

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-74-81>

Поступила 28.04.2021

Поступила после рецензирования 25.05.2021

Принята в печать 01.06.2021



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

Научная статья

НУТРИЕНТНЫЙ СОСТАВ МОРОЖЕНОГО И ЗАМОРОЖЕННЫХ ДЕСЕРТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ландиховская А. В.*, Творогова А. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

мороженое, замороженные десерты, сахароза, лактоза, пробиотики, пребиотики

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено текущее состояние и новые тенденции исследований в области создания мороженого и замороженных десертов функциональной направленности. Обращено внимание на отличие регламентируемых термином признаков мороженого в Европейском Союзе и в странах Евразийского союза. Учитывая, что мороженое и замороженные десерты являются многокомпонентными продуктами, корректировка их состава может по-разному сказаться на показателях качества. В частности, при замене сахарозы использование заменителей может привести к изменению традиционного вкуса, консистенции и структуры. В связи с этим рассмотрены аспекты применения заменителей сахарозы по сладости (глюкозно-фруктозные сиропы, продукты переработки фруктов, стевия и сукролоза) и по сухому веществу (пищевые волокна и полиолы). В частности, авторы исследований отмечают, что использование полиолов изменяет консистенцию мороженого на более твердую. Исследователями обращено внимание на влияние ряда компонентов, вносимых в мороженое и замороженные десерты, на криоскопическую температуру смеси. Отмечена тенденция исследований по обогащению мороженого и замороженных десертов про- и пребиотиками и применению в качестве молочной основы молока повышенной пищевой ценности (овечьего и козьего). Уделено внимание практическому применению ферментов. Для людей с непереносимостью лактозы, источником которой в мороженом является СОМО, предложено проводить ее гидролиз различными способами. В обзоре отражен также опыт ряда ученых по использованию фермента транскляминазы для изменения свойств молочных белков, в частности увеличения их влагоудерживающей способности. Исследователи уделяют большое внимание повышению пищевой ценности мороженого и десертов за счет увеличения массовой доли белка и введения легкоусвояемых белков (концентратов сывороточных белков, в т. ч. гидролизированных). С учетом роста числа лиц, не употребляющих продукты животного происхождения, отмечены исследования по замене молочного белка на растительный белок, в частности, соевый.

Received 28.04.2021

Accepted in revised 25.05.2021

Accepted for publication 01.06.2021

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

Review article

ICE CREAM AND FROZEN DESSERTS NUTRIENT COMPOSITIONS: CURRENT TRENDS OF RESEARCHES

Anna V. Landikhovskaya*, Antonina A. Tvorogova

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

KEY WORDS:

ice cream, frozen dairy desserts, health diets, sucrose, lactose, low-fat, probiotic, prebiotic

ABSTRACT

The current state and new research trends of creating functional ice cream and frozen desserts are considered in the article. Attention is paid to the difference between the characteristics of ice cream regulated by the term in the countries of European Union and Eurasian Union. Taking into account that ice cream and frozen desserts are multicomponent products, the correction of their composition may have different effect on their quality indices. In particular, replacing sucrose by substitutes can lead to a change of traditional taste, consistency and structure. In this connection, aspects of the usage of sucrose substitutes by sweetness (glucose-fructose syrup, processed fruit products, stevia, sucralose) and by dry matter (food fibers and polyols) are considered. In particular, the authors of researches note that the application of polyols changes the ice cream consistency to be firmer. The researchers pay attention to the impact of some components, introduced into ice cream and frozen desserts, on the cryoscopic temperature of mixture. The enrichment of ice cream and frozen desserts with pro- and prebiotics and application of milk with the increased nutritional value (sheep and goat milk) has been noted to be a trend in research. The attention is drawn to the practical use of enzymes. For people with lactose intolerance, the reason of which in ice cream is Nonfat milk solids (MSNF) it is proposed to hydrolyze it by different methods. In this review the experience of some scientists on the use of transglutaminase enzyme for changing properties of milk proteins, in particular, increasing their water- holding capacity is reflected. Researchers pay great attention to the increasing of nutritional value of ice cream and desserts by growth of mass fraction of protein and introduction of easily digestible proteins (concentrates of whey proteins, including the hydrolyzed proteins). Taking into consideration the growth of people who do not consume products of animal origin, some researches on replacement of milk protein to vegetable one, in particular, soy are noted.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ландиховская, А. В., Творогова, А.А. (2021). Нутриентный состав мороженого и замороженных десертов: современные направления исследований. *Пищевые системы*, 4(2), 74–81. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-74-81>

FOR CITATION: Landikhovskaya, A.V., Tvorogova, A.A. (2021). Ice cream and frozen desserts nutrient compositions: current trends of researches. *Food systems*, 4(2), 74–81. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-2-74-81>

1. Введение

Мороженое как пищевой многокомпонентный продукт, изготавливаемый с использованием холода и потребляемый в замороженном виде, известен несколько тысяч лет. С началом его промышленного производства (80–90 годы 19 века в Америке и Европе и 30-е годы 20 века в России) появилась необходимость в систематизации его производства, началом которой является классификация. Длительное время классификация мороженого в России соответствовала подходам, принятым за рубежом — к мороженому относили всю продукцию, вырабатываемую с применением холода и потребляемую в замороженном виде. За последние 25 лет отрасль мороженого и замороженных молочных десертов, как и всего молочного производства, претерпела изменения: механизировались технологические процессы, увеличилось количество употребляемой продукции [1]. Изменились и подходы к классификации, в соответствии с требованиями законодательства Евразийского союза мороженое стали относить к молочной продукции при условии наличия в нем сухих веществ молока не менее 40% (молочный составной продукт) и не менее 20% (молокосодержащий продукт или молокосодержащий с заменителем молочного жира). Продукты, изготавливаемые по технологии мороженого, но не соответствующие указанным требованиям, отнесены к категории замороженных взбитых десертов или пищевых льдов.

Молочная продукция является одним из основных продуктов питания, обеспечивающим продовольственную безопасность стран. В последнее время в России, как и в большинстве стран мира, растет интерес к производству продуктов для здорового питания и функциональной направленности. Возможности производства такого рода продуктов предусмотрены регламентами Таможенного союза, в частности ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [2]. Это касается в первую очередь продуктов, обогащенных молочным белком, пищевыми волокнами, про- и пребиотиками.

Острой проблемой в производстве всех продуктов и молочных, в частности, является замена сахарозы на сахара или сладкие продукты с низким гликемическим индексом. Рынок мороженого, представленный различными производителями, также диктует условия к поиску новых компонентов и направлений для улучшения функциональных свойств уже имеющегося мороженого.

Корректировка состава и возможность применения новых компонентов в области производства мороженого изучаются не только в России, но и за рубежом. Тенденции развития науки, распространение информации через международные базы данных дало возможность изучить опыт других стран. Целью данного обзора является анализ опыта международных ученых в области мороженого и замороженных десертов функциональной направленности для сопоставления направления исследований в России и за рубежом и определения области дальнейших исследований.

2. Основная часть

2.1. Общие сведения и характеристика продукта

Goff, H. D., и соавторы в своей статье [3] характеризует мороженое и замороженные десерты, как продукт, насыщенный воздухом, который необходимо употребить в пищу, пока он заморожен. Как отмечает автор, в разных странах под термином «мороженое» скрыто разное понимание состава продукта: «в США и Канаде, для примера, мороженое должно содержать минимум 10 процентов молочного жира и не содержать других источников жира и белка немолочного происхождения» (Управление по контролю за продуктами и лекарствами США, 2017). Термин «замороженные десерты»

используют для характеристики продуктов, содержащих немолочные жиры и немолочные продукты. В Европе руководствуются кодексом Евроглас для «Съедобных льдов» [4], где под термином «мороженое» понимается аэрированная эмульсия, содержащая жир. В России к мороженому в соответствии с ТР ТС 033/2013 [2] относят взбитые, замороженные и потребляемые в замороженном виде сладкие молочные составные продукты (на долю составных частей молока в мороженом должно приходиться не менее 40%), молокосодержащие продукты с содержанием сухих веществ молока не менее 20% без замены составных частей молока на жиры и белки растительного происхождения и молокосодержащее мороженое с заменителем молочного жира с содержанием сухих веществ молока не менее 20%.

Мороженое — сложный продукт, состоящий из жира, сахара, обезжиренного молочного остатка, представляющего собой молочный белок, лактозу и молочные соли, влияющие на снижение точки замерзания во время фризирования. Кроме того, мороженое структурированный продукт. Основными элементами его структуры являются кристаллы льда, воздушные пузырьки, суспендированные и агломерированные частички жира. В формировании и сохранении структуры мороженого важную роль играют стабилизаторы и эмульгаторы, вносимые в смесь для мороженого в небольших количествах. Большая часть стабилизаторов — полисахариды, извлекаемые из растений и водорослей. Некоторые из них используются в нативном состоянии, другая часть модифицируется для усиления их технологических свойств. В Европе эмульгаторы, стабилизаторы, загустители и гелеобразующие агенты классифицируются как пищевые добавки, использовать их необходимо в соответствии с регламентом (ЕС) 1333/2008 [5]. Данные пищевые добавки имеют высокую молекулярную массу, за счёт этого удаётся достигнуть функциональных свойств в продукте, используя их в количествах менее 2% [6,7]. В нашей стране добавки, вносимые в мороженое, должны соответствовать требованиям технического регламента ТР ТС 029/2012 [8].

Чаще всего применяемые стабилизаторы-полисахариды камеди гуаровая и рожкового дерева и карбоксиметилцеллюлоза добавляются в смесь в количествах, варьирующихся от 0,15 до 0,25%. По мнению автора [3]: «они взаимодействуют с водной фазой и могут также взаимодействовать с белками в водной фазе».

Нутриенты молочного происхождения представлены в мороженом казеином, сывороточными белками, молочным жиром, лактозой и минеральными солями. Каждый из этих нутриентов выполняет свою технологическую функцию [9]. Жир вносит весомый вклад в образование структуры мороженого во время замораживания и взбивания. Жировые шарики, в отдельности или частично агломерированные, находятся в мороженом на поверхности раздела двух фаз «воздух-плазма». Для активизации этого процесса путём снижения поверхностного натяжения жир-вода в смеси мороженого применяют эмульгаторы. Как правило, используют моно- и диглицериды жирных кислот, сорбаты, полисорбаты. Их добавляют в количестве 0,1% — 0,4%. Действие эмульгаторов основано на вытеснении белка с поверхности жирового шарика, что приводит к снижению их прочности и разрыву, агломерированию жировых частиц и их участию в формировании структуры мороженого при замораживании и взбивании [10,11].

Авторы работы [12] сделали вывод, что взаимодействие между жиром и воздухом усиливается тогда, когда снижается адсорбция белка на оболочке воздушного пузырька. В исследовании выявлена корреляция между уровнем адсорбированного белка и дестабилизацией жира при посто-

янных условиях обработки. Отмечается, что содержание жира в плаве при проведении теