



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 663.674

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.007

 EDN: RPZCMV

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ И МИКРОПАРТИКУЛЯТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

Игорь Алексеевич Гурский¹, Антонина Анатольевна Творогова²

^{1, 2} Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный
центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

¹ iixrug@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8177-3472>

² antvorogova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7293-9162>

Аннотация. Кисломолочное мороженое характеризуется диетическими свойствами, пониженным содержанием лактозы и содержит полезную молочнокислую микрофлору. Совершенствование композиционного состава кисломолочного мороженого путем использования продуктов переработки побочного молочного сырья является актуальной задачей. Целью исследований являлось установление влияния на физико-химические показатели кисломолочного мороженого замены 50 % сухого обезжиренного молочного остатка на концентраты и микропартикуляты сывороточных белков.

Установлено, что при использовании с этой целью концентратов сывороточных белков происходит увеличение содержания в продукте белка на 78 %, микропартикулята – на 29 %. Это свидетельствует об улучшении пищевой и биологической ценности продукта. Изменение качественного и количественного состава белка в мороженом привело к понижению динамической вязкости смеси в 1,3–2 раза и криоскопической температуры на 0,5 °С. Введение сывороточных белков положительно сказалось на термоустойчивости. При использовании микропартикулятов скорость таяния снизилась с 1,23 % / мин до 0,8 % / мин, а падение первой капли замедлилось с 60 мин до 86 мин.

Использование белковых компонентов не оказало отрицательного влияния на процесс сквашивания молочной основы, через 4 ч уровень титруемой и активной кислотности (118 °Т и 4,9 ед. рН) существенно не отличался от ее значения в контрольном образце (120 °Т и 4,9 ед. рН).

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность замены в кисломолочном мороженом части СОМО на концентраты и микропартикуляты сывороточных белков при условии регулирования параметров технологического процесса в связи со снижением криоскопической температуры.

Ключевые слова: динамическая вязкость, криоскопическая температура, термоустойчивость.

Благодарности: статья подготовлена в рамках выполнения исследований по Государственному заданию ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Для цитирования: Гурский И. А., Творогова А. А. Влияние концентратов и микропартикулятов сывороточных белков на физико-химические показатели кисломолочного мороженого // Ползуновский вестник. 2024. № 1, С. 50–56. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.007. EDN: <https://elibrary.ru/RPZCMV>.

Original article

EFFECT OF WHEY PROTEIN CONCENTRATE AND MICROPARTICULATE ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF FERMENTED ICE CREAM

Igor A. Gurskiy ¹, Antonina A. Tvorogova ²

^{1, 2} All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

¹ iixrug@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8177-3472>

² antvorogova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7293-9162>

Abstract. *The fermented ice cream is characterized by dietary properties, low in lactose and contained of beneficial lactic acid microflora. Improvement of mixture composition of fermented ice cream by the use of byproducts of raw milk materials is an urgent task. The determination of the effect of replacement 50 % milk solid nonfat with whey protein concentrate and microparticulate on physicochemical properties of fermented ice cream was the aim of this study.*

It was determined that using of whey protein concentrates for this purpose, increases the protein content in product by 78%, and using of microparticulate - by 29%. It shows improving of nutrition and biological value of product. The change in qualitative and quantitative composition of protein in ice cream led to decreasing of dynamic viscosity by 1,3-2 times and freezing point by 0,5°C. The addition of whey protein positively influenced on melting properties. The melting rate decreased from 1,23%/min to 0,8%/min and the first dripping slowed down from 60 min to 86 min at microparticulate using.

The usage of protein components did not influence negatively on milk base fermentation; a titratable acidity and a pH after 4 h (118°T and 4,9 pH) did not significantly differ of the control sample (120°T and 4,9 pH).

Therefore, the studies showed a feasibility of replacement of part of milk solid nonfat with concentrate and microparticulate of whey protein in fermented ice cream, provided regulating the technological parameters because of a decreasing of freezing point.

Keywords: *dynamic viscosity, freezing point, melting properties.*

Acknowledgements: *the article was written in the framework of research under the State task of the Federal State Budgetary Scientific Institution “V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems” RAS.*

For citation: Gurskiy, I.A. & Tvorogova, A.A. (2023). Effect of whey protein concentrate and microparticulate on physicochemical properties of fermented ice cream. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 50-56. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.01.007. EDN: <https://elibrary.ru/RPZCMV>.

