

Антонина Анатольевна Творогова¹, Анна Валентиновна Ландиховская²✉,
Светлана Евгеньевна Кочнева³

^{1,2,3}Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

¹antvorogova@yandex.ru

²anna.landih@yandex.ru

³skochneva01@mail.ru

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ СТАБИЛИЗАТОРОВ-ЭМУЛЬГАТОРОВ И ЦИТРУСОВЫХ ВОЛОКОН

Цель исследований – экспериментальное обоснование возможности применения цитрусовых волокон в присутствии комплексного стабилизатора-эмульгатора в производстве молочного мороженого для дополнительной стабилизации структуры, улучшения консистенции и сенсорного повышения содержания жира. Задачи: изготовить в условиях экспериментальной лаборатории мороженое с использованием традиционной стабилизационной системы и с дополнительным введением цитрусовых волокон и провести комплекс исследований по определению показателей качества. Объектом исследования являлось молочное мороженое с массовой долей жира 6 %. Установлено, что внесение волокон в количестве 0,3 % в опытный образец способствовало повышению динамической вязкости смеси в 1,5 раза до и в 1,7 раза после созревания по сравнению с контролем. Это повлияло на незначительное снижение способности смеси к насыщению воздухом и оказало положительное влияние на консистенцию готового продукта. Установлено, что дополнительное введение волокон способствовало повышению формо- и термоустойчивости опытного образца, через 60 мин термостатирования массовая доля плава в нем была в 1,6 раза меньше, чем в контроле. Наличие нерастворимых форм цитрусовых волокон не привело к заметному снижению дисперсности структурных элементов. В опытном образце после закаливания образовались воздушные пузырьки размером $(47,4 \pm 5,2)$ мкм, в контрольном – $(44,5 \pm 3,9)$ мкм, что не имеет значимых различий ($p > 0,05$). Размер кристаллов льда в опытном и контрольном образцах также не имел значимых отличий ($p > 0,05$). В обоих образцах на долю кристаллов льда размером до 50 мкм после закаливания приходилось 85 % от общего количества, через 6 месяцев хранения в опытном образце данный показатель составил 75 %, в контроле – 73 %. Дегустационная оценка мороженого подтвердила положительное влияние пищевых волокон на консистенцию мороженого и сенсорное восприятие жира. Полученные результаты могут быть использованы при решении вопросов совершенствования структуры и консистенции в производстве молочного мороженого.

Ключевые слова: молочное мороженое, консистенция, стабилизация, цитрусовые волокна, структура

Для цитирования: Творогова А.А., Ландиховская А.В., Кочнева С.Е. Показатели качества молочного мороженого при совместном применении стабилизаторов-эмульгаторов и цитрусовых волокон // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 215–221. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-215-221.

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

Antonina Anatolyevna Tvorogova¹, Anna Valentinovna Landikhovskaya²✉,
Svetlana Evgenievna Kochneva³

^{1,2,3}All-Russian Scientific Research Institute of of Refrigeration Industry – branch of the FRC for Food Systems named after V.M. Gorbатов of RAS, Moscow, Russia

