,0 до 25,0%, массовая доля жира — от 1,0 до 6,0%, pH — от 6,5 до 6,6 и, по мнению авторов, присутствует максимально возможная массовая доля белка.

В Таблице 3 представлены состав, физико-химические показатели мороженого пломбир, которое рассматривали в качестве контрольного образца, и образца мороженого с использованием МПСБ [20,81].

Таблица 3. Состав, физико-химические и микробиологические показатели мороженого [20,81]
Table 3. Composition, physico-chemical and microbiological indicators of ice cream [20,81]

Показатель	Мороженое пломбир (контроль)	Мороженое с МПСБ
Массовая доля сухих веществ, %, в том числе:	40,0	30,6
Белка	3,7	7,85
Жиры	15,0	5,0
Лактозы	5,6	0,5
Сахарозы	15,0	9,0
Массовая доля витаминов, мг %:		
Рибофлавин (B2)	0,043	0,15
Ниацин (PP)	1,16	1,31
Пиридоксин (B6)	0,22	0,34
Аскорбиновая кислота (C)	5,71	8,12
Токоферол (E)	1,03	0,45
Взбитость, %	80,0	95,0
Вязкость, мПа·с	17,8	27,0
Продолжительность полного таяния, мин	46	55
Титруемая кислотность, °T	18,0	20,0
Криоскопическая температура, °C:		
расчетная	Минус 2,51	Минус 2,30
установленная экспериментально	Минус 2,41	Минус 2,21
Показатель активности воды, ед.	0,976	0,978

В образце с МПСБ с целью снижения массовой доли сахарозы в мороженом проведен гидролиз лактозы. Высказано предположение, что указанные действия позволяют снизить массовую долю молочного жира в продукте на 66,0–69,0%, сахарозы — на 40,0–43,0%, калорийность — на 38,0–40,0% [20,50,81,82].

Те же авторы приводят данные о среднем размере кристаллов льда: в образце мороженого с МПСБ он составил 23 мкм, а в контрольном образце — 35 мкм [81].

В работе [82] представлены результаты эксперимента, в котором вследствие частичной замены жира в мороженом на МПСБ содержание лактозы увеличилось на 29%. С целью нивелирования указанных последствий осуществлена биоконверсия лактозы с использованием фермента β-галактозидаза Maxilact в дозировке 0,68 г/дм³.

В публикации [83] установлена рациональная для мороженого дозировка МПСБ в количестве 3%. Авторы считают, что МПСБ

в мороженом выполняет функции имитатора жира, стабилизатора и эмульгатора. В качестве имитатора жира МПСБ могут использоваться благодаря способности их частиц обволакивать поверхность крупных кристаллов льда, выполняя тем самым роль смазки и нивелируя излишний охлаждающий эффект. Кроме того, применение МПСБ напрямую влияет на органолептические показатели мороженого, создавая ощущение сливочности текстуры и усиливая вкусовые качества, что особенно важно для мороженого с низкой массовой долей жира.

В статье [33] для использования в мороженом предложена композиция пектина и МПСБ в количестве 3%. При этом массовая доля МПСБ не приведена, но указано, что увеличение количества пектина в смеси приводит к формированию неоднородной, песчанистой консистенции с наличием ощутимых комочков стабилизатора.

В работе [84] авторы сравнили влияние МПСБ торговых марок Simplese Dry 500 и Dairy Lo на показатели шоколадного маложирного и обезжиренного мороженого. Выявлено, что в мороженом с использованием МПСБ торговой марки Simplese Dry 500 ощущение наличия жира после закаливания выражено ярче, чем в образце с применением МПСБ торговой марки Dairy Lo. В течение последующих 12 недель хранения мороженого МПСБ торговой марки Simplese Dry 500 эффективнее замедлял рост кристаллов льда по сравнению с МПСБ торговой марки Dairy Lo.

Результаты сравнения характеристик мороженого с применением различных марок МПСБ приведены в статье [85]. Показано, что маложирное мороженое с МПСБ торговой марки Simplese и контрольный образец мороженого со стандартной массовой долей жира имели схожие органолептические показатели, в то время как мороженое, содержащее МПСБ торговой марки Litesse, по вкусовым характеристикам больше походило на мороженое с низким содержанием жира. Отмечено, что при использовании композиции МПСБ торговых марок Litesse и Simplese полученное мороженое по вкусовому профилю ближе к пищевому льду, а по структуре — к мороженому с высоким содержанием жира. Установлено, что МПСБ торговой марки Simplese является лучшим миметиком жира для воспроизведения органолептических характеристик, в том числе вкусовых и структурных профилей мороженого с полной массовой долей жира.

