

Игорь Алексеевич Гурский^{1✉}, Антонина Анатольевна Творогова²

^{1,2}Всероссийский НИИ холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

¹iixrug@yandex.ru

²antvorogova@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ МИКРОПАРТИКУЛЯТОВ И КОНЦЕНТРАТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

Цель исследования – изучение состояния микроструктуры кисломолочного мороженого с частичной заменой сухого обезжиренного молочного остатка на сухие вещества концентратов и микропартикулятов сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ, проведенной для повышения биологической ценности белков. Задачи: изготовление опытных партий исследуемых образцов кисломолочного мороженого и оценка состояния и дисперсности микроструктурных элементов (кристаллов льда, воздушных пузырьков и жировых шариков). Объектами исследования являлось кисломолочное мороженое с массовой долей жира 5 % традиционного состава и с частичной заменой сухих обезжиренных веществ молока (50 %) на сухие вещества сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ (концентрат и микропартикулят). Образцы кисломолочного мороженого вырабатывались по традиционной схеме с использованием в качестве заквасочных культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Vulgaricus*. Оценку микроструктурных элементов проводили методом микроскопирования с последующим определением размеров микроструктурных элементов (кристаллы льда, пузырьки воздуха, жировые глобулы). Было отмечено увеличение среднего размера 90 % общего количества пузырьков воздуха на 7–11 мкм в образцах с концентратами и микропартикулятами сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ. Проведенные исследования позволили установить отсутствие влияния замены части сухого обезжиренного молочного остатка на сухие вещества концентратов и микропартикулятов сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ на дисперсность (средние размеры и распределение по размерам) кристаллов льда и жировых глобул. Их средние размеры находились в интервале значений 35–36 и 2,3–2,6 мкм, при этом 90 % частиц не превышали размер 55,8–57,8 и 3,08–3,62 мкм соответственно. При использовании белковых концентратов было выявлено увеличение агрегированных частиц жира в исследуемых образцах. Для установления причины этого явления необходимы дальнейшие исследования. Полученные результаты подтверждают возможность применения концентратов и микропартикулятов сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ в технологии кисломолочного мороженого с целью замены до 50 % сухого обезжиренного молочного остатка.

Ключевые слова: кисломолочное мороженое, замена сухого обезжиренного молочного остатка, кристаллы льда, пузырьки воздуха, жировые глобулы

Для цитирования: Гурский И.А., Творогова А.А. Влияние микропартикулятов и концентратов сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ на микроструктуру кисломолочного мороженого // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 253–259. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-253-259.

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

Igor Alekseevich Gursky^{1✉}, Antonina Anatolyevna Tvorogova²^{1,2}All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of the FRC for Food Systems named after V.M. Gorbатов of RAS, Moscow, Russia¹iixrug@yandex.ru²antvorogova@yandex.ru

THE INFLUENCE OF MICROPARTICULATES AND WHEY PROTEIN CONCENTRATES ON THE FERMENTED MILK ICE CREAM MICROSTRUCTURE

*The purpose of research is to study the state of the microstructure of fermented milk ice cream with partial replacement of milk solids not-fat (MSNF) with dry substances of whey protein concentrates and microparticulates, carried out to increase the biological value of proteins. Objectives: production of pilot batches of test samples of fermented milk ice cream and assessment of the condition and dispersion of microstructural elements (ice crystals, air cells and fat globules). The objects of the study were fermented milk ice cream with a fat mass fraction of 5 % of the traditional composition and with partial replacement of MSNF (50 %) with dry substances of whey protein solids (concentrate and microparticulate). Samples of fermented milk ice cream were produced according to the traditional scheme using *Streptococcus thermophilus* and *Streptococcus thermophilus* u *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* as starter cultures. The assessment of microstructural elements was carried out by microscopy with subsequent determination of the sizes of microstructural elements (ice crystals, air cells, fat globules). There was an increase in the average size of 90 % of the total air bubbles by 7–11 μm in samples containing whey protein concentrates and microparticulates. The conducted studies made it possible to establish that there was no effect of replacing part of MSNF with dry substances of whey protein concentrates and microparticulates on the dispersion (average sizes and size distribution) of ice crystals and fat globules. Their average sizes were in the range of 35–36 and 2.3–2.6 μm , with 90 % of particles not exceeding the size of 55.8–57.8 and 3.08–3.62 μm , respectively. When using protein concentrates, an increase in agglomerated fat particles was detected in the studied samples. Further research is needed to establish the cause of this phenomenon. The results obtained confirm the possibility of using whey protein concentrates and microparticulates in fermented milk ice cream technology to replace up to 50 % of MSNF.*