¹antvorogova@yandex.ru

²anna.landih@yandex.ru

³skochneva01@mail.ru

QUALITY INDICATORS OF MILK ICE CREAM WITH JOINT APPLICATION OF STABILIZERS-EMULSIFIERS AND CITRUS FIBERS

The purpose of research is to experimentally substantiate the possibility of using citrus fibers in the presence of a complex stabilizer-emulsifier in the production of dairy ice cream for additional stabilization of the structure, improvement of consistency and sensory increase in fat content. Objectives: to produce ice cream in an experimental laboratory using a traditional stabilization system and with the additional introduction of citrus fibers and to conduct a set of studies to determine quality indicators. The object of the study was milk ice cream with a fat mass fraction of 6 %. It was found that the introduction of fibers in an amount of 0.3% into the test sample contributed to an increase in the dynamic viscosity of the mixture by 1.5 times before and 1.7 times after ripening compared to the control. This influenced a slight decrease in the ability of the mixture to be saturated with air and had a positive effect. influence on the consistency of the finished product. It was found that the additional introduction of fibers contributed to an increase in the dimensional and thermal stability of the test sample; after 60 minutes of temperature control, the mass fraction of melt in it was 1.6 times less than in the control. The presence of insoluble forms of citrus fibers did not lead to a noticeable decrease in the dispersion of structural elements. In the test sample after hardening, air bubbles with a size of $(47.4 \pm 5.2) \mu\text{m}$ formed, in the control sample – $(44.5 \pm 3.9) \mu\text{m}$, which does not have significant differences ($p > 0.05$). The size of ice crystals in the experimental and control samples also did not differ significantly ($p > 0.05$). In both samples, the share of ice crystals up to 50 microns in size after hardening accounted for 85% of the total amount; after 6 months of storage, this figure was 75 % in the test sample, and 73 % in the control. Tasting evaluation of ice cream confirmed the positive effect of dietary fiber on the consistency of ice cream and the sensory perception of fat. The results obtained can be used to address issues of improving structure and consistency in the production of dairy ice cream.

Keywords: milk ice cream, consistency, stabilization, citrus fibers, structure

For citation: Tvorogova A.A., Landikhovskaya A.V., Kochneva S.E. Quality indicators of milk ice cream with joint application of stabilizers-emulsifiers and citrus fibers // Bulliten KrasSAU. 2024;(2): 215–221 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-215-221.

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

Введение. Наибольшим спросом у населения пользуются разновидности мороженого с высокой массовой долей жира (12–15 %) вследствие его положительного влияния на органолептические показатели – вкус, консистенцию и структуру [1]. Однако излишнее потребление жира как высококалорийного продукта, содержащего насыщенные жирные кислоты, негативно сказывается на здоровье людей, приводит к сердечно-сосудистым заболеваниям и ожирению [2]. Разнообразности молочного мороженого в соответст-

вии с ТР ТС 033/2013 характеризуются содержанием жира на уровне не выше 7,5 %, но производятся в основном с массовой долей жира 3–4 %.

В настоящее время объемы производства молочного мороженого незначительные, поскольку снижение содержания жира в продукте отрицательно сказывается на консистенции и структуре продукта. В связи с этим изготовители вынуждены подбирать компоненты для повышения сенсорного ощущения содержания жира. К таким компонентам относят растворимые пи-

щевые волокна, некоторые полиолы и полисахариды. Последние в мороженом используют в основном для увеличения вязкости смесей [3]. Применение компонентов для увеличения вязкости особенно актуально в производстве продуктов с высоким содержанием воды, к которым относится и молочное мороженое [4].

Структура любого мороженого формируется в процессе замораживания и насыщения смеси воздухом во фризере. При этом образуются две новые дисперсные фазы мороженого – воздушные пузырьки и кристаллы льда. Для их стабилизации в мороженом применяют гидроколлоиды (полисахариды и белки) [5], количество которых повышается по мере снижения массовой доли сухих веществ. Гидроколлоиды способствуют структурированию и удерживанию в структуре воды в незамороженной части продукта, тем самым ингибируется рост кристаллов льда и повышается устойчивость мороженого к таянию [6].

В производстве мороженого существует необходимость дополнительного применения ингредиентов, взаимодействующих с водой и при этом не оказывающих отрицательного влияния на показатели качества готового продукта и технологический процесс его производства. Такими ингредиентами могут стать цитрусовые волокна. Они состоят из нерастворимой пищевой клетчатки (около 50 %) и благодаря этому обладают хорошей влагосвязывающей способностью [7]. Присутствие клетчатки в нерастворимой форме может инициировать образование кристаллов льда, а в смесях для мороженого не вызывать чрезмерного увеличения вязкости. На функциональные свойства цитрусовых волокон оказывает влияние гомогенизация [8], что является обязательной стадией производства мороженого с использованием молочного жира.

Цель исследований – экспериментальное обоснование возможности применения цитрусовых волокон в присутствии комплексного стабилизатора-эмульгатора в производстве молочного мороженого для дополнительной стабилизации структуры, улучшения консистенции и сенсорного повышения содержания жира.