ВВЕДЕНИЕ

Рост населения земли и мировой дефицит белка ведет к необходимости производства продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности, в частности путем увеличения в традиционных разновидностях содержания белка, получаемого из побочных продуктов переработки молока [1].

Мороженое – один из самых популярных замороженных десертов. Особое место в данной разновидности десертов занимает кисломолочное мороженое, обладающее всеми преимуществами кисломолочной продукции: легче усваивается, содержит полезные для организма молочнокислые микроорганизмы, доступно людям с непереносимо-

стью лактозы [2]. В традиционных разновидностях мороженого содержание белка варьируется от 1,7 % до 4,7 % в зависимости от массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) [3]. Источниками белка в мороженом являются молочные компоненты, такие как цельное, сгущенное и сухое молоко. За счет использования белковых компонентов в составе мороженого можно повысить содержания общего белка, пищевую и биологическую ценность. Белки молока не только повышают пищевую и биологическую ценность, но выполняют и технологические функции. В технологии мороженого для увеличения содержания белка используют концентраты и изоляты молочных и сывороточных белков. Чаще всего используют концен-

траты сывороточных белков (КСБ), что обосновано положительным его влиянием на термостатические, реологические и микроструктурные характеристики [4, 5]. Микропартикулы сывороточных белков (МПСБ) характеризуются стабильностью к нагреванию, эмульгирующими и гелеобразующими свойствами [6, 7]. Благодаря этому они могут быть более эффективны при решении вопросов стабилизации структуры мороженого.

Белковые компоненты используют в мороженом дополнительно к СОМО или для частичной его замены (10–50 %). Применение белковых концентратов может оказать заметное влияние на показатели качества кисломолочного мороженого. Это связано с возможным дополнительным структурированием в продукте вследствие коагуляции белка в процессе сквашивания и его агрегированием. В результате этого происходит сильное нарастание вязкости, что, в свою очередь, может отрицательно сказаться на пенообразующих и термостатических свойствах.

Целью данной работы было изучение физико-химических показателей кисломолочного мороженого при замене части СОМО на КСБ и МПСБ.

МЕТОДЫ

В данной работе объектами исследования были 3 образца кисломолочного мороженого с заменой 50 % СОМО на КСБ и МПСБ.

Компонентный состав на 1 кг исследуемых образцов представлен в таблице 1.

Образцы изготавливали по традиционной схеме изготовления кисломолочного мороженого. Сахар и воду из общей массы в рецептуре использовали на изготовление сиропа. Остальные компоненты смешивали и пастеризовали при температуре 70 °С и продолжительности 30 мин. Давление при двухступенчатой гомогенизации составляло 18 и 4 МПа на 1 и 2 ступенях соответственно. Закваску, состоящую из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, вносили в охлажденную смесь при 40 °С. Продолжительность сквашивания составляла 4 ч. В сквашенную смесь вносили заранее приготовленный сироп, охлаждали до 4 °С и выдерживали 12 ч для созревания. Созревшую смесь фризировали до температуры минус 4 – минус 5. Полученное мороженое фасовали в коробочки из полистирола объемом 200 мл и закаливали при температуре минус 30 °С в течение 24 ч. Образцы готового мороженого хранили при температуре минус 18 °С.

Титруемую кислотность определяли в соответствии с ГОСТ 3624-92 [8].

Измерение pH проводили с помощью pH-150МИ.

Динамическую вязкость смесей определяли с использованием ротационного вискозиметра Brookfield DV2+Pro при температуре смеси 4 °С после созревания.

Взбитость мороженого определяли согласно ГОСТ 31457-2012 [9].

Для определения криоскопической температуры использовали криоскоп OSKR-1 [10]. Долю вымороженной влаги рассчитывали по формуле Нагаока:

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t},$$

где ω – доля вымороженной воды; $t_{кр}$ – криоскопическая температура; t – температура образца по шкале Цельсия.

Термоустойчивость образцов мороженого определяли методом термостатирования при 20 °С согласно [11].

Полученные результаты обрабатывали с использованием языка программирования R в среде RStudio.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ компонентного состава мороженого, приведенного в таблице 1, показывает, что замена 50 % СОМО (белка 34 %) в кисломолочном мороженом с массовой долей белка не менее 3,4 % приводит к увеличению его содержания до уровня 4,4 % и 5,7 % при использовании МПСБ (белка 55 %) и КСБ (белка 80 %) соответственно. Это положительно отражается на пищевой и биологической ценности продукта.