В исследовании, результаты которого опубликованы в работе [45], рассмотрено влияние применения двух видов экструдированного МПСБ на качество мороженого. У первого образца размеры более половины частиц МПСБ составляют менее 3 мкм, у второго — более 5 мкм. При этом установлено, что продукт с использованием МПСБ,

содержащего в основном частицы размером менее 3 мкм, имел более мягкую консистенцию и большую взбитость по сравнению с мороженым с использованием МПСБ с размером частиц более 5 мкм.

В Таблице 4 представлены дозировки и виды МПСБ, описанные в научной литературе при исследовании показателей качества мороженого.

Таблица 4. Экспериментальные дозировки МПСБ в мороженом
Table 4. Experimental dosages of WPMP in ice cream

Наименование продукта	Вид добавки	Дозировка, %	Ссылка
Обезжиренное мороженое	Dairy Lo™, Prolo 11®, Simplese® 100	5	[65]
Обезжиренное ванильное мороженое	Simplese	2,7	[86]
Маложирное мороженое	—	2–4	[43]
Маложирное ванильное мороженое с массовой долей жира 2%	Simplese	0,6	[86]
Мороженое с массовой долей жира 4%	Simplese, Litesse, Simplese/Litesse (50/50)	6	[85]
Мороженое с массовой долей жира 6%	Simplese	6	[45]
Шоколадное мороженое с массовой долей жира 2,5%	Simplese Dry 500, Dairy Lo	2,5	[84]
Маложирное пробиотическое мороженое	МПСБ, полученный на лабораторной установке	3	[83]

6. Заключение

Применение микропартикулятов сывороточных белков набирает популярность в производстве мороженого и других молочных продуктов. Особенно активно рекомендуется их применение в маложирных продуктах для формирования сенсорных ощущений продукта со стандартной жирностью.

Применение микропартикулятов сывороточных белков в производстве молочных продуктов, включая мороженое, целесообразно благодаря их функциональным свойствам. Использование МПСБ позволяет создавать продукты питания с востребованными потребительскими характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Ситникова, П. Б., Казакова, Н. В. (2023). Обоснование, направления и результаты использования продуктов переработки молочной сыворотки в производстве мороженого. *Пищевые системы*, 6(4), 531–538. [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. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-531-538>
- Смирнова, И. А., Лобачева, Е. М., Гулбани, А. Д. (2014). Использование микропартикуляризованных сывороточных белков в молочных продуктах. *Молочная промышленность*, 6, 28–30. [Smirnova, I. A., Lobacheva, E. M., Gulbani, A. J. (2014). Applying of microparticulated whey proteins in milk products. *Dairy Industry*, 6, 28–30. (In Russian)]
- Singer, N. S., Moser, R. H. (1993). Microparticulated proteins as fat substitutes. Chapter in a book: *Low Calorie Foods Handbook*. New York, 1993.
- Civille, G. V. (1990). The sensory properties of products made with microparticulated protein. *Journal of the American College of Nutrition*, 9(4), 427–430. <https://doi.org/10.1080/07315724.1990.10720401>
- Ohmes, R. L., Marshall, R. T., Heymann, H. (1998). Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1222–1228. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75682-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75682-6)
- Попова, Е. Е. (2013). Получение микропартикулята сывороточных белков и его применение в технологии низкокалорийного мороженого. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Воронеж: ВГУИТ, 2013. [Popova, E. E. (2013). Production of the whey protein microparticulate and its use in the technology of low-calorie ice cream. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Voronezh, VGUIT, 2013. (In Russian)]
- Румянцева, Е. Е. (2009). Разработка и товароведная оценка молока нежирного сгущенного с сахаром и микропартикулятом сывороточных белков. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Кемерово, 2009. [Rumyantseva, E. E. (2009). Development and commodity evaluation of non-fat condensed milk with sugar and whey protein microparticulate. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Kemerovo, KemTIPP, 2009. (In Russian)]
- Станиславская, Е. Б. (2018). Научное и практическое обоснование модификации белкового кластера молочной сыворотки для реализации в технологии продуктов питания. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Ставрополь, СКФУ, 2018. [Stanislavskaya, E. B. (2018). Scientific and practical substantiation of modification of the protein cluster of milk whey for implementation in the food technology. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Doctor of Technical Sciences. Stavropol, SKFU, 2018. (In Russian)]
- Подгорный, Н. А. (2013). Получение новой пищевой композиции и ее применение в технологии синбиотического напитка. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ставрополь, СКФУ, 2013. [Podgornyi, N. A. (2013). Production of the new food composition and its use in the technology of the synbiotic beverage. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Stavropol, SKFU, 2013. (In Russian)]
- Баранов, С. А. (2023). Разработка технологии кисломолочного продукта с микропартикулятом из творожной сыворотки. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ставрополь, СКФУ, 2023. [Baranov, S. A. (2023). Development of the technology of the fermented milk product with the microparticulate from quark whey. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Stavropol, SKFU, 2023. (In Russian)]
- Дымар, О. В. (2016). Научное обоснование и разработка технологий комплексного использования продуктов переработки молока. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Ставрополь, СКФУ, 2016. [Dymar, O. V. (2016). Scientific substantiation and development of technologies of complex use of milk processing products. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Doctor of Technical Sciences. Stavropol, SKFU, 2016. (In Russian)]
- Шерстнева, Н. Е. (2022). Разработка технологии кисломолочного продукта с использованием модифицированного концентрата сывороточных белков. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, 2022. [Sherstneva, N. E. (2022). Development of the technology of fermented milk products with the use of modified concentrate of whey proteins. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow, V. M. Gorbato Federal Research Center for Foods Systems, 2022. (In Russian)]