Keywords: fermented milk ice cream, replacement of milk solids not-fat, ice crystals, air cells, fat globules

For citation: Gurskiy I.A., Tvorogova A.A. The influence of microparticulates and whey protein concentrates on the fermented milk ice cream microstructure // Bulliten KrasSAU. 2024;(2): 253–259 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-253-259.

Acknowledgments: the article has been prepared as part of research on the State assignment of the Federal State Budgetary Institution "FSC Food Systems named after V.M. Gorbатов" RAS.

Введение. Кисломолочное мороженое, как и все разновидности этого продукта, характеризуется многофазной структурой, формирование которой в процессе производства и сохранение при резервировании является сложной задачей. Кисломолочному мороженому присущи не только свойства мороженого, но и кисломолочных продуктов – наличие молочнокислых микроорганизмов и продуктов, образующихся в процессе сквашивания (молочной кислоты, ферментов, витаминов и др.). Кроме того, структурные изменения белка, происходящие в процессе сквашивания, оказывают дополнительное влияние на состояние структуры мороженого.

Известно, что белок является одним из основных нутриентов пищи. Производство продукции с высоким содержанием белка и использование на пищевые цели белка побочных продуктов молочного производства является актуальной задачей. Помимо биологической ценности, обусловленной аминокислотным составом, белок оказывает воздействие на органолептические, физико-химические и микроструктурные свойства готового мороженого. Содержание белка в 100 г мороженого и замороженных десертов варьируется в диапазоне 1,7–4,7 г [1].

Наиболее распространенным способом повышения содержания белка в таких многоком-

понентных продуктах, как мороженое, является дополнительное внесение белковых компонентов. К ним относятся изоляты и концентраты молочных и сывороточных белков, изоляты соевых белков и другие продукты. В технологии мороженого чаще всего применяют концентрат сывороточных белков. Чаще всего его дополнительно используют для восполнения сухого обезжиренного молочного остатка, но встречаются варианты и по замене его на 1–4 % сухих веществ концентратов [2, 3].

К микроструктурным элементам мороженого относятся кристаллы льда, жировые глобулы и пузырьки воздуха. От их состояния зависит качество готового продукта. Содержащиеся белки в мороженом или внесенные дополнительно могут оказать влияние на их размеры за счет своих влагоудерживающих [4], стабилизирующих [5], эмульгирующих [6], пенообразующих и поверхностно-активных свойств [7]. Учитывая, что в кисломолочном мороженом в процессе производства происходит коагуляция белков, их влияние на микроструктуру в этом продукте может отличаться от влияния в традиционных разновидностях мороженого, что может привести к снижению дисперсности структурных элементов и последующему ухудшению органолептических показателей.

Таким образом, исследование влияния микропартикулятов и концентратов сывороточных белков, производимых из побочных продуктов переработки молока и используемых для повышения биологической ценности белков, на состояние микроструктуры кисломолочного мороженого является актуальной задачей.

Цель исследования – изучение состояния микроструктуры кисломолочного мороженого с частичной заменой сухого обезжиренного молочного остатка на сухие вещества концентратов и микропартикулятов сывороточных белков.