Кислотность мороженого определяют с целью идентификации его состава и установления наличия в продукте молочной кислоты в случае развития молочнокислой микрофлоры. В кисломолочном мороженом кислотность значительно выше, чем в традиционных разновидностях мороженого, в связи с наличием молочной кислоты, вносимой с молочными компонентами или образующейся в процессе сквашивания. Установлено, что при замене СОМО на белковые компоненты в смесях для кисломолочного мороженого произошло увеличение титруемой кислотности на 4–5 °Т. Наибольшая титруемая кислотность через 3 ч в процессе сквашивания отмечена в образце с МПСБ. После 4 ч значимых различий в титруемой кислотности не было. Значения кислотности образцов мороженого при сквашивании смесей представлены в таблице 2.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ И МИКРОПАРТИКУЛЯТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ
НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

Таблица 1 – Компонентный состав исследуемых образцов кисломолочного мороженого

Table 1 – Component composition of the studied samples of fermented ice cream

| Компоненты мороженого | Содержание компонентов в 1 кг продукта, г | | |
|---|---|-------|--------|
| | Контроль | с КСБ | с МПСБ |
| Масло сливочное (жира 82,5 %) | 60,7 | 60,7 | 60,7 |
| СОМ (СОМО 95 %) | 105,3 | 52,7 | 52,7 |
| Сахар | 150 | 150 | 150 |
| Стабилизатор эмульгатор | 6,5 | 6,5 | 6,5 |
| КСБ | х | 52,7 | х |
| МПСБ | х | х | 52,7 |
| Вода | 677,5 | 677,4 | 677,4 |
| Закваска (<i>Streptococcus thermophilus</i> и <i>Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus</i>) | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Таблица 2 – Кислотность исследуемых образцов кисломолочного мороженого

Table 2 – Acidity of fermented ice cream samples

| Продолжительность сквашивания, ч | Титруемая / активная кислотность в образцах, °Т/ед. рН | | |
|----------------------------------|--|---------|---------|
| | Контроль | с КСБ | с МПСБ |
| 0 | 32/6,4 | 37/6,3 | 36/6,3 |
| 3 | 70/5,6 | 70/5,5 | 81/5,3 |
| 4 | 118/4,9 | 118/4,9 | 120/4,9 |

Таблица 3 – Криоскопические характеристики смесей образцов мороженого

Table 3 – Freezing properties of samples of ice cream mixtures

| Показатель | Значение показателей в мороженом | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| | Контроль | с КСБ | с МПСБ |
| ¹ t _{кр} , °С | минус 2,7±0,03 | минус 2,2±0,03 | минус 2,2±0,06 |
| ² t _в , °С | минус 4,9 | минус 4,4 | минус 4,0 |
| ³ ω ₁ , % | 44 | 50 | 45 |
| ⁴ ω ₂ , % | 86 | 89 | 89 |

1 – криоскопическая температура; 2 – температура выгрузки; 3 – доля вымороженной влаги после фризирования; 4 – доля вымороженной влаги в хранении (минус 18 °С)

Результаты измерения криоскопической температуры и расчета доли вымороженной влаги представлены в таблице 3. По данным из приведенной таблицы установлено повышение криоскопической температуры на 0,5 °С при замене 50 % СОМО на КСБ и МПСБ. Разницы между образцами с различными белковыми компонентами установлено не было. Расчет доли вымороженной влаги показал различия в значении этого показателя не более 6 % на этапе фризирования и не более 3 % на этапе хранения.

Экспериментальные данные по динамической вязкости смесей при 50 об/мин представлены на рисунке 1. Установлено, что замена СОМО на белковые концентраты приводит к значимому снижению динамической вязкости. Наименьшее её значение установлено в образце МПСБ.

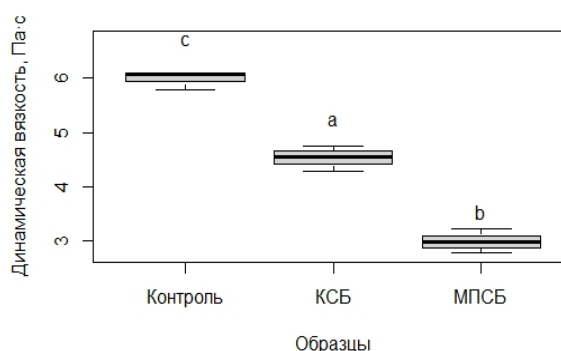


Рисунок 1 – Динамическая вязкость исследуемых образцов кисломолочного мороженого. Значения с одинаковой буквой значимых различий не имеют (P > 0,05)