13. 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>
14. Shi, D., Li, C., Stone, A. K., Guldiken, B., Nickerson, M. T. (2021). Recent developments in processing, functionality, and food applications of microparticulated proteins. *Food Reviews International*, 39(3), 1309–1332. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1935515>
15. de Paula, I. L., Mesa, N. C., Contim, L. T., Ferreira, R. G., Pombo, A. F. W. et al. (2024). The applicability of microparticulated whey protein as an ingredient in different types of foods and its functionalities: A current patent review. *European Food Research and Technology*, 250(2), 633–647. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04402-x>
16. Подгорный, Н. А., Станиславская, Е. Б. (8–12 апреля 2013 г.). *Заменитель жира белковой природы для синбиотических молочных продуктов*. Сборник статей международного научного форума «Пищевые инновации и биотехнологии». Кемерово, Россия, 2013. [Podgorniy, N. A., Stanislavskaya, E. B. (April 8–12, 2013). *Fat replacer of protein nature for synbiotic dairy products*. Proceedings of the International scientific forum “Food innovations and biotechnologies”. Kemerovo, Russia, 2013. (In Russian)]
17. Каширин, Д. Н., Будрик, В. Г. (8–9 октября 2013 г.). *Аспекты использования микропартикулята сывороточного белка в производстве продуктов питания функционального назначения*. Сборник материалов VII Конференции молодых ученых и специалистов Россельхозакадемии, Москва, Россия, 2013. [Kashirin, D. N., Budrik, V. G. (October 8–9, 2013). *Aspects of using the whey protein microparticulate in production of functional foods*. Proceedings of the 7th Conference of young scientists and specialists of Rosselkhozacademia. Moscow, Russia, 2013. (In Russian)]
18. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Подгорный, Н. А., Чунослова, Е. В. (2010). Синбиотический продукт на основе микропартикулята сывороточных белков. *Сыроделье и маслоделие*, 6, 26–27. [Mel'nikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Podgorniy, N. A., Chunosova, E. V. (2010). Synbiotic product based on whey protein microparticulate. *Cheese- and Buttermaking*, 6, 26–27. (In Russian)]
19. Баранов, С. (2014). Новое поколение установок микропартикуляции. *Молочная промышленность*, 6, 22–23. [Baranov, S. (2014). New generation of the plants for microparticulation. *Dairy Industry*, 6, 22–23. (In Russian)]
20. Пономарев, А. Н., Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Коротков, Е. Г. (2016). Влияние микропартикулята на кислотную коагуляцию белков молока при производстве творога. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 3(69), 164–169. [Ponomarev, A. N., Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Kоротков, E. G. (2016). The influence of microparticulate on acid coagulation of milk proteins in curd manufacture. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 3(69), 164–169. (In Russian)] <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-164-169>
21. Баранов, С. А., Евдокимов, И. А., Гордиенко, Л. А., Шрамко, М. И. (2020). Влияние микропартикулята сывороточных белков на показатели кислото-молочных напитков. *Молочная промышленность*, 9, 59–61. [Baranov, S. A., Evdokimov, I. A., Gordienko, L. A., Shramko, M. I. (2020). The effect of whey protein microparticulate on properties of fermented milk drinks. *Dairy Industry*, 9, 59–61. (In Russian)] <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-59-61>
22. Liu, K., Tian, Y., Stieger, M., van der Linden, E., van de Velde, F. (2016). Evidence for ball-bearing mechanism of microparticulated whey protein as fat replacer in liquid and semi-solid multi-component model foods. *Food Hydrocolloids*, 52, 403–414. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.016>
23. Смольников, Н. (2014). Исключительное индустриальное решение для микропартикуляции сыворотки. *Молочная промышленность*, 6, 24–25. [Smolnikov, N. (2014). An exceptional industrial solution for whey microparticulation. *Dairy Industry*, 6, 24–25. (In Russian)]
