

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-261-268>

Поступила 07.04.2023

Поступила после рецензирования 20.06.2023

Принята в печать 27.06.2023

© Ландиховская А. В., Творогова А. А., 2023

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

Научная статья

Open access

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО С ЦИТРУСОВЫМИ ВОЛОКНАМИ И КАМЕДЯМИ

Ландиховская А. В.,* Творогова А. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:*стабилизаторы, пищевые волокна, структура, воздушная фаза, кристаллы льда***АННОТАЦИЯ**

В настоящее время в производстве мороженого для стабилизации структуры используют не менее 4-х пищевых добавок — эмульгаторов и гидроколлоидов. Добавление таких веществ способствует снижению спроса на этот продукт у приверженцев здорового образа жизни. Целью исследований являлось установление возможности применения для стабилизации структуры молочного мороженого цитрусовых волокон и их композиций с камедями гуаровой и ксантановой. В качестве контрольных использовали образцы с желатином и комплексным стабилизатором — эмульгатором. Установлено, что внесение цитрусовых волокон в количестве 0,6% придает продукту горький вкус, не обеспечивает требуемый уровень динамической вязкости смеси, формирует нестабильную воздушную фазу и крупные кристаллы льда. Композиция пищевых волокон с камедями оказала положительное влияние на указанные показатели качества. Наиболее высокая дисперсность кристаллов льда (средний размер — 36–39 мкм) и динамическая вязкость смеси, сопоставимые с показателями качества образца с комплексным стабилизатором-эмульгатором, была достигнута в образце с волокнами и ксантановой камедью. Образец с пищевым волокном и гуаровой камедью по термоустойчивости превосходил образцы только с волокном, а также образцы с волокном и гуаровой камедью. После 60 мин термостатирования массовая доля плава составила 7%, что в 2,8 и в 2 раза меньше, чем в образцах без камедей и с ксантановой камедью. Выявлена корреляция между показателями «твердость» и «термоустойчивость»: наиболее твердые образцы были более устойчивыми к таянию. На основании результатов исследования установлена целесообразность использования в производстве мороженого с ограниченным числом пищевых добавок композиций цитрусовых волокон и камедей гуаровой или ксантановой. При этом необходимо учитывать состояние структурных элементов в процессе хранения и использовать упаковку, способствующую сохранению формы порции.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2022–0013 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 07.04.2023

Accepted in revised 20.06.2023

Accepted for publication 27.06.2023

© Landikhovskaya A. V., Tvorogova A. A., 2023

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

Original scientific article

Open access

QUALITY CHARACTERISTICS OF MILK ICE CREAM WITH CITRUS FIBERS AND GUM

Anna V. Landikhovskaya*, Antonina A. Tvorogova

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

KEY WORDS:*stabilizers, food fiber, structure, air phase, ice crystals***ABSTRACT**

Currently at least 4 food additives — emulsifiers and hydrocolloids — are used for ice cream production to stabilize its structure. However adding these substances reduces the demand for this product among healthy lifestyle adepts. The aim of the research was to define the possibility of using citrus fibers and their compositions together with guar and xanthan gums to stabilize the milk ice cream structure. Samples with gelatin and a complex stabilizer (emulsifier) were used as control samples. It was established that adding of citrus fibers in amount of 0.6% makes the product bitter, does not provide the required level of dynamic viscosity of the mixture, it forms an unstable air phase and large ice crystals. The combination of dietary fibers with gums had a positive effect on these quality characteristics. The highest dispersion of ice crystals (average size accounted for 36–39 µm) and dynamic viscosity of the mixture, comparable with the quality characteristics of the sample with a complex stabilizer-emulsifier, was achieved in the sample with added fibers and xanthan gum. The sample with dietary citrus fiber and guar gum showed better characteristics in terms of heat resistance in comparison with the samples with fiber only, as well as samples with plain fiber and guar gum. After 60 min of thermostating, the mass fraction of melt was equal to 7%, which is 2.8 and 2 times less than in samples without gums and with xanthan gum. The correlation was found between the parameter “hardness” and the parameter “thermal stability”: the hardest samples showed the highest resistance to melting. Based on the results of the research, the expediency of using combinations of citrus fibers and guar gum or xanthan gum in the production of ice cream with a limited number of food additives was established. Meanwhile it is necessary to take into account the state of structural elements during the product storage, and using the packaging that helps preserve the shape of the ice cream portion.

FUNDING: The article is prepared as part of the research under the State Assignment No. FGUS-2022–0013 of Gorbato Federal State Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ландиховская, А. В., Творогова, А. А. (2023). Показатели качества молочного мороженого с цитрусовыми волокнами и камедями. *Пищевые системы*, 6(2), 261–268. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-6-261-268>

FOR CITATION: Landikhovskaya, A. V., Tvorogova, A. A. (2023). Quality characteristics of milk ice cream with citrus fibers and gum. *Food Systems*, 6(2), 261–268. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-6-261-268>

1. Введение

Эффективная стабилизация структуры мороженого в значительной степени определяет технологические и органолептические свойства мороженого. Однако комплексные стабилизационные системы, предназначенные для этой цели, имеют в своем составе не менее четырех пищевых добавок, включая гидроколлоиды и эмульгаторы. Тенденция здорового питания населения, поддерживаемая на уровне государственной политики, отражает стремление россиян к употреблению натуральной пищи. Потребители отдают предпочтение продуктам с «чистой этикеткой» или с минимальным содержанием пищевых добавок в продукте. В связи с этим актуально использование альтернативных стабилизаторов для производства мороженого взамен комплексных стабилизационных систем, содержащих гидроколлоиды и эмульгаторы. Гидроколлоиды бывают растительного, животного, микробного и химически модифицированного происхождения [1,2]. Они оказывают влияние на вязкость смесей для мороженого и на формирование кристаллов льда при замораживании и в процессе хранения, а также препятствуют рекристаллизации [3,4]. Действие эмульгаторов в производстве мороженого основано на вытеснении белка с оболочки жирового шарика, что в дальнейшем приводит к дестабилизации оболочки при фризировании и к образованию конгломератов жира [5]. Все это, в свою очередь, способствует замедлению скорости таяния мороженого, образованию более сухой поверхности продукта, что особенно важно при применении линий экструзионного типа [6]. В комплексных стабилизационных системах, предназначенных для производства мороженого, чаще всего в качестве эмульгатора используют моно- и диацилглицериды жирных кислот (Е471) [7]. Эмульгаторы оказывают влияние на вязкость, пенообразующую способность, стабильность эмульсии и пены [8].