Задачи: изготовление опытных партий исследуемых образцов кисломолочного мороже-

ного и оценка состояния и дисперсности микроструктурных элементов (кристаллов льда, воздушных пузырьков и жировых шариков).

Объекты и методы. Объектами исследования являлись образцы кисломолочного мороженого с массовой долей жира 5 % и с частичной заменой сухого обезжиренного молочного остатка (50 %) на сухие вещества – сывороточные белки (концентраты и микропартикуляты).

Анализ микроструктурных элементов проводили с использованием микроскопа CX41RF и термостоллика PE 120 согласно методу, описанному в ранней работе [8]. Микрофотографии обрабатывали в ImageScope M. В среде анализа данных Rstudio определяли квантили (D10, D50, D90) и средний размер элементов.

Исследования были проведены в лаборатории технологии мороженого ВНИИХИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Результаты и их обсуждение. Изготовление образцов кисломолочного мороженого проводили по стандартной схеме [9] с использованием в качестве заквасочных культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. В составе 1000 г контрольного образца (контроль): масло сливочное (м.д.ж. 82,5 %) – 60,7 г; сухое обезжиренное молоко (СОМО 95 %) – 105,3 г; сахар – 150 г; комплексная стабилизационная система – 6,5 г; вода – 677,5 г. Мороженое характеризовалось химическим составом: жир – 5 %; СОМО – 10; сахар – 15; сухих веществ стабилизационной системы – 0,63 %. При использовании концентратов сывороточных белков (КСБ) или микропартикулятов сывороточных белков (МПСБ) в образцах их сухие вещества были заменены 50 % сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО).

Средние размеры микроструктурных элементов представлены в таблице.

Средний размер структурных элементов образцов кисломолочного мороженого, мкм

Элементы микроструктуры	Контроль	КСБ	МПСБ
Пузырьки воздуха	27	29	35
Кристаллы льда	35	36	36
Жировые глобулы	2,3	2,5	2,6

Как следует из представленной таблицы, разницы среднего размера кристаллов льда и жировых глобул в образцах с различными белковыми компонентами по сравнению с контролем отмечено не было. Установлено увеличе-

ние среднего размера пузырьков воздуха при использовании КСБ и МПСБ.

На рисунке 1 представлено распределение пузырьков воздуха по размерам.

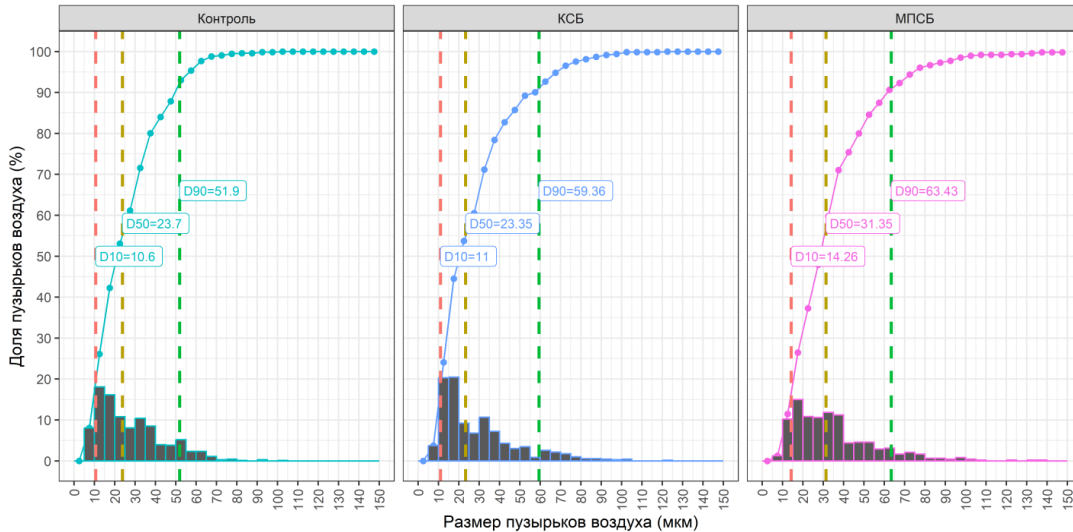


Рис. 1. Распределение пузырьков воздуха с кумулятивной кривой и квантилями образцов кисломолочного мороженого