24. Kelly, Ph. (2019). Manufacture of whey protein products: Concentrates, isolate, whey protein fractions and microparticulated. Chapter in a book: *Whey Proteins*. London: Academic Press, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812124-5.00003-5>
25. Genovesi, 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>
26. Гурский, И. А., Творогова, А. А. (2022). Влияние концентратов сывороточных белков на технологические и органолептические показатели качества мороженого. *Техника и технология пищевых производств*, 52 (3), 439–448. [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. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2376>
27. Loffredi, E., Moriano, M. E., Masseroni, L., Alamprese, C. (2020). Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT – Food Science and Technology*, 137, Article 110499. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110499>
28. Патент № 2011130529. Способ и устройство для производства продукта путем микрожелатинизации и/или микропартикуляции исходной смеси / Бурпер М. Оpubл. 27.01.2013, Бюл. № 3. [Burger M. Method and device for producing a product through microgelatization and / or microparticulation of the initial mixture. Patent RF, no. 2011130529. 2013. (In Russian)]
29. Патент 2487550C2. Способ и устройство для производства продукта путем микропартикуляции исходной смеси / Бурпер М. Оpubл. 20.07.2013, Бюл. № 20. [Burger M. Method and device for producing a product by microparticulation of the initial mixture. Patent RF 2487550C2. 2013. (In Russian)]
30. Tobin J., Kennedy D., Omarov M., McDonagh D. A microparticulated whey protein concentrate. Patent IE no. WO2020115324. 2020.
31. Kruesemann D., Nordanger J. A method of treating a whey protein concentrate by microparticulation. Patent DE no. WO2008063115A1. 2008.
32. Патент 2422030C1. Способ приготовления продукта, имитирующего сливки / Мельникова Е. И., Станиславская Е. Б., Подгорный Н. А. Оpubл. 27.06.2011, Бюл. № 18. [Melnikova E. I., Stanislavskaya E. B., Podgorniy N. A. Method for production of product imitating cream. Patent RF no. 2422030C1. 2011. (In Russian)]
33. Мельникова, Е. И., Смирных, А. А., Станиславская, Е. Б., Ходасевич, Е. Е. (2011). Исследование реологических характеристик белково-углеводной композиции для мороженого. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 10, 27–29. [Mel'nikova, Ye. I., Smirnykh, A. A., Stanislavskaya, Ye. B., Khodasevich, Ye. Ye. (2011). Study the rheological characteristics of the protein-carbohydrate composition of ice cream. *Storage and Processing of Farm Products*, 10, 27–29. (In Russian)]
34. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б. (2019). Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии полутвердых сыров. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 129–138 [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, 129–138. (In Russian)] <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.199>
35. Olivares, M. L., Shahriar, K., de Vincente, J. (2019). Soft lubrication characteristics of microparticulated whey proteins used as fat replacers in dairy systems. *Journal of Food Engineering*, 245, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.015>
36. Ipsen, R. (2017). Microparticulated whey proteins for improving dairy product texture. *International Dairy Journal*, 67, 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.08.009>
37. Torres Senabre I. System and method for the microparticulation of whey protein Patent Spain, no. WO2017140922. 2018.
38. Смирнова, И. А., Штригуль, В. К., Смирнов, Д. А. (2013). Сычужная коагуляция: формирование микропартикулятов белков молока. *Сыроделье и маслоделие*, 1, 42–44. [Smirnova, I. A., Shtrigul, V. K., Smirnov, D. A. (2013). Rennet coagulation: Formation of the milk proteins microparticulates. *Cheese- and Buttermaking*, 1, 42–44. (In Russian)]
39. Смирнова, И. А., Гралевская, И. В., Штригуль, В. К., Смирнов, Д. А. (2012). Исследование способов коагуляции молока с целью формирования микропартикулятов белков молока. *Техника и технология пищевых производств*, 3, 112–120. [Smirnova, I. A., Gralevskaya, I. V., Shtrigul, V. K., Smirnov, D. A. (2012). Investigation of various ways of milk coagulation for the purpose of milk protein microparticles formation. *Food Processing: Techniques and Technology*, 3, 112–120. (In Russian)]