Задачи: изготовление в условиях экспериментальной лаборатории молочного мороженого с использованием традиционной стабилизационной системы и с дополнительным введением цитрусовых волокон и проведение ком-

плекса исследований по определению показателей качества, позволяющих установить их прямое или опосредствованное влияние на состояние структуры и консистенции продукта: вязкость, взбитость, показатели формо- и термостойкости; дисперсность воздушной фазы и кристаллов льда.

Объекты и методы. Изучаемые образцы мороженого вырабатывали на экспериментальном стенде лаборатории технологии мороженого ВНИХИ в соответствии с ТТИ ГОСТ 31457-2012. Сырьем для мороженого было молоко питьевое по ГОСТ 31450-2013, масло сливочное с массовой долей жира 82,5 % по ГОСТ 32261-2013, сахар белый по ГОСТ 33222-2015, молоко сухое по ГОСТ 33629-2015. Контролем служило традиционное молочное мороженое с массовой долей молочного жира 6 %, в качестве комплексной стабилизационной системы использовался Cremodan 334. В экспериментальный образец для дополнительной стабилизации были внесены цитрусовые волокна CITRI-FI 100M20 в количестве 0,3 % в натуральном выражении. Выбор дозировки в данном количестве обусловлен возможными вкусовыми изменениями продукта [9].

На стадии выработки смеси и изготовления мороженого определяли показатели динамической вязкости до и после созревания с использованием вискозиметра Brookfield DV II+Pro. Взбитость мороженого при выходе из фризера определяли по ГОСТ 31457-2012. В готовом мороженом изучали показатели термо- и формостойкости образцов в соответствии с методикой, описанной в работе [9]. Дисперсность воздушной фазы и кристаллов льда в процессе хранения оценивали путем подсчета структурных элементов на микрофотографиях, полученных с использованием микроскопа Olympus CX-41 и ПО ImageScope.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программных продуктов MS Excel и Past. Размеры кристаллов льда и воздуха представлены в виде «среднее значение ± стандартное отклонение». Статистическую значимость различий между образцами оценивали при $p < 0,05$. Графики были построены в программе STATISTICA 10.

Результаты и их обсуждение. Изменение динамической вязкости смеси определяли при градиенте сдвига $0,41 \text{ с}^{-1}$ (рис. 1).

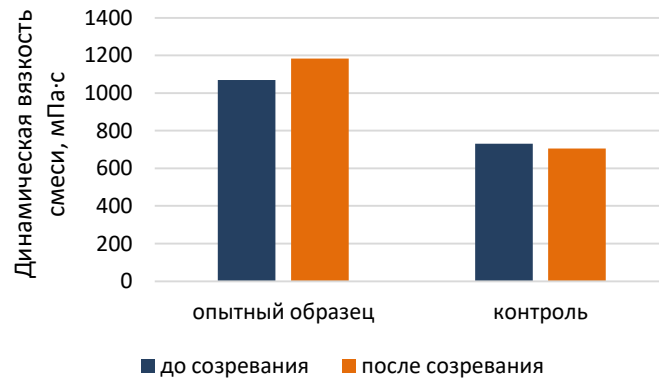


Рис. 1. Показатели вязкости смеси в образцах

Анализ полученных значений вязкости позволил определить, что при внесении цитрусовых волокон в количестве 0,3 % вязкость смеси опытного образца по сравнению с контролем увеличилась в 1,5 раза до созревания и в 1,7 раза после. Установлено, что цитрусовые волокна дополнительно удерживают воду, в результате чего вязкость в опытном образце после созревания увеличивалась на 10 %, в то время как в контроле несколько снизилась (на 3 %).

Внесение цитрусовых волокон сказалось на способности смеси к насыщению воздухом, взбитость снизилась на 15 % по сравнению с контрольным образцом ($p < 0,05$). Однако достигнутый уровень взбитости (68 %) является доста-

точно высоким для мороженого с массовой долей жира 6 %. Снижение взбитости в данном образце, скорее всего, обусловлено более высокой вязкостью смеси, что затрудняет насыщение смеси воздухом при перемешивании во фризере без принудительной подачи воздуха.

В образце с использованием цитрусовых волокон образовались воздушные пузырьки со средним диаметром ($47,4 \pm 5,2$) мкм, в контрольном образце – ($44,5 \pm 3,9$) мкм, что статистически незначимо ($p > 0,05$) (рис. 2). На долю воздушных пузырьков размером до 50 мкм приходилось 55 %, в контроле этот показатель составил 62 %.

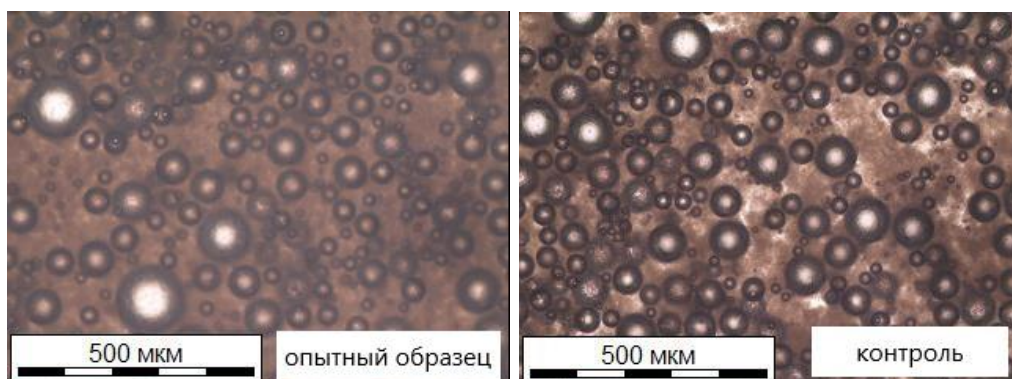


Рис. 2. Микрофотографии воздушных пузырьков в образцах после закаливания

При внесении цитрусовых волокон в опытном образце образовались кристаллы льда со средним размером ($34,5 \pm 0,8$) мкм, в контрольном образце данный показатель составил ($35,6 \pm 1,6$) мкм, в обоих образцах на долю кристаллов до 50 мкм приходилось 85 %. Через 6 мес. хранения средний размер кристаллов

льда уменьшился в обоих образцах в 1,2 раза, доля кристаллов размером до 50 мкм в опытном образце и контроле составила 75 и 73 %, что статистически незначимо ($p > 0,05$). Микрофотографии кристаллов льда в образцах через 6 месяцев хранения представлены на рисунке 3.

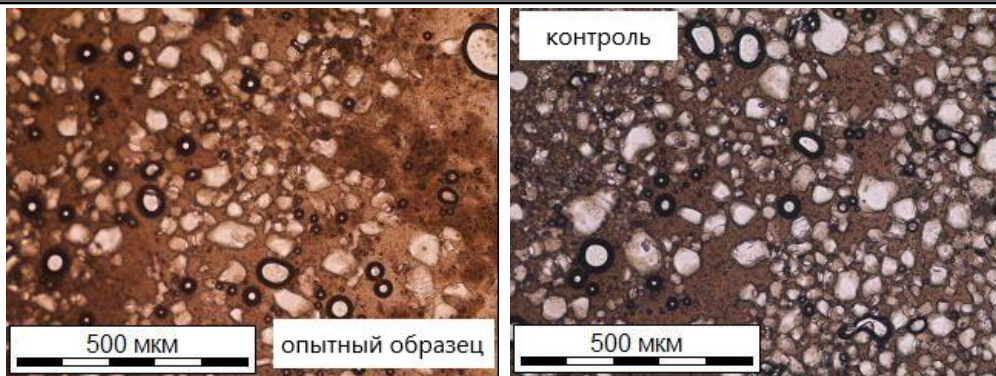


Рис. 3. Микрофотографии кристаллов льда в образцах через 6 мес. хранения

Дополнительное внесение цитрусовых волокон положительно повлияло на термоустойчивость опытного образца. По полученным экспе-

риментальным данным была построена графическая зависимость массовой доли плава от продолжительности выдерживания (рис. 4).

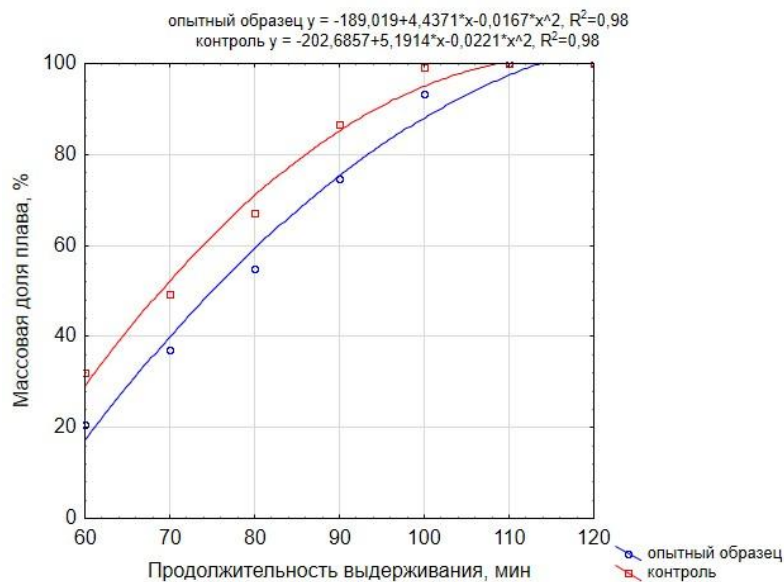


Рис. 4. Зависимость массовой доли плава от продолжительности выдерживания

Установлено, что благодаря влагосвязывающей способности цитрусовых волокон через 60 мин термостатирования в опытном образце образуется в 1,6 раза меньше плава, чем в контроле.

При оценке формоустойчивости установлено, что большая поверхность растекания плава характерна для образца без цитрусовых волокон (рис. 5).

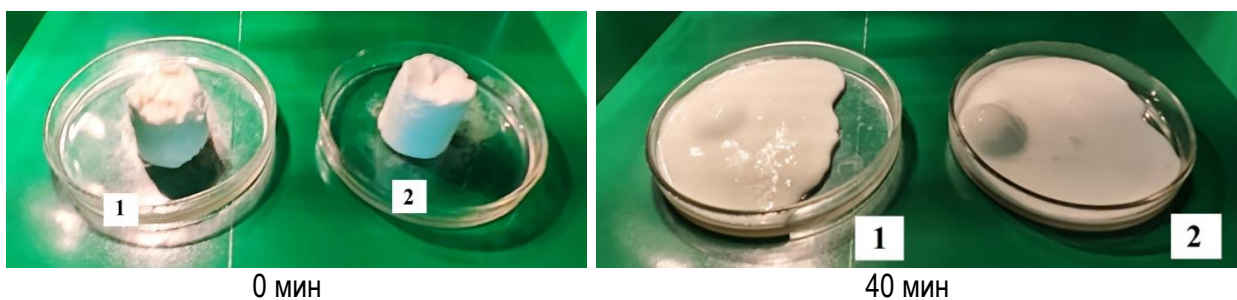


Рис. 5. Внешний вид формы порций мороженого

В результате дегустационной оценки установлено, что совместное использование стабилизатора-эмульгатора и цитрусовых волокон в молочном мороженом положительно сказалось на консистенции мороженого, она была более кремообразной, чем в контроле. Присутствие волокон в водной среде продукта повысило сенсорное ощущение содержания жира.

Заключение. Таким образом, в результате исследований установлено, что внесение дополнительно к стабилизатору-эмульгатору цитрусовых волокон способствовало увеличению вязкости и термоустойчивости молочного мороженого, положительно сказалось на консистенции и сенсорном ощущении содержания жира, несущественно повлияло на способность смеси к насыщению воздухом и не оказало отрицательного влияния на дисперсность воздушной фазы и кристаллов льда.

Список источников

1. Liu X., Sala G., Scholten E. (2022). Effect of fat aggregate size and percentage on the melting properties of ice cream. *Food Research International*, 160, article 111709. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111709.
2. Oshakbayev K., Dukenbayeva B. (2016). The current epidemic of obesity: causes, mechanisms, excessive food absorption physiology: Systematic review. *Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan*, 4(42), 12-21. DOI: 10.23950/1812-2892-2016-4/jcmk-00359.
3. Liu X., Sala G., Scholten E. (2023). Role of polysaccharide structure in the rheological, physical and sensory properties of low-fat ice cream. *Current Research in Food Science*, 7, article 100531. DOI: 10.1016/j.crf.2023.100531.
4. Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого / А.А. Творогова [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. № 48 (2). С. 109–116. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-109-116.
5. Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese / Y. Zhao [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2023. 138, Article 108493. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108493.

6. Soukoulis Ch., Lebesi D., Tzia C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115(2), 665–671. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.070.
7. Citrus derived Pickering emulsion stabilized by insoluble citrus dietary fiber modified by ultra-high pressure / X. Yang [et al.] // *LWT*. 2023. 184, Article 115112. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115112.
8. High-pressure homogenized citrus fiber cellulose dispersions: Structural characterization and flow behavior / M.R. Serial [et al.] // *Food Structure*. 2021. 30, Article 100237. DOI: 10.1016/j.foostr.2021.100237.
9. Ландиховская А.В., Творогова А.А. Показатели качества молочного мороженого с цитрусовыми волокнами и камедями // *Пищевые системы*. 2023. № 6 (2). С. 261–268. DOI: 10.21323/2618-9771-2023-6-6-261-268.

References

1. Liu X., Sala G., Scholten E. (2022). Effect of fat aggregate size and percentage on the melting properties of ice cream. *Food Research International*, 160, article 111709. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111709.
2. Oshakbayev K., Dukenbayeva B. (2016). The current epidemic of obesity: causes, mechanisms, excessive food absorption physiology: Systematic review. *Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan*, 4(42), 12-21. DOI: 10.23950/1812-2892-2016-4/jcmk-00359.
3. Liu X., Sala G., Scholten E. (2023). Role of polysaccharide structure in the rheological, physical and sensory properties of low-fat ice cream. *Current Research in Food Science*, 7, article 100531. DOI: 10.1016/j.crf.2023.100531.
4. Sovershenstvovanie kompozitsionnogo sostava i struktury molochnogo morozhenogo / A.A. Tvorogova [i dr.] // *Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv*. 2018. № 48 (2). S. 109–116. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-109-116.
5. Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese / Y. Zhao [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2023. 138, Article 108493. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108493.

- Hydrocolloids. 2023. 138, Article 108493. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108493.
6. Soukoulis Ch., Lebesi D., Tzia C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. Food Chemistry, 115(2), 665-671. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.070.
7. Citrus derived Pickering emulsion stabilized by insoluble citrus dietary fiber modified by ultra-high pressure / X. Yang [et al.] // LWT. 2023. 184, Article 115112. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115112.
8. High-pressure homogenized citrus fiber cellulose dispersions: Structural characterization and flow behavior / M.R. Serial [et al.] // Food Structure. 2021. 30, Article 100237. DOI: 10.1016/j.foostr.2021.100237.
9. Landihovskaya A.V., Tvorogova A.A. Pokazateli kachestva molochnogo morozhenogo s citrusovymi voloknami i kamedyami // Pischevye sistemy. 2023. № 6 (2). S. 261–268. DOI: 10.21323/2618-9771-2023-6-6-261-268.

Статья принята к публикации 03.07.2023 / The article accepted for publication 03.07.2023.

Информация об авторах:

Антонина Анатольевна Творогова¹, главный научный сотрудник лаборатории технологии мороженого, доктор технических наук, доцент

Анна Валентиновна Ландиховская², научный сотрудник лаборатории технологии мороженого, кандидат технических наук

Светлана Евгеньевна Кочнева³, инженер лаборатории технологии мороженого

Information about the authors:

Antonina Anatolyevna Tvorogova¹, Chief Researcher at the Laboratory of Ice Cream Technology, Doctor of Technical Sciences, Docent

Anna Valentinovna Landikhovskaya², Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology, Candidate of Technical Sciences

Svetlana Evgenievna Kochneva³, Engineer at the Laboratory of Ice Cream Technology