Как видно из рисунка 1, использование сухих веществ КСБ вместо 50 % СОМО не оказало существенного влияния на значения D10 и D50. Половина от всего количества пузырьков воздуха характеризовалась размером менее 24 мкм. Использование МПСБ привело к увеличению D10 и D50 на 3 и 8 мкм соответственно. В случае использования белковых компонентов D90 в

сравнении с контрольным образцом был увеличен на 7 и 11 мкм. Увеличение размеров пузырьков воздуха в образцах КСБ и МПСБ может быть связано с более низкой стабилизирующей способностью сывороточных белков по сравнению с казеином молока [10].

Распределение кристаллов льда представлено на рисунке 2.

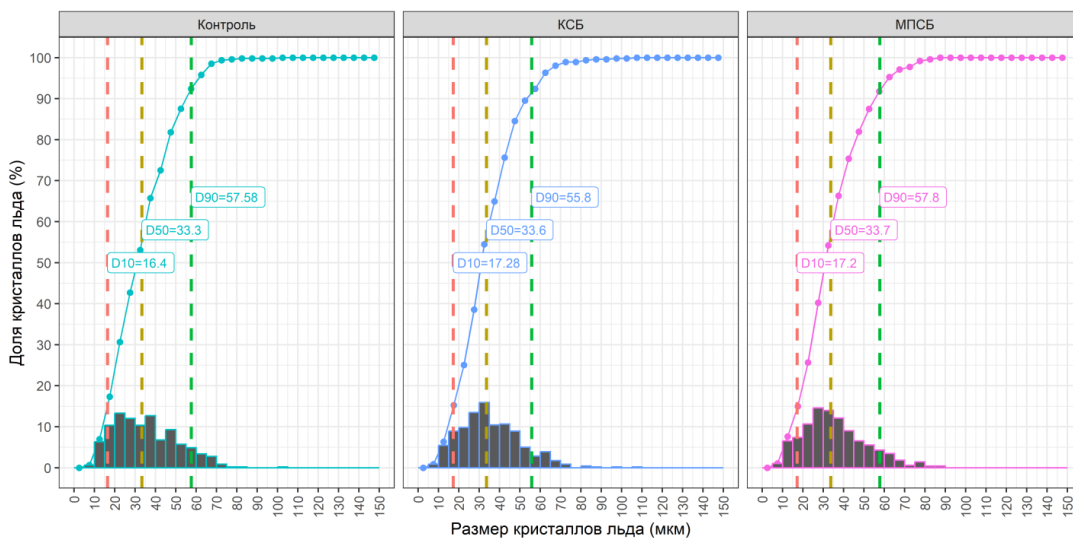


Рис. 2. Распределение кристаллов льда с кумулятивной кривой и квантилями образцов кисломолочного мороженого

Как следует из рисунка 2, внесение белковых компонентов не оказало влияния на рост кристаллов льда на этапе фризирования и закаливания образцов мороженого. Большинство кри-

сталлов льда (90 %) во всех образцах имели размер не более 57 мкм.

Размеры жировых глобул, как и кристаллов льда, в образцах не имели различий. Их распределение представлено на рисунке 3.