40. Лосев, А. Н., Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Коротков, Е. Г. (2016). Творог с микропартикулятом сывороточных белков. *Молочная промышленность*, 1, 31–33. [Losev, A. N., Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Kоротков, E. G. (2016). The curds with whey protein microparticulate. *Dairy Industry*, 1, 31–33. (In Russian)]
41. Мельникова, Е. И., Подгорный, Н. А., Станиславская, Е. Б. (2010). Имитатор молочного жира для синбиотических продуктов. *Молочная промышленность*, 7, 55–56. [Mel'nikova, E. I., Podgorniy, N. A., Stanislavskaya, E. B. (2010). Milk fat imitator for synbiotic products. *Dairy Industry*, 7, 55–56. (In Russian)]
42. Патент 2616366C1. Способ получения низкожирного мороженого с микропартикулятом сывороточных белков / Евдокимов И. А., Анисимов С. В., Куликова, И. А., Рябцева С. А., Анисимов Г. С., Медведева Г. В. и др. Оpubл. 14.04.2017, Бюл. № 11. [Evdokimov I. A., Anisimov, S. V., Kulikova I. A., Ryabtseva S. A., Anisimov, G. S., Medvedeva, G. V. et al. Method for producing low fat ice cream with microparticulate whey proteins. Patent RF no. 2616366C1. 2017. (In Russian)]
43. Патент 2607035C1. Способ получения кисломолочного продукта с микропартикулятом сывороточных белков / Мельникова Е. И., Лосев А. Н., Станиславская Е. И. Оpubл. 10.01.2017, Бюл. № 1. [Melnikova, E. I., Losev A. N., Stanislavskaya, E. B. Method for production of cultured milk product with whey protein microparticulate. Patent RF no. 2607035C1. 2017. (In Russian)]
44. Евдокимов, И. А., Кравцов, В. А., Федорцов, Н. М., Богорова, М. А., Бобрышева, Т. Н., Золоторева, М. С. и др. (2021). Состав и свойства микропартикулятов сывороточных белков. *Молочная промышленность*, 4, 40–44. [Evdokimov, I. A., Kravtsov, V. A., Fedortsov, N. M., Bogorovskaya, M. A., Bobrysheva, T. N., Zolotoreva, M. S. et al. (2021). Composition and properties of whey protein microparticulates. *Dairy Industry*, 4, 40–44. (In Russian)] <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-04-40-44>
45. Hossain, M. K., Petrov, M., Hensel, O., Diakité, M. (2021). Microstructure and physicochemical properties of light ice cream: Effects of extruded microparticulated whey proteins and process design. *Foods*, 10(6), Article 1433. <https://doi.org/10.3390/foods10061433>
46. Torres, I. C., Mutaf, G., Larsen, F. H., Ipsen, R. (2016). Effect of hydration of microparticulated whey protein ingredients on their gelling behaviour in a non-fat milk system. *Journal of Food Engineering*, 184, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.03.018>
47. Дымар, О. В. (2014). Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов. *Молочная промышленность*, 6, 18–21. [Dymar, O. V. (2014). Technological aspects of applying microparticulates of whey proteins at milk products manufacturing. *Dairy Industry*, 6, 18–21. (In Russian)]
48. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Хабаров, Н. С. (28–29 мая 2015). *Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии творога*. Материалы V Международной научно-практической конференции «Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты» КНИИХП, Краснодар, Россия. Ассоциация «ТПП АПК», Воронеж, 2015. [Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Khabarov, N. S. (May 28–29, 2015). *Application microparticulated whey protein technology cottage cheese*. Proceedings of the 5th International scientific-practical conference “Innovative food technologies in the field of storage and processing of agricultural raw materials: fundamental and applied aspects”. Krasnodar, Russia, 123–126. (In Russian)]
49. Пономарев, А. Н., Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б. (2016). Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии плавящихся сыров. *Сыроделье и маслоделие*, 5, 42–43. [Ponomarev, A. N., Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B. (2016). Whey protein microparticulate application in processed cheese technology. *Cheese- and Buttermaking*, 5, 42–43. (In Russian)]