Наиболее известной и доступной пищевой добавкой, применяемой в качестве моностабилизатора в производстве мороженого, является желатин [9,10]. В качестве источника сырья для желатина могут выступать свинина, говядина, рыба [11]. Желатин является хорошим гелеобразователем, его молекула амфифильна, что способствует хорошей влагосвязывающей способности [12]. Желатин используют в молочных продуктах также в качестве пенообразователя для улучшения структуры. Однако применение желатина ограничено для групп населения, отказывающихся от употребления белка животного происхождения. Помимо желатина, в составе мороженого с ограниченным числом пищевых добавок могут присутствовать модифицированные крахмалы и пищевые волокна на основе целлюлозы [13]. На предприятиях пищевой отрасли используют и другие разновидности волокон, в частности цитрусовые. Их извлекают из кожуры цитрусовых фруктов: апельсинов, лимонов, грейпфрутов, лаймов и др. Применение цитрусовых волокон позволяет уменьшить количество отходов соковой промышленности и получить технологически функциональный ингредиент из побочного сырья [14,15]. В кожуре цитрусовых содержатся фенольные кислоты, обладающие антиоксидантными свойствами, а также флавоноиды, кумарины и др. Эти компоненты придают цитрусовым волокнам биологическую ценность, что важно для обеспечения качества сырья, применяемого для получения пищевых добавок [16,17]. Цитрусовые волокна состоят из растворимых (пектин) и нерастворимых (клетчатка) пищевых волокон. Эти ингредиенты активно используются в пищевой промышленности, поскольку они имеют большую молекулярную массу и обладают хорошей влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью [18]. Их добавляют в кондитерские и хлебобулочные изделия для улучшения технологических и потребительских свойств

[19,20]. На технологические свойства пищевых волокон влияет степень их измельчения (помола) [21]. Для улучшения функциональных свойств цитрусовых волокон используют гомогенизацию высокого давления [22,23,24]. Кроме того, на функциональные свойства цитрусовых волокон влияет тип фрукта, из кожуры которого они были изготовлены [25]. В работе [18] установили, что действие цитрусовых волокон в эмульсиях типа «масло в воде» представляет собой «комбинацию эффекта Пикеринга и формирования трехмерной сети на основе капель-частиц».

Для мороженого с низким содержанием жира характерно образование крупных кристаллов льда с грубой структурой, в связи с чем такой продукт быстро тает [26,27]. На долю воды в таком продукте приходится более 60%. Использование комплексных пищевых добавок позволяет влиять на вязкость, кристаллообразование и текстуру. Внесение каких-либо изменений в стабилизацию структуры данного продукта может сильно сказаться на его показателях качества и потребительских свойствах. Однако использование цитрусовых волокон может положительно отразиться на структуре продукта с низкой массовой долей жира и высокой массовой долей влаги, а также позволит снизить число вносимых в состав мороженого пищевых добавок. Вместе с тем отказ от комплексных пищевых добавок вызовет необходимость мониторинга состояния структуры продукта в процессе хранения.

Целью данной работы является изучение показателей качества молочного мороженого с низким содержанием жира при использовании цитрусовых волокон в качестве моностабилизатора и в композиции с гидроколлоидами.

2. Объекты и методы

Объектами исследований были 5 образцов мороженого с одинаковой массовой долей жира (2,5%), СОМО (11%) и сахарозы (15,5%). Для стабилизации структуры в образцах использовали: № 1 — цитрусовые волокна, № 2 — композицию из цитрусовых волокон и гуаровой камеди, № 3 — композицию из цитрусовых волокон и ксантановой камеди, № 4к — желатин и № 5к — комплексную стабилизационную систему. В образцах № 2 и № 3 количество цитрусовых волокон равнялось 4,0 г/кг. В натуральном выражении суммарная дозировка всех стабилизаторов в каждом из образцов составляла 6,0 г/кг.

Мороженое изготавливали в соответствии с ТТИ ГОСТ 31457–2012¹. Стадия созревания в образцах № 1–4 была исключена в связи с отсутствием эмульгатора. Волокна в образцах № 1–4 предварительно смешивали с сахаром, затем вносили в воду, перемешивали 5 мин, после чего добавляли остальные сухие компоненты. Раствор желатина готовили отдельно и вносили в смесь для мороженого при температуре 45 °С.

Для приготовления мороженого использовали следующее сырье: сливочное масло с массовой долей жира 82,5% по ГОСТ 32261–2013² (Россия), сухое обезжиренное молоко по ГОСТ 33629–2015³ (Россия, ООО «Юговской комбинат молочных продуктов»), сахар белый ГОСТ 33222–2015⁴ (Россия). В качестве стабилизатора применяли цитрусовые волокна CITRI-FE100M20 торговой марки Naturex (Франция), гуаровую камедь (Индия), ксантановую камедь (Китай), желатин (Россия), комплексный стабилизатор-эмульгатор Cremodan 709 (Дания), состоящий из моно- и диацилглицеридов,

¹ ГОСТ 31457–2012. «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2014. — 27 с.

² ГОСТ 32261–2013. «Масло сливочное. Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2019. — 24 с.

³ ГОСТ 33629–2015. «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2017. — 13 с.

⁴ ГОСТ 33222–2015. «Сахар белый. Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2019. — 22 с.

каррагинана, а также из камедей рожкового дерева и гуаровой. Динамическую вязкость смеси определяли с использованием вискозиметра DV-II+ PRO с программным обеспечением Rheocalc V3 1-1 (Brookfield, США) при температуре смеси $(4,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

Методика определения взбитости описана в ГОСТ 31457-2012⁵. Мороженое получали с применением фризера периодического действия LABO 8/12 XPL P (CARPIGIANI, Италия).

Показатели формо- и термоустойчивости выявляли по методике ВНИИХИ. Методика термоустойчивости заключается в определении массовых долей плава мороженого, образующегося за определенный промежуток времени (первая точка снимается через 60 мин, далее еще в течение 60 мин с шагом 10 мин.) под воздействием температуры $(20 \pm 1,5) ^\circ\text{C}$. Определение проводили с использованием термостата ТСО-1/80 (СКТБ СПУ, Россия) и электронных весов HL 2000 (AND, Япония) с точностью взвешивания ± 1 г. Формоустойчивость определяли путем фиксирования формы порции мороженого с помощью фотоаппарата каждые 10 мин, пока мороженое не потеряло свою форму.