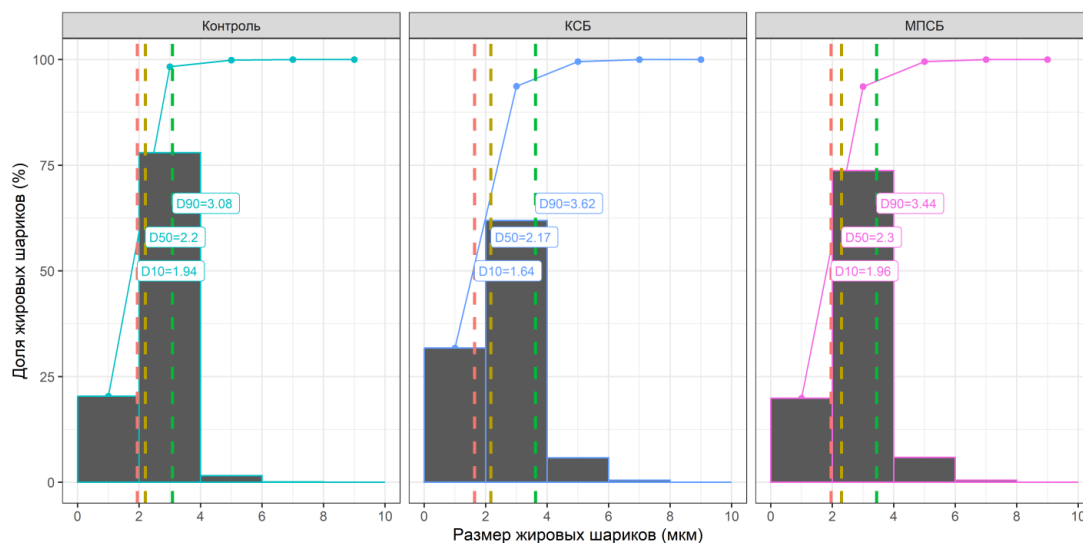


Рис. 3. Распределение жировых глобул с кумулятивной кривой и квантилями образцов кисломолочного мороженого

Половина глобул жира, как следует из рисунка 4, имели размеры, не превышающие значение 2,3 мкм, что указывает на незначительное количество жировых частиц в агломерированном состоянии, что характерно для продуктов с

невысокой массовой долей жира (менее 6 %). Однако наиболее крупные их агломераты после фризирования образовывались при использовании МПСБ.

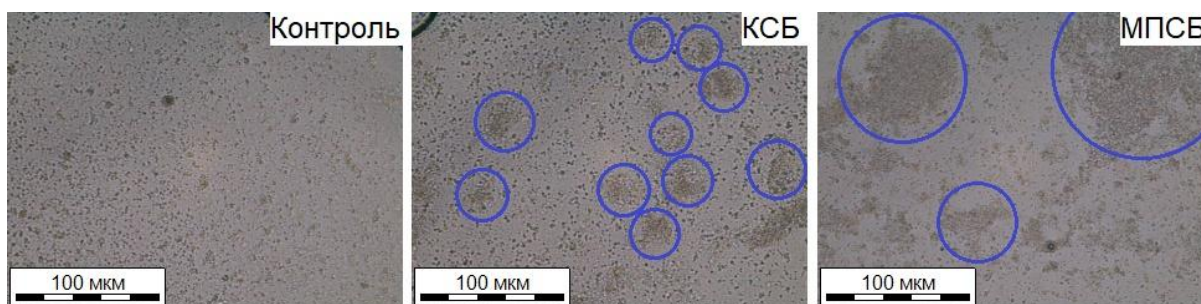


Рис. 4. Микрофотографии жировой фазы исследуемых образцов

Большее количество агломератов в образцах с КСБ и МПСБ в сравнении с контролем, вероятно, связано со снижением прочности оболочки на жировых шариках при совместном использовании белков СОМО и сывороточных. Что нуждается в дальнейшем изучении. Менее стабильная оболочка в большей степени подвергается повреждению при сильном механическом воздей-

ствии на этапе фризирования, что приводит к частичному деэмульгированию жировых частиц и дальнейшей их агломерации.