50. Станиславская, Е. Б., Подгорный, Н. А., Мельникова, Е. И. (8 октября 2013 г.) *Получение микропартикулята сывороточных белков и его реализация в технологии молочных продуктов*. Сборник научных трудов VII конференции молодых ученых и специалистов научно-исследовательских институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии «Научный вклад молодых ученых в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК». Москва, Россия, 2013. [Stanislavskaya, E. B., Podgorniy, N. A., Melnikova, E. I. (October 8, 2013). *Production of the whey protein microparticulate and its application in the technology of dairy products*. Proceedings of the 7th Conference of young scientists and specialists of scientific-research institutes of the Department of Storage and Processing of Agricultural Products of Rosselkhozacademia "Scientific contribution of young scientists to the development of food and processing industry of AIC". Moscow, Russia, 2013. (In Russian)]
51. Мельникова, Е. И., Попова, Е. Е., Станиславская, Е. Б. (2012). Разработка рецептуры низкокалорийного мороженого с функциональными ингредиентами. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 5–6, 48–50. [Melnikova, E. I., Popova, E. E., Stanislavskaya, E. B. (2012). Development of a low-calorie ice cream recipe with functional ingredients. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 5–6, 48–50. (In Russian)]
52. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Подгорный, Н. А. (2011). Плавильный сыр с микропартикулятом сывороточных белков. *Сыроделие и маслоделие*, 1, 10–11. [Mel'nikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Podgorniy, N. A. (2011). Processed cheese with whey protein particulate. *Cheese- and Buttermaking*, 1, 10–11. (In Russian)]
53. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б. (2019). Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии полутвердых сыров. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 129–138. [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, 129–138. (In Russian)] <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.199>
54. Torres, I. C., Amigo, J. M., Knudsen, J. C., Tolkach, A., Mikkelsen, B. Ø., Ipsen, R. (2018). Rheology and microstructure of low-fat yoghurt produced with whey protein microparticles as fat replacer. *International Dairy Journal*, 81, 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.01.004>
55. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Шабалова, Е. Д. (2022). Функционально-технологические свойства термостабильного концентрата сывороточных белков». *Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий*, 84 (2), 52–56. [Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Shabalova, E. D. (2022). Functional and technological properties of thermostable whey protein concentrate. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 84 (2), 52–56. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-52-56>. (In Russian)]
56. Патент 2676954C1. Способ производства синбиотического продукта, обогащенного витаминно-минеральными комплексами / Донских А. Н., Анисимов С. Г., Артамонов И. Б., Медвецкая А. В. Оpubл. 11.01.2019, Бюл. № 2. [Donskikh A. N., Anisimov S. G., Artamonov I. B., Medvetskaya, A. V. Method for manufacturing synbiotic product enriched with vitamin and mineral complexes. Patent RF no. 2676954 C1. 2019. (In Russian)]
57. Патент 2440002C1. Способ приготовления синбиотического продукта / Мельникова Е. И., Шишацкий Ю. И., Енин В. И., Станиславская, Е. Б., Бырбыткин В. А., Бырбыткина Г. В. и др. Оpubл. 20.01.2012, Бюл. № 2. [Melnikova, E. I., Shyshatskiy Yu. I., Stanislavskaya, E. B., Byrbytkin V. A., Byrbytkina G. V. et al. Synbiotic product preparation method. Patent RF no. 2440002C1. 2012. (In Russian)]
58. Станиславская, Е. Б., Мельникова, Е. И. (2018). Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии кефира. *Молочная промышленность*, 8, 49–51. [Stanislavskaya, E. B., Melnikova, E. I. (2018). Application of whey proteins microparticulate in the technology of kefir production. *Dairy Industry*, 8, 49–51. (In Russian)] <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-8-49-51>
59. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б., Коротков, Е. Г. (10–12 октября 2018 г.) *Применение микропартикулятов сывороточных белков в технологии молочных продуктов*. «Дифференциация агропромышленного комплекса» I Международная научно-практическая конференция. Тамбов, Россия, 2018. [Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B., Korotkov, E. G. (October 10–12, 2018). Application of microparticles of whey proteins in technology of milk-intensive dairy products. Digitalization of the agro-industrial complex. I International Scientific and Practical Conference. Tambov, Russia, 2018. (In Russian)]
60. Melnikova, E. I., Losev, A. N., Stanislavskaya, E. B. (2017). Microparticulation of casein whey to use in fermented milk production. *Foods and Raw Materials*, 5(2), 83–93. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-83-93>
61. Варивода, А. А. (2015). Использование микропартикулята сывороточных белков в качестве добавки для маложириных плавильных сыров. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 57, 169–175. [Varivoda, A. A. (2015). Use of whey proteins microparticulate as the additive to low-fat processed cheeses. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 57, 169–175. (In Russian)]
62. Патент 2726438C2. Способ получения сухой высокобелковой молочной смеси для профилактики остеопении у детей и подростков с целиакией / Кочнева Л. Д., Климов Л. Я., Стоян М. В., Курьянинова В. А., Донских А. Н. Оpubл. 14.05.2020, Бюл. № 14. [Kochneva, L. D., Klimov L. Ya., Stoyan M. V., Kuryaninova V. A., Donskikh A. N. Method for production of a dry high protein milk mixture for prevention of osteopenia in children and adolescents with gee's disease. Patent RF no. 2726438C2. 2020. (In Russian)]
63. Патент 2661396C1. Способ производства и состав белкового (протеинового) мороженого / Танерова Л. Н., Сурдина О. В. Оpubл. 16.07.2018, Бюл. 20. [Tanerova L. N., Surдина O. V. Method of production and composition of protein ice-cream. Patent RF no. 2661396. 2017 (In Russian)]
64. Патент 2465774C1. Способ получения кисломолочного напитка / Альхамова Г. К., Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Амиханов И. М., Лиходумова М. А. Оpubл. 10.11.2012, Бюл. № 31. [Alkhamova, G. K., Rebezov M. B., Amirkhanov I. M., Likhodumova M. A. Cultured milk beverage production method. Patent RF no. 2465774 C1. 2012. (In Russian)]
65. Мельникова, Е. И., Станиславская, Е. Б. (2009). Микропартикуляты сывороточных белков как имитаторы молочного жира в производстве продуктов питания. *Фундаментальные исследования*, 7, 23. Электронный ресурс: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=2108> Дата обращения: 09.06.2023. [Melnikova, E. I., Stanislavskaya, E. B. (2009). Whey protein microparticulates as imitators of milk fat in food production. *Fundamental Research*, 7, 23. Retrieved from <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=2108> Accessed 09.06.2023. (In Russian)]
66. Ефимова, Е. В., Вырина, С. И., Шлемен, М. М., Дмитрук, Е. М. (2018). Технологические особенности использования сухих микропартикулированных белков для производства белковых продуктов из пахты. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*, 12, 77–85. [Efimova, E. V., Virina, S. I., Shlemen, M. M., Dmitruk, E. M. (2018). Technological features of the use of dry microparticulated proteins for production of protein products from buttermilk. *Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*, 12, 77–85. (In Russian)]
67. Лосев, А. Н., Станиславская, Е. Б., Мельникова, Е. И. (2017). Новые технологические решения в переработке творожной сыворотки. Часть 2. Применение микропартикулятов творожной сыворотки в технологии кисломолочных напитков. *Молочная промышленность*, 4, 57–58. [Losev, A. N., Stanislavskaya, E. B., Melnikova, E. I. (2017). New technological solutions in quark whey processing. Part 2. Application of curds whey microparticulate in the technology of fermented milk products. *Dairy Industry*, 4, 57–58. (In Russian)]
68. Töpel, A. (2007). Chemistry and physics of milk. Behr, 2007. (In German)]
69. Патент 2668165C2. Способ получения высокобелкового молочного коктейля / Донских А. Н., Анисимов Г. С., Артамонов Т. Б., Метель В. С., Куликова И. К., Медвецкая А. В. Оpubл. 26.09.2018, Бюл. № 27. [Donskikh A. N., Anisimov, G. S., Artamonov I. B., Metel V. S., Kulikova I. K. Medvetskaya, A. V. Method for producing a high-protein milkshake. Patent RF2668165C2. 2018. (In Russian)]
70. Sturaro, A., Penasa, M., Cassandro, M., Varotto, A., De Marchi, M. (2014). Effect of microparticulated whey proteins on milk coagulation properties. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6729–6736. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8157>
71. Zhang M., Chanchan S., Rui L., Tao W. Composite fat simulant and preparation method thereof. Patent CN no. 104605031A. 2015.