Структурно-механические свойства (твердость, адгезия, клейкость) выявляли на текстурометре LFRA Texture Analyzer с ПО TexturePro Lite v1.1 (Brookfield, США). Для измерения использовали цилиндрический зонд TA 28 диаметром 2 мм. Скорость погружения зонда составляла 0,5 мм/с, глубина погружения в поверхность продукта — 5 мм. Температура образца при измерении — минус $18 ^\circ\text{C}$.

Микроскопические исследования были проведены при помощи микроскопа CX-41 (Olympus, Япония), системы Пельтье PE120 (Linkam, Великобритания) и программного обеспечения ImageScore M (Россия) для подсчета структурных элементов мороженого. Образцы продукта для исследования имели температуру минус $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Органолептические характеристики образцов мороженого оценивали по трем основным показателям: «вкус и аромат» (6 баллов), «структура и консистенция» (3 балла) и «цвет и внешний вид» (1 балл). Температура образцов мороженого при дегустации составляла минус $(14 \pm 2) ^\circ\text{C}$. За основу проведения органолептической оценки взят ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011⁶.

⁵ ГОСТ 31457-2012. «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2014. — 27 с.

⁶ ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011. «Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки». Москва: Стандартинформ, 2012. — 20 с.

Обработку данных осуществляли с использованием программ Microsoft Excel и Past 4.03. Для оценки статистически значимых различий между образцами использовали однофакторный дисперсионный анализ ANOVA. Для попарного сравнения выборок применяли апостериорный критерий Тьюки. Статистически значимый результат оценивали при $p \leq 0,05$.

3. Результаты и обсуждение

На качество мороженого с низкой массовой долей жира большое влияние оказывают такие показатели, как исходная динамическая вязкость смеси, взбитость, скорость таяния и твердость мороженого, а также дисперсность его структурных элементов, кристаллов льда и пузырьков воздуха. Эти показатели качества были определены в процессе проведения исследований смеси и мороженого.

Динамическая вязкость характеризует эффективность стабилизаторов, используемых при приготовлении смеси мороженого. Изучение этого показателя проводили при температуре $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$, достижение которой необходимо до подачи смеси во фризёр (Рисунок 1). В работе оценивали показатели вязкости смеси при градиенте сдвига на срез $0,83 \text{ c}^{-1}$.

Как следует из данных, приведенных на Рисунке 1, наименьшей вязкостью (74 мПа·с) характеризовалась смесь для образца мороженого № 1, в котором в качестве стабилизатора были использованы только цитрусовые волокна. Установлено, что наибольшая вязкость характерна для смеси образца мороженого № 3 с совместным применением цитрусовых волокон и ксантановой камеди — 311 мПа·с. Это значение в 1,5 раза превышает показатель вязкости смеси в образце № 2 (с гуаровой камедью и волокнами). Также оно в 2 раза выше по сравнению с образцом № 4к и в 2,8 раза больше, чем в образце № 5к. Низкие значения вязкости смесей образцов с желатином (№ 4к и № 5к) обусловлены отсутствием стадии созревания. Это подтверждается исследованиями Dervisoglu и соавторов [28], в котором также установлено, что образцы только с цитрусовыми волокнами имели наименьшую вязкость по сравнению с образцами с эмульгатором/стабилизатором или при совместном их использовании с цитрусовыми волокнами.

Таким образом, учитывая, что вязкость смесей при одновременном применении цитрусовых волокон и камедей гуаровой и ксантановой значительно повышается и превосходит значение показателей с традиционно применяемыми

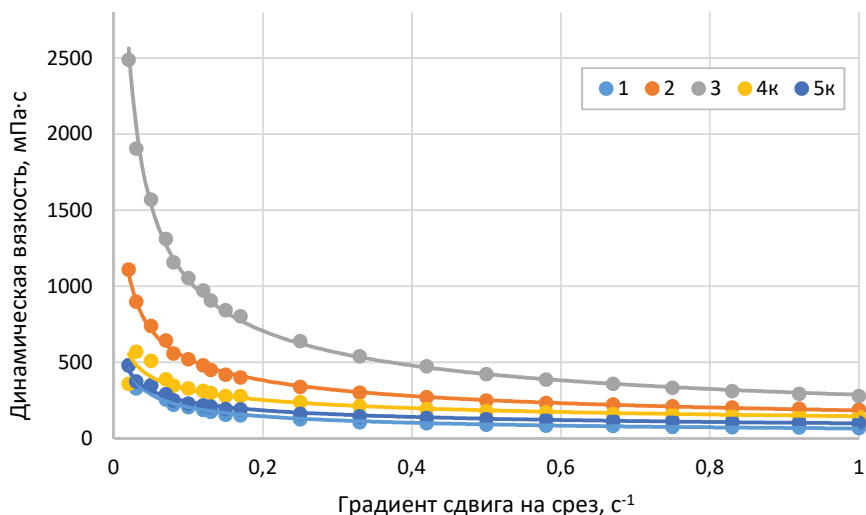


Рисунок 1. Изменение динамической вязкости смеси в зависимости от градиента сдвига
Figure 1. Change in the dynamic viscosity of the mixture depending on the shear gradient

стабилизаторами, использование композиций предпочтительнее, чем добавление одних волокон.

Стоит отметить, что отсутствие эмульгаторов в составе стабилизационных систем может привести к снижению способности смесей к насыщению воздухом, поэтому существует необходимость контроля состояния и дисперсности воздушной фазы в процессе производства и хранения мороженого. Для воздушных пузырьков характерно несколько типов изменений состояния воздушной фазы, основными из которых являются диспропорционирование и коалесценция [29]. В процессе исследования установлено, что использование цитрусовых волокон при отсутствии эмульгаторов приводит к снижению дисперсности воздушной фазы (Таблица 1).

В образцах с цитрусовыми волокнами более мелкие воздушные пузырьки после закаливания были обнаружены в образце № 1. Однако, размер пузырьков после закаливания был выше на 7 и 37%, чем в контрольных образцах (№ 4к и № 5к). Через 1 месяц хранения средний размер воздушных пузырьков увеличился во всех образцах: в первом — в 1,3 раза, во втором — в 1,2 раза, а в образцах № 3, № 4к и № 5к — в 1,1 раза. Диаметр воздушных пузырьков через 1 месяц хранения в образцах № 1 и № 3 не имел значимых различий ($p > 0,05$).

За период от 1 до 3 мес. хранения в образцах № 1, № 2 и № 3 отмечилось увеличение средних размеров воздушных пузырьков на 25, 11 и 14% соответственно, а также снижение их количества размером до 50 мкм. Подобные изменения были характерны и для контрольного образца № 4к. Данные изменения обусловлены, скорее всего, отсутствием эмульгатора в составе стабилизационной системы и низким содержанием жира в продукте. Значительные трансформации за 3 мес. хранения в образце с цитрусовыми волокнами обусловлены также изначально низкой вязкостью смеси, что способствует большему диспропорционированию воздушных пузырьков. В образце № 5к с использованием комплексной пищевой добавки с эмульгаторами (моно- и ди-глицеридами жирных кислот) размер воздушных пузырьков характеризовался наименьшим размером, и на их долю до 50 мкм приходилось 77%.

Учитывая, что дисперсность воздушных пузырьков влияет на органолептические показатели готового продукта, включая ощущения полноты вкуса и кремообразности, следует учитывать заметное снижение этого показателя уже в первые месяцы хранения. В связи с этим период хранения мороженого с цитрусовыми волокнами не может быть продолжительным.

Высокая доля кристаллов льда свыше 50 мкм отрицательно сказывается на органолептическом восприятии структуры продукта. На рост кристаллов льда большое влияние оказывает вязкость среды, создаваемой используемыми гидроколлоидами, что было подтверждено при исследовании этих структурных элементов в мороженом с цитрусовыми волокнами. Данные о дисперсности кристаллов льда в опытных и контрольных образцах приведены в Таблице 2.

Полученные данные подтверждают, что при использовании комплексной стабилизационной системы образуются более мелкие и стабильные кристаллы льда в процессе хранения образцов мороженого, что согласуется с данными, полученными ранее Вагг и соавторами [30].

Среди опытных образцов наименьший размер кристаллов льда отмечен в образце № 3 (совместное использование цитрусовых волокон и ксантановой камеди): размер кристаллов через 1 мес. хранения уменьшился на 17% и 27% соответственно по сравнению с образцами с цитрусовыми волокнами (№ 1) и с цитрусовыми волокнами и гуаровой камедью (№ 2). Однако спустя месяц в этом образце кристаллы льда стали крупнее, чем в опытном образце с желатином, на 6%. Как и ожидалось, наименьший размер кристаллов льда отмечен в образце с комплексной стабилизационной системой. Во всех образцах в течение 1 мес. хранения рост кристаллов льда не отмечен, за исключением контрольного образца с желатином № 4к (увеличение на 11%).

Через 3 месяца хранения продукта средний размер кристаллов льда в образцах № 1 и № 2 заметно не отличался ($p > 0,05$), однако был на 13% больше, чем в образце № 3. При совместном использовании цитрусовых волокон и ксантановой камеди (образец № 3) формируется более высокая вязкость среды и, вероятно, образуются более прочные связи с водой, что в совокупности оказывает влияние на дисперсность кристаллов льда.

Таблица 1. Дисперсность воздушной фазы в образцах

Table 1. Dispersion of the air phase in the samples

Образцы	Стадия хранения					
	закаливание		1 месяц		3 месяца	
	dcp ± SE, мкм	доля воздушных пузырьков размером до 50 мкм, %	dcp ± SE, мкм	доля воздушных пузырьков размером до 50 мкм, %	dcp ± SE, мкм	доля воздушных пузырьков размером до 50 мкм, %
1	40,8 ± 0,8	72	51,7 ± 1,5	52	65,0 ± 2,0	38
2	48,6 ± 1,4	62	56,5 ± 1,6	48	63,0 ± 1,9	42
3	44,9 ± 1,2	67	49,7 ± 1,2	58	56,7 ± 1,6	48
4к	37,9 ± 0,7	69	41,1 ± 0,7	64	48,5 ± 1,2	51
5к	29,8 ± 0,5	87	31,6 ± 0,5	84	35,9 ± 0,7	77

Таблица 2. Дисперсность кристаллов льда в образцах

Table 2. Ice crystals dispersity in the samples

Образцы	Стадия хранения					
	закаливание		1 месяц		3 месяца	
	$l_{cp} \pm SE$, мкм	доля кристаллов льда размером до 50 мкм, %	$l_{cp} \pm SE$	доля кристаллов льда размером до 50 мкм, %	$l_{cp} \pm SE$	доля кристаллов льда размером до 50 мкм, %
1	45,0 ± 0,7 ^a	71	45,9 ± 1,0 ^a	67	45,0 ± 0,7 ^a	66
2	42,9 ± 0,6 ^b	74	43,3 ± 0,7 ^b	73	45,9 ± 0,7	65
3	36,5 ± 0,5 ^c	81	37,0 ± 0,6 ^c	84	39,7 ± 0,5	77
4к	31,2 ± 0,4	91	34,8 ± 0,4 ^d	87	34,7 ± 0,5 ^d	84
5к	25,7 ± 0,3 ^e	95	25,8 ± 0,3 ^e	97	31,0 ± 0,4	91

Примечание: значения с одинаковой буквой в одной строке существенно не различаются ($p > 0,05$).

Все образцы обладали хорошей способностью к насыщению воздухом. Наименьшей взбитостью (58%) характеризовался образец с использованием желатина (№ 4к), наибольшее значение данного показателя было отмечено у образца с цитрусовыми волокнами и гуаровой камедью (№ 2) — в 1,4 раза выше по сравнению с другими образцами. В образце № 3 взбитость составила 67%, в образцах № 1 и № 5к она была одинаковой — 73% ($p > 0,05$).

Взбитость мороженого в значительной степени сказывается на консистенции мороженого. В Таблице 3 приведены механические характеристики образцов мороженого, количественно характеризующие консистенцию этого продукта. Эти сведения учитываются при выборе способа фасования и упаковки для мороженого, а также дополняют представление о текстуре, получаемое при органолептической оценке.

Таблица 3. Значения показателей консистенции (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение) мороженого с различным составом стабилизаторов

Table 3. Parameters of texture (mean value $\pm$ standard deviation) of ice cream with various combination of stabilizers

Показатели	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Контроль 4к	Контроль 5к
Твердость, Н	$7,9 \pm 2,3^{ac}$	$13,0 \pm 2,8^b$	$6,4 \pm 1,5^c$	$13,0 \pm 1,9^b$	$9,6 \pm 1,7^a$
Адгезионная сила, Н	$-0,7 \pm 0,3^d$	$-0,8 \pm 0,3^d$	$-0,6 \pm 0,2$	$-0,7 \pm 0,2^d$	$-0,3 \pm 0,1$
Клейкость, Н·с	$-0,6 \pm 0,1^m$	$-1,1 \pm 0,3^k$	$-0,6 \pm 0,1^m$	$-1,9 \pm 0,2$	$-1,0 \pm 0,3^k$

Примечание: значения с одинаковой буквой в одной строке существенно не различаются ($p > 0,05$).

Данные, полученные экспериментально, позволяют предположить, что на твердость мороженого наибольшее влияние оказывают его исходная вязкость, взбитость и размер кристаллов льда. В образцах № 1 и 5к с одинаковой взбитостью, но с различными по размеру кристаллами льда твердость отличалась в 1,2 раза. Образцы № 2 и № 4к по вязкости и твердости различались незначительно. В наиболее вязком образце № 3 твердость была наименьшей. Наибольшей адгезионной силой и клейкостью характеризовались самые твердые образцы № 3 и № 4к. В нашем исследовании не было обнаружено явной зависимости между размерами кристаллов льда и твердостью мороженого, в отличие от результатов работы [31].

Важными показателями, характеризующими структуру мороженого, являются формо- и термоустойчивость образцов, определяемые при их выдерживании при температуре $(20 \pm 1,5)^\circ\text{C}$ (Рисунок 2 и Рисунок 3). Устойчивость к температурному воздействию зависит от массовой доли жира в продукте, от взбитости и размеров кристаллов льда в мороженом [26,32]. Поскольку содержание жира в продукте во всех образцах не превышало 2,5%, то он не оказывал значимого влияния на данные показатели.

Анализ данных, приведенных на Рисунке 2, выявил корреляцию показателей «термоустойчивость» и «устойчивость к таянию». Высокой термоустойчивостью характеризовались образцы с наибольшей твердостью — № 2 и № 4к. В этих образцах, вероятно, сформирована наиболее прочная структура. Наилучшей термоустойчивостью обладал контрольный образец с желатином (№ 4к), через 60 мин термостатирования плава в данном образце не было, поскольку желатин является эффективным гелеобразователем и создает прочные связи с водой. Из опытных образцов наилучшей термоустойчивостью характеризовался образец № 2, за это же время массовая доля плава составила 7%, что в 2,8 и в 2 раза меньше, чем в образцах № 1 и № 3 соответственно. Количество плава в контрольном образце № 5к и в образце с цитрусовыми волокнами (№ 1) заметно не отличалось ($p > 0,05$). Твердость этих образцов также сопоставима. Наибольшее количество плава через 60 мин образовалось в образце № 3, характеризующем наименьшей твердостью.

Данные по формоустойчивости (Рисунок 3) согласуются с показателями термоустойчивости.

Через 50 мин образец № 3 с наименьшей термоустойчивостью полностью потерял исходную форму. В наибольшей степени форма порции была сохранена в контрольном образце с желатином (№ 4к). Образцы № 1, № 2 и № 5к визуально существенно не отличались.

Результаты органолептической оценки представлены в Таблице 4.

Таблица 4. Органолептические характеристики мороженого в образцах с различным составом гидроколлоидов

Table 4. Organoleptic characteristics of ice cream in the samples with different composition of hydrocolloids

Показатели	Образцы				
	1	2	3	4к	5к
Вкус и аромат	$5,2 \pm 0,0$	$5,6 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,1$	$5,6 \pm 0,2$	$5,4 \pm 0,2$
Структура и консистенция	$2,5 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,2$
Цвет и внешний вид	$1,0 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,0$

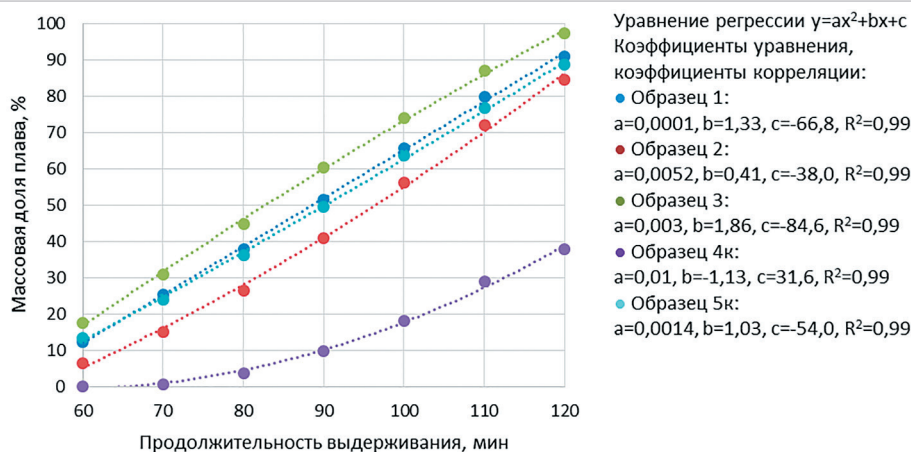


Рисунок 2. Зависимость массовой доли плава от продолжительности выдерживания в образцах мороженого с различными стабилизаторами

Figure 2. Dependence of the mass fraction of melt on the duration of heat exposure for the ice cream samples with various stabilizers

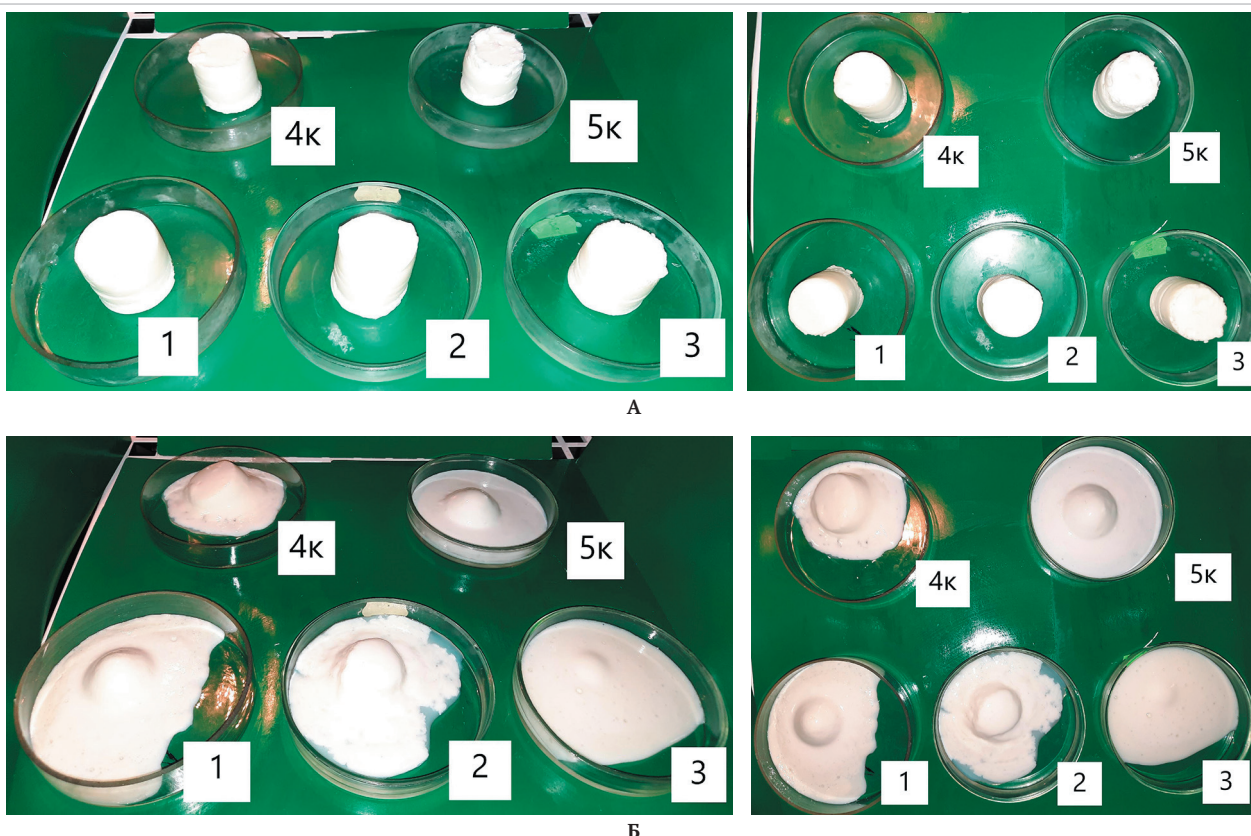


Рисунок 3. Состояние порций мороженого при выдерживании в термостате:
А — начало термостатирования, Б — через 50 мин

Figure 3. The state of ice cream portions after exposure in a thermostat: A — at the beginning of thermostating, B — in 50 minutes

Дегустаторы заметили, что образец с волокнами и гуаровой камедью имеет более кремообразную консистенцию по сравнению с образцом, содержащим только цитрусовые волокна. Кроме того, структура образца с волокнами и ксантановой камедью получил более высокую оценку, чем образец, содержащий только волокна. Во всех образцах с волокнами отмечена характерная для цитрусовых волокон горечь. Таким образом, увеличение дозировки цитрусовых волокон свыше 0,6% невозможно из-за их негативного влияния на вкус. Приемлемый вкус мороженого достигается при их использовании в количестве не более 0,4%, что также коррелирует с дегустационной оценкой других авторов [28,33].

4. Выводы

В результате экспериментальных исследований были изучены показатели качества мороженого с низким содержанием жира, где в качестве стабилизаторов использовались цитрусовые волокна и их композиции с гуаровой и ксантановой камедями. Установлено, что для достижения технологической вязкости смеси применения только одних цитру-

совых волокон (образец № 1) недостаточно. Образцы № 2 и № 3 по данному показателю превосходили контрольные образцы: их вязкость по сравнению с желатином была выше в 1,3 и в 2 раза соответственно, а по сравнению с комплексной пищевой добавкой — в 1,8 и в 2,8 раза соответственно. Определено, что по показателю «дисперсность воздушной фазы» образцы с цитрусовыми волокнами не подлежат длительному хранению, что вызвано отсутствием эмульгатора при стабилизации структуры. По показателю «дисперсность кристаллов льда» опытные образцы уступали контрольным, однако через 3 мес. хранения на долю кристаллов размером до 50 мкм приходилось более 60% в образцах № 1 и № 2 и более 70% в образце № 3. По показателям формо- и термостойкости наиболее устойчивым был опытный образец с содержанием цитрусовых волокон и гуаровой камеди, также он характеризовался самой высокой твердостью среди опытных образцов. Твердость образца с волокнами и ксантановой камедью была в 2 раза ниже. Образцы с использованием цитрусовых волокон и камедей обладали наиболее высокими органолептическими показателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pirs, S., Hafezi, K. (2023). Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, Article 133967. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133967>
2. Himashree, P., Sengar, A. S., Sunil, C. K. (2022). Food thickening agents: Sources, chemistry, properties and applications — A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, Article 100468. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100468>
3. Творогова, А. А. Мороженое в России и СССР: теория, практика. Развитие технологий. СПб: Профессия, 2021.
4. Goff, H. D. (2019). The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food Chemistry* (Vol.3). Elsevier Inc., 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21703-4>
5. Cheng, J., Dudu, O. E., Li, X., Yan, T. (2020). Effect of emulsifier-fat interactions and interfacial competitive adsorption of emulsifiers with proteins on fat crystallization and stability of whipped-frozen emulsions. *Food Hydrocolloids*, 101, Article 105491. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105491>
6. Goff, H. D., Hartel, R. W. (2013) Ice cream. Springer, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>
7. Loffredi, E., Moriano, M. E., Masseroni, L., Alamprese, C. (2021). Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT*, 137, Article 110499. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110499>
8. Blankart, M., Oellig, C., Averweg, S., Schwack, W., Hinrichs, J. (2020). Effect of storage at high temperature on chemical (composition) and