Figure 1 – Dynamic viscosity of fermented ice cream samples. Values with the same letter do not have significant differences (P>0,05)

Исследование термоустойчивости показало, что до 60 мин. выдерживания образцов кисломолочного мороженого значимой разницы в массовой доле плава нет. После 60 мин. наиболее стабильный образец к воздействию температуры оказался с МПСБ. Падение первой капли в образце Контроль

установлено через 60 мин, в КСБ – через 66 мин, в МПСБ – через 86 мин. Скорость таяния была равна 1,23 %/мин, 0,84 %/мин и 0,8 %/мин соответственно. Результаты изменения массовой доли плава в процессе термостатирования представлены на рисунке 2.

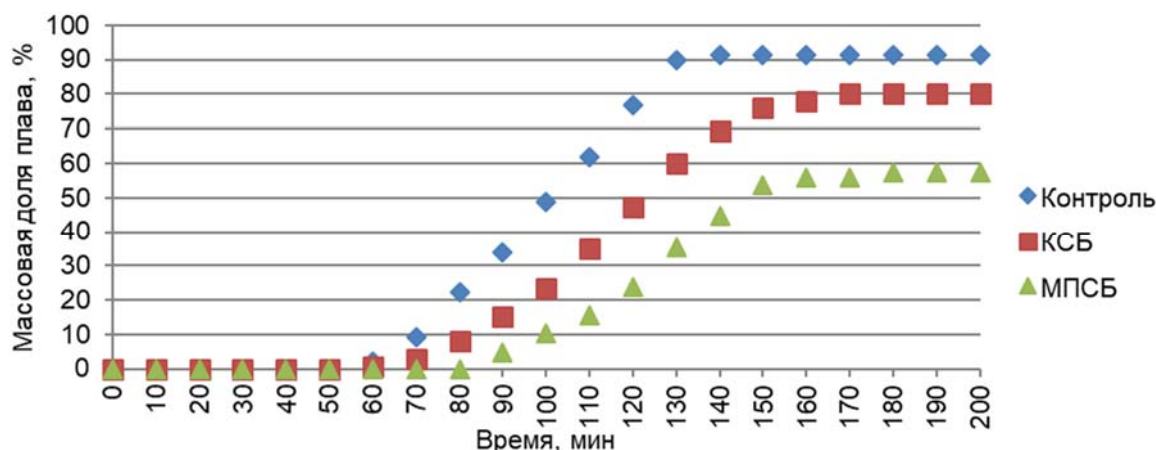


Рисунок 2 – Термоустойчивость исследуемых образцов кисломолочного мороженого

Figure 2 – Melting stability of fermented ice cream samples

Оценка способности смесей для кисломолочного мороженого с КСБ и МПСБ к насыщению воздухом по показателю взбитость не показала значимых различий между образцами (рисунок 3). Взбитость исследуемых образцов составляла 61–76 %, что говорит о высокой способности смесей к насыщению воздухом.

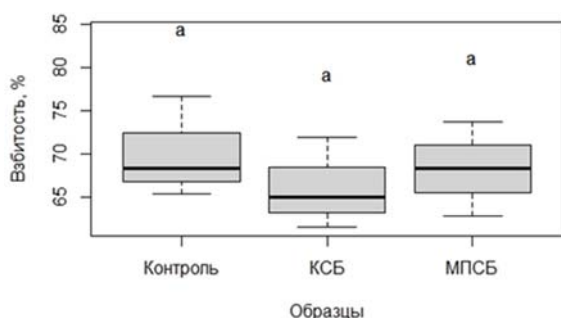


Рисунок 3 – Взбитость исследуемых образцов кисломолочного мороженого. Значения с одинаковой буквой значимых различий не имеют ($P > 0,05$)

Figure 3 – Overrun of fermented ice cream samples. Values with the same letter do not have significant differences ($P > 0,05$)

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные различия титруемой кислотности в контрольном образце мороженого и с использованием КСБ и МПСБ могут быть обусловлены увеличением количеством бел-

ка при внесении белковых концентратов, соответственно и количества кислых аминокислот, таких как аспарагин и глутамин. В процессе сквашивания в течение 4 ч существенных отличий в нарастании кислотности установлено не было, несмотря на снижение содержания лактозы в образцах с КСБ и МПСБ. Вероятно, сказалось положительное влияние пептидов сывороточных белков на развитие молочнокислых микроорганизмов.

В зависимости от криоскопической температуры определяется температура выгрузки мороженого из фризера. Низкое содержание вымороженной влаги в процессе физирования из-за сниженного числа центров кристаллизации приведет к формированию крупных кристаллов льда при дальнейшем замораживании продукта в скороморозильных камерах или туннелях и камерах дозакаливания и хранения. Изменение температуры заморозки при замене части СОМО на белковые компоненты связано с изменением количества низкомолекулярных веществ из-за снижения содержания лактозы и минеральных веществ. Полученные результаты коррелируют с ранними исследованиями замены части СОМО на различные белковые компоненты в мороженом пломбир [12].

Полученные различия динамической вязкости смесей в образцах могут быть связаны с рядом факторов. Во-первых, в процессе созревания на динамическую вязкость

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ И МИКРОПАРТИКУЛЯТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

значительное влияние оказывает казеин. При замене 50 % СОМО его содержание снижается вдвое, поэтому в образцах с КСБ и МПСБ динамическая вязкость значительно ниже. Во-вторых, в процессе пастеризации происходит частичная денатурация сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ и их взаимодействие через гидрофильные связи и дисульфидные мостики как друг с другом, так и с другими фракциями молочных белков [13]. В-третьих, увеличение белка ведет к образованию более прочной матрицы, удерживающей влагу в процессе сквашивания. Разница вязкости между образцами КСБ и МПСБ обусловлена отличием в содержании сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ. В образце с МПСБ содержится меньше белка по сравнению с образцом с КСБ, что является причиной более низкого показателя вязкости.

Исследование термоустойчивости кисло-молочного мороженого позволило установить снижение скорости плавления при использовании белковых компонентов в составе продукта. Это обусловлено образованием прочной матрицы, способной удерживать часть влаги в структуре мороженого. При сравнении образцов с КСБ и МПСБ по термоустойчивости выявлены преимущества последнего. Подобные различия могут быть связаны с влиянием микропартИКУЛЯТОВ на прочность структуры продукта при сквашивании.

Отсутствие значимых различий взбитости в исследуемых образцах при высокой способности к насыщению воздухом свидетельствует о возможности использования КСБ и МПСБ в технологии кисло-молочного мороженого без снижения стабильности воздушной фазы по сравнению с контрольным образцом кисло-молочного мороженого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования по определению влияния замены 50 % СОМО на КСБ и МПСБ на физико-химические показатели кисло-молочного мороженого. Установлено, что при этом происходит увеличение массовой доли белка в составе продукта, снижается криоскопическая температура смесей и повышается термоустойчивость порций. Отрицательного влияния замены СОМО белковыми концентратами на процесс сквашивания не установлено. Полученные результаты исследований показывают на возможность замены части СОМО в кисло-молочном мороженом на КСБ и МПСБ с целью повышения пищевой и биологической ценности продукта и решения проблемы более полного использования составных частей молока на пищевые цели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Perspectives on Future Protein Production / M.L. Colgrave [et al.] // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2021. Vol. 69, № 50. P. 15076–15083. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c05989.
2. Научно-технические основы биотехнологии молочных продуктов нового поколения / А.Г. Храмов [и др.]. Ставрополь : СевКавГТУ, 2002. 118 с.
3. Dynamic Concerns of Protein Ice-Cream: An Analysis / B. Shafique [et al.] // *Acta Scientifci Nutritional Health*. 2019. Vol. 3, № 11. P. 73–78. DOI: 10.31080/ASNH.2019.03.0490.
4. Danesh E., Goudarzi M., Jooyandeh H. 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*. 2017. Vol. 100, № 7. P. 5206–5211. DOI: 10.3168/jds.2016-12537.
5. Patel M.R., Baer R.J., Acharya M.R. Increasing the protein content of ice cream // *Journal of dairy science*. 2006. Vol. 89, № 5. P. 1400–1406. DOI: 10.3168/JDS.S0022-0302%2806%2972208-1.
6. Dissanayake M., Liyanaarachchi S., Vasiljevic T. Functional properties of whey proteins microparticulated at low pH // *Journal of dairy science*. 2012. Vol. 95, № 4. P. 1667–1679. DOI: 10.3168/jds.2011-4823.
7. Dissanayake M., Vasiljevic T. Functional properties of whey proteins affected by heat treatment and hydrodynamic highpressure shearing // *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92, № 4. P. 1387–1397. DOI: 10.3168/jds.2008-1791.
8. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности : введ. 1994-01-01. Москва, 2009, 9 с.
9. ГОСТ 31457-2012. Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия : введ. 2012-07-01. Москва, 2014, 28 с.
10. ЛандиХОВСКАЯ А.В., КАЗАКОВА Н.В. Показатели качества молочного мороженого из козьего молока сублимационной сушки // *Ползуновский вестник*. 2023. № 1. С. 51–58. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.007.
11. Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого / А.А. Творогова [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48, № 2. С. 109–116. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-109-116.15.
12. Effect of Protein Concentrates and Isolates on the Rheological, Structural, Thermal and Sensory Properties of Ice Cream / A.A. Tvorogova [et al.] // *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2023. Vol. 11, № 1. P. 294–306. DOI: 10.12944/CRNFSJ.11.1.22.
13. Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate / S. Roy [et al.] // *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2, № 1. DOI: 10.1016/j.afres.2021.100029.

Информация об авторах

И. А. Гурский – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории технологии мо-

роженого ВНИХИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

А. А. Творогова – доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии мороженого ВНИХИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

REFERENCES

1. Colgrave, M.L., Dominik, S., Tobin, A.B., Stockmann, R., Simon, C.J., Howitt, C.A., Belobrajdic, D.P., Paull, C.A. & Vanhercke, T. (2021). Perspectives on Future Protein Production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69 (50), 15076-15083. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c05989.
2. Khramtsov, A.G., Sinelnikova, B.M., Kostina, V.V. & Ryabtseva, S.A. (2002). Scientific and technical foundations of the biotechnology of dairy products of a new generation. Stavropol: North-caucasus federal university. (In Russ.).
3. Shafique, B., Mahmood, S., Alam, M.Q. & Saeed, W. (2019). Dynamic Concerns of Protein Ice Cream: An Analysis. *Acta Scientifi Nutritional Health*, 3 (11), 73-78. DOI: 10.31080/ASNH.2019.03.0490.
4. 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. DOI: 10.3168/jds.2016-12537.
5. Patel, M.R., Baer, R.J. & Acharya, M.R. (2006). Increasing the protein content of ice cream. *Journal of dairy science*, 89 (5), 1400-1406. DOI: 10.3168/JDS.S0022-0302%2806%2972208-1.
6. Dissanayake, M., Liyanaarachchi, S. & Vasiljevic, T. (2012). Functional properties of whey proteins microparticulated at low pH. *Journal of dairy science*, 95 (4), 1667-79. DOI: 10.3168/jds.2011-4823.
7. Dissanayake, M. & Vasiljevic, T. (2009). Functional properties of whey proteins affected by heat treatment and hydrodynamic high-pressure

shearing. *Journal of dairy science*, 92 (4), 1387-97. DOI: 10.3168/jds.2008-1791.

8. Milk and milk products. Titrimetric methods of acidity determination. (2009). ГОСТ 3624-92 from 1 Jan. 1994. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

9. Milk ice, ice cream and plombir. Specifications. (2014). ГОСТ 31457-2012 from 1 Jul. 2012. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

10. Landikhovskaya, A.V. & Kazakova, N.V. (2023). Quality indices of milk ice cream of sublimated dried goat milk. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 51-58. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.007.

11. Tvorogova, A.A., Shobanova, T.V., Landikhovskaya, A.V. & Zakirova, R.R. (2019). Milk ice cream composition and structure improvement. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48 (2), 109-116. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-109-116.15.

12. Tvorogova, A.A., Gurskiy, I.A., Shobanova, T.V. & Smykov, I.T. (2023). Effect of Protein Concentrates and Isolates on the Rheological, Structural, Thermal and Sensory Properties of Ice Cream. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 11 (1), 294-306. DOI: 10.12944/CRNFSJ.11.1.22.

13. Roy, S., Hussain, S.A., Prasad, W.G. & Khetera, Y. (2021). Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. *Applied Food Research*, 2 (1). DOI: 10.1016/j.afres.2021.100029.

Information about the authors

I.A. Gurskiy - graduate student, junior researcher, the laboratory of ice cream technology, VNIKHI - Branch of Gorbatov Federal Research Center for Food Systems.

A.A. Tvorogova - doctor of technical sciences, chief researcher, the laboratory of ice cream technology, VNIKHI - Branch of Gorbatov Federal Research Center for Food Systems.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 05 июня 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 05 марта 2024.

The article was received by the editorial board on 05 June 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 05 Mar 2024.