Заключение. Изучено состояние микро-структуры кисломолочного мороженого при частичной замене СОМО на сухие вещества КСБ и МПСБ. Установлено, что замена СОМО на сухие вещества КСБ и МПСБ приводит к увеличе-

нию размеров пузырьков воздуха и не оказывает влияния на дисперсность (средний диаметр и распределение по размерам) кристаллов льда и жировых глобул. Использование белковых компонентов ведет к увеличению количества агрегированного жира после фризирования. Результаты исследований показали на возможность замены 50 % СОМО в кисломолочном мороженом на такое же количество сухих веществ КСБ и МПСБ.

Список источников

1. 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.
2. *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.
3. Effect of Incorporating Whey Protein Concentrate on Chemical, Rheological and Textural Properties of Ice Cream / *M. El-Zeini Hoda* [et al.] // *Journal of Food Processing & Technology*. 2016. Vol. 7, № 2. DOI: 10.4172/2157-7110.1000546.
4. *Singh H.* Functional Properties of Milk Proteins // Reference Module in Food Science. 2016. DOI: 10.1016/b978-0-08-100596-5.00934-3.
5. *Akalin A.S., Karagözlü C., Ünal G.* Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin // *European Food Research and Technology*. 2008. 227. P. 889–895. DOI: 10.1007/S00217-007-0800-Z
6. *Dissanayake M., Vasiljevic T.* Functional properties of whey proteins affected by heat treatment and hydrodynamic high-pressure shearing // *Journal of dairy science*. 2009. Vol. 92, № 4. P. 1387–1397. DOI: 10.3168/jds.2008-1791
7. *Whitnah C.H.* The Surface Tension of Milk. A Review // *Journal of Dairy Science*. 1959. 42. P. 1437–1449. DOI: 10.3168/JDS.S0022-0302(59)90760-X.

8. 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
9. *Goff H.D., Hartel R.W.* Ice Cream. Boston MA: Springer, 2013. 462 p.
10. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates / *K.G. Marinova* [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2009. 23. P. 1864–1876. DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2009.03.003.

References

1. 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.
2. *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.
3. Effect of Incorporating Whey Protein Concentrate on Chemical, Rheological and Textural Properties of Ice Cream / *M. El-Zeini Hoda* [et al.] // *Journal of Food Processing & Technology*. 2016. Vol. 7, № 2. DOI: 10.4172/2157-7110.1000546.
4. *Singh H.* Functional Properties of Milk Proteins // Reference Module in Food Science. 2016. DOI: 10.1016/b978-0-08-100596-5.00934-3.
5. *Akalin A.S., Karagözlü C., Ünal G.* Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin // *European Food Research and Technology*. 2008. 227. P. 889–895. DOI: 10.1007/S00217-007-0800-Z
6. *Dissanayake M., Vasiljevic T.* Functional properties of whey proteins affected by heat treatment and hydrodynamic high-pressure shearing // *Journal of dairy science*. 2009. Vol. 92, № 4. P. 1387–1397. DOI: 10.3168/jds.2008-1791

7. *Whitnah C.H.* The Surface Tension of Milk. A Review // *Journal of Dairy Science*. 1959. 42. P. 1437–1449. DOI: 10.3168/JDS.S0022-0302(59)90760-X.
8. 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
9. *Goff H.D., Hartel R.W.* Ice Cream. Boston MA: Springer, 2013. 462 p.
10. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates / *K.G. Marinova* [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2009. 23. P. 1864–1876. DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2009.03.003.

Статья принята к публикации 24.08.2023 / The article accepted for publication 24.08.2023.

Информация об авторах:

Игорь Алексеевич Гурский¹, младший научный сотрудник лаборатории технологии мороженого
Антонина Анатольевна Творогова², главный научный сотрудник лаборатории технологии мороженого, доктор технических наук

Information about the authors:

Igor Alekseevich Gursky¹, Junior Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology
Antonina Anatolyevna Tvorogova², Chief Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology, Doctor of Technical Sciences