72. Sturaro, A., De Marchi, M., Zorzi, E., Cassandro, M. (2015). Effect of microparticulated whey protein concentration and protein-to-fat ratio on Caciotta cheese yield and composition. *International Dairy Journal*, 48, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.02.003>
73. Chung, S. J., Heymann, H., Grün, I. U. (2004). Release of artificial cherry flavor from ice creams varying in fat and fat replacers. *Journal of Sensory Studies*, 19(3), 211–236. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2004.tb00145.x>
74. Hossain, M. K., Keidel, J., Hensel, O., Diakité, M. (2020). The impact of extruded microparticulated whey proteins in reduced-fat, plain-type stirred yogurt: Characterization of physicochemical and sensory properties. *LWT*, 134, Article 109976. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109976>
75. Ohmes, R. L., Marshall, R. T., Heymann, H. (1998). Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1222–1228. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75682-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75682-6)
76. Aykan, V., Sezgin, E., Guzel-Seydim, Z. B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced/434 calorie vanilla ice cream. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(6), 516–520. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700277>
77. Ipsen, R. (2017). Microparticulated whey proteins for improving dairy product texture. *International Dairy Journal*, 67, 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.08.009>
78. Fuangpaiboon, N., Kijroongrojana, K. (2017). Sensorial and physical properties of coconut-milk ice cream modified with fat replacers. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 11(02), 133–147.
79. Варивода, А. А., Патаркалшвили, Т. Г. (2015). Разработка мороженого с микропартикулятом сывороточных белков для диабетического и диетического питания. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 56, 227–232. [Varivoda, A. A., Patarkalashvili, T. G. (2015). Development of ice cream with whey proteins microparticulate for diabetic and dietary food. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 56, 227–232. (In Russian)]
80. Варивода, А. А., Патаркалшвили, Т. Г. (2016). Заменители молочного жира в производстве мороженого. *Проблемы развития АПК региона*, 1–1(25), 182–184. [Varivoda, A. A., Patarkalashvili, T. G. (2016). Milk fat replacer in the ice-cream production. *Development Problems of the Regional Agro-Industrial Complex*, 1–1 (25), 182–184. (In Russian)]
81. Мельникова, Е. И., Попова, Е. Е., Станиславская, Е. Б. (2012). Низкокалорийное мороженое с микропартикулятом сывороточных белков. *Пищевая промышленность*, 10, 60–61. [Melnikova, E. I., Popova, E. E., Stanislavskaya, E. B. (2012). Low-fat ice cream with whey proteins microparticulate. *Food Industry*, 10, 60–61. (In Russian)]
82. Пономарев, А. Н., Мельникова, Е. И., Попова, Е. Е. (2015). Микропартикуляты сывороточных белков в низкокалорийном мороженом. *Молочная промышленность*, 4, 46–47. [Ponomarev, A. N., Mel'nikova, E. I., Popova, E. E. (2015). Microparticulate of whey proteins in the low lactose ice-cream. *Dairy Industry*, 4, 46–47. (In Russian)]
83. Асланова, М. Н., Куликова, И. К., Евдокимов, И. А., Володин, Д. Н., Золотарева, М. С. (2014). Выживаемость молочнокислых микроорганизмов в низкокалорийном пробиотическом мороженом. *Молочная промышленность*, 10, 51–53. [Aslanova, M. N., Kulikova, I. K., Evdokimov, I. A., Volodin, D. N., Zolotareva, M. S. (2014). Viability of lactic acid microorganisms in the low fat probiotic ice-cream. *Dairy Industry*, 10, 51–53]
84. Prindiville, E. A., Marshall, R. T., Heymann, H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2216–2223. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75105-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75105-8)

85. Liou, B. K., Grün, I. U. (2007). Effect of fat level on the perception of five flavor chemicals in ice cream with or without fat mimetics by using a descriptive test. *Journal of Food Science*, 72(8), S595–S604. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00494.x>

86. Aykan, V., Sezgin, E., Guzel-Seydim, Z. B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(6), 516–520. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700277>

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	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
Казакова 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.	The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.