- techno-functional characteristics of E471 food emulsifiers applied to aerosol whipping cream. *Journal of Food Engineering*, 277, Article 109882. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109882>
9. Гурский, И. А., Творогова, А. А. (2022). Влияние количества желатина на показатели консистенции размороженного кисломолочного десерта. *Холодильная техника*, 2, 123–130. <https://doi.org/10.17816/RF108504>
 10. Sari, D., Nuraini, H., Suryati, T. (September 20–21, 2022). *Application of gelatin from chicken leg skin as a stabilizer in ice cream*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1097(1), Article 012036. Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1097/1/012036>
 11. Alipal, J., Mohd Pu'ad, N. A. S., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H. et al. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialization. *Materials Today: Proceedings*, 42(Part 1), 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.922>
 12. Zhang, T., Xu, J., Zhang, Y., Wang, X., Lorenzo, J. M., Zhong, J. (2020). Gelatins as emulsifiers for oil-in-water emulsions: Extraction, chemical composition, molecular structure, and molecular modification. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 113–131. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.005>
 13. Творогова, А. А., Коновалова, Т. В. (2015). Обоснование технологической функциональности нативных крахмалов в производстве мороженого без пищевых добавок. *Холодильная техника*, 6, 39–42.
 14. Yun, D., Wang, Z., Li, C., Chen, D., Liu, J. (2023). Antioxidant and antimicrobial packaging films developed based on the peel powder of different citrus fruits: A comparative study. *Food Bioscience*, 51, Article 102319. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102319>
 15. Ademosun, A. O. (2002). Citrus peels odyssey: From the waste bin to the lab bench to the dining table. *Applied Food Research*, 2(1), Article 100083. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100083>
 16. Lee, G. J., Lee, S. Y., Kang, N.-G., Jin, M. H. (2022). A multi-faceted comparison of phytochemicals in seven citrus peels and improvement of chemical composition and antioxidant activity by steaming. *LWT*, 160, Article 113297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113297>
 17. Wedamulla, N. E., Fan, M., Choi, Y.-J., Kim, E.-K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods*, 95, Article 105163. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105163>
 18. Qi, J.-R., Song, L.-W., Zeng, W.-Q., Liao, J.-S. (2020). Citrus fiber for the stabilization of O/W emulsion through combination of Pickering effect and fiber-based network. *Food Chemistry*, 343, Article 128523. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128523>
 19. Caggia, C., Palmeri, R., Russo, N., Timpone, R., Randazzo, C. L., Todaro, A. et al. (2020). Employ of citrus by-product as fat replacer ingredient for bakery confectionery products. *Frontiers in Nutrition*, 7, Article 46. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00046>
 20. Spina, A., Brighina, S., Muccilli, S., Mazzaglia, A., Fabroni, S., Fallico, B. et al. (2019). Wholegrain durum wheat bread fortified with citrus fibers: Evaluation of quality parameters during long storage. *Frontiers in Nutrition*, 6, Article 13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00013>
 21. Jiang, Z., Mu, S., Ma, C., Liu, Y., Ma, Y., Zhang, M. et al. (2022). Consequences of ball milling combined with high-pressure homogenization on structure, physicochemical and rheological properties of citrus fiber. *Food Hydrocolloids*, 127, Article 107515. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107515>
 22. Serial, M. R., Velichko, E., Nikolaeva, T., den Adel, R., Terenzi, C., Bouwman, W. G. et al. (2021). High-pressure homogenized citrus fiber cellulose dispersions: Structural characterization and flow behavior. *Food Structure*, 30, Article 100237. <https://doi.org/10.1016/j.foodstr.2021.100237>
 23. Agoda-Tandjawa, G., Mazoyer, J., Wallecan, J., Langendorff, V. (2020). Effects of sucrose addition on the rheological properties of citrus peel fiber suspensions before and after drying. *Food Hydrocolloids*, 101, Article 105473. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105473>
 24. Su, D., Zhu, X., Adhikari, B., Li, D., Wang, L. (2020). Effect of high-pressure homogenization on the rheology, microstructure and fractal dimension of citrus fiber-oil dispersions. *Journal of Food Engineering*, 277, Article 109899. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109899>
 25. Wang, L., Xu, H., Yuan, F., Pan, Q., Fan, R., Gao, Y. (2015). Physicochemical characterization of five types of citrus dietary fibers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(2), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.02.003>
 26. 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111709>
 27. Zhao, Y., Khalesi, H., He, J., Fang, Y. (2023). Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese. *Food Hydrocolloids*, 138, Article 108493. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108493>
 28. Dervisoglu, M., Yazici, F. (2006). Note. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology International*, 12(2), 159–164. <https://doi.org/10.1177/1082013206064005>
 29. X, E., Pei, Z. J., Schmidt, K. A. (2010). Ice Cream: Foam formation and stabilization- A Review. *Food Reviews International*, 26(2), 122–137. <https://doi.org/10.1080/87559120903564472>
 30. Baer, R. J., Wolkow, M. D., Kasperson, K. M. (1997). Effect of emulsifiers on the body and texture of low fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 80(12), 3123–3132. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76283-0](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76283-0)
 31. Inoue, K., Ochi, H., Habara, K., Taketsuka, M., Saito, H., Ichihashi, N. et al. (2009). Modeling of the effect of freezer conditions on the hardness of ice cream using response surface methodology. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5834–5842. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2228>
 32. Muse, M. R., Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1–10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
 33. Yu, B., Zeng, X., Wang, L., Regenstein, J. M. (2020). Preparation of nano-fibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream. *Carbohydrate Polymers*, 254, Article 117415. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117415>
 1. Pirs, S., Hafezi, K. (2023). Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, Article 133967. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133967>
 2. Himashree, P., Sengar, A. S., Sunil, C. K. (2022). Food thickening agents: Sources, chemistry, properties and applications — A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, Vol. 27, Article 100468. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100468>
 3. Творогова, А. А. (2021) Ice cream in Russia and the USSR: Theory, practice. Technology development. St. Petersburg: Professija, 2021. (In Russian)
 4. Goff, H. D. (2019). The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food Chemistry* (Vol.3). Elsevier Inc., 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21703-4>
 5. Cheng, J., Dudu, O. E., Li, X., Yan, T. (2020). Effect of emulsifier-fat interactions and interfacial competitive adsorption of emulsifiers with proteins on fat crystallization and stability of whipped-frozen emulsions. *Food Hydrocolloids*, 101, Article 105491. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105491>
 6. Goff, H. D., Hartel, R. W. (2013). Ice cream. Springer, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>
 7. Loffredi, E., Moriano, M. E., Masseroni, L., Alamprese, C. (2021). Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *LWT*, 137, Article 110499. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110499>
 8. Blankart, M., Oellig, C., Averweg, S., Schwack, W., Hinrichs, J. (2020). Effect of storage at high temperature on chemical (composition) and techno-functional characteristics of E471 food emulsifiers applied to aerosol whipping cream. *Journal of Food Engineering*, 277, Article 109882. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109882>
 9. Gurskiy, I. A., Tvorogova, A. A. (2022). Influence of the gelatin amount on the indicators of a defrosted fermented milk dessert texture. *Kholodilnaya Tekhnika*, 2, 123–130. <https://doi.org/10.17816/RF108504> (In Russian)
 10. Sari, D., Nuraini, H., Suryati, T. (September 20–21, 2022). *Application of gelatin from chicken leg skin as a stabilizer in ice cream*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1097(1), Article 012036. Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1097/1/012036>
 11. Alipal, J., Mohd Pu'ad, N. A. S., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H. et al. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialization. *Materials Today: Proceedings*, 42(Part 1), 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.922>
 12. Zhang, T., Xu, J., Zhang, Y., Wang, X., Lorenzo, J. M., Zhong, J. (2020). Gelatins as emulsifiers for oil-in-water emulsions: Extraction, chemical composition, molecular structure, and molecular modification. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 113–131. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.005>
 13. Творогова, А. А., Коновалова, Т. В. (2015). Grounds of technological functionality of native starches in ice cream production without food additives. *Kholodilnaya Tekhnika*, 6, 39–42. <https://doi.org/10.17816/RF108504> (In Russian)
 14. Yun, D., Wang, Z., Li, C., Chen, D., Liu, J. (2023). Antioxidant and antimicrobial packaging films developed based on the peel powder of different citrus fruits: A comparative study. *Food Bioscience*, 51, Article 102319. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102319>
 15. Ademosun, A. O. (2002). Citrus peels odyssey: From the waste bin to the lab bench to the dining table. *Applied Food Research*, 2(1), Article 100083. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100083>
 16. Lee, G. J., Lee, S. Y., Kang, N.-G., Jin, M. H. (2022). A multi-faceted comparison of phytochemicals in seven citrus peels and improvement of chemical composition and antioxidant activity by steaming. *LWT*, 160, Article 113297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113297>
 17. Wedamulla, N. E., Fan, M., Choi, Y.-J., Kim, E.-K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods*, 95, Article 105163. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105163>
 18. Qi, J.-R., Song, L.-W., Zeng, W.-Q., Liao, J.-S. (2020). Citrus fiber for the stabilization of O/W emulsion through combination of Pickering effect and fiber-based network. *Food Chemistry*, 343, Article 128523. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128523>

REFERENCES

19. Caggia, C., Palmeri, R., Russo, N., Timpone, R., Randazzo, C. L., Todaro, A. et al. (2020). Employ of Citrus By-product as Fat Replacer Ingredient for Bakery Confectionery Products. *Frontiers in Nutrition*, 7, Article 46. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00046>
20. Spina, A., Brighina, S., Muccilli, S., Mazzaglia, A., Fabroni, S., Fallico, B. et al. (2019). Wholegrain durum wheat bread fortified with citrus fibers: Evaluation of quality parameters during long storage. *Frontiers in Nutrition*, 6, Article 13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00013>
21. Jiang, Z., Mu, S., Ma, C., Liu, Y., Ma, Y., Zhang, M. et al. (2022). Consequences of ball milling combined with high-pressure homogenization on structure, physicochemical and rheological properties of citrus fiber. *Food Hydrocolloids*, 127, Article 107515. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107515>
22. Serial, M. R., Velichko, E., Nikolaeva, T., den Adel, R., Terenzi, C., Bouwman, W. G. et al. (2021). High-pressure homogenized citrus fiber cellulose dispersions: Structural characterization and flow behavior. *Food Structure*, 30, Article 100237. <https://doi.org/10.1016/j.foosr.2021.100237>
23. Agoda-Tandjawa, G., Mazoyer, J., Wallecan, J., Langendorff, V. (2020). Effects of sucrose addition on the rheological properties of citrus peel fiber suspensions before and after drying. *Food Hydrocolloids*, 101, Article 105473. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105473>
24. Su, D., Zhu, X., Adhikari, B., Li, D., Wang, L. (2020). Effect of high-pressure homogenization on the rheology, microstructure and fractal dimension of citrus fiber-oil dispersions. *Journal of Food Engineering*, 277, Article 109899. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109899>
25. Wang, L., Xu, H., Yuan, F., Pan, Q., Fan, R., Gao, Y. (2015). Physicochemical characterization of five types of citrus dietary fibers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(2), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2015.02.003>
26. 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111709>
27. Zhao, Y., Khalesi, H., He, J., Fang, Y. (2023). Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese. *Food Hydrocolloids*, 138, Article 108493. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108493>
28. Dervisoglu, M., Yazici, F. (2006). Note. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology International*, 12(2), 159–164. <https://doi.org/10.1177/1082013206064005>
29. X, E., Pei, Z. J., Schmidt, K. A. (2010). Ice Cream: Foam Formation and Stabilization — A Review. *Food Reviews International*, 26(2), 122–137. <https://doi.org/10.1080/87559120903564472>
30. Baer, R. J., Wolkow, M. D., Kasperson, K. M. (1997). Effect of Emulsifiers on the Body and Texture of Low Fat Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, 80(12), 3123–3132. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76283-0](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76283-0)
31. Inoue, K., Ochi, H., Habara, K., Taketsuka, M., Saito, H., Ichihashi, N. et al. (2009). Modeling of the effect of freezer conditions on the hardness of ice cream using response surface methodology. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5834–5842. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2228>
32. Muse, M. R., Hartel, R. W. (2004). Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1–10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
33. Yu, B., Zeng, X., Wang, L., Regenstein, J. M. (2020). Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream. *Carbohydrate Polymers*, 254, Article 117415. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117415>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Ландиховская Анна Валентиновна — кандидат технических наук, научный сотрудник, лаборатория технологии мороженого, ВНИИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН 127422, Москва, ул. Костякова, 12 Тел.: 7-495-610-83-85 E-mail: anna.landih@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5881-2309 * автор для контактов Творогова Антонина Анатольевна — доктор технических наук, доцент, заместитель директора, ВНИИХИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН 127422, Москва, ул. Костякова, 12 Тел.: 7-495-610-83-85 E-mail: antvorogova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7293-9162	Anna V. Landikhovskaya, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Ice Cream Technology Laboratory, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12, Kostykova str, Moscow, 127422, Russia Tel.: +7-495-610-83-85 E-mail: anna.landih@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5881-2309 * corresponding author Antonina A. Tvorogova, Doctor of Technical Sciences, Docent, Deputy Director, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12, Kostykova str, Moscow, 127422, Russia Tel.: +7-495-610-83-85 E-mail: antvorogova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7293-9162
Критерии авторства	Contribution
Ландиховская А. В. — обзор литературы, проведение и обработка результатов экспериментальных исследований. Творогова А. А. — научное руководство исследованиями.	Landikhovskaya A.V. — Literature review, conducting and processing the results of experimental studies. Tvorogova A. A. — scientific adviso of research.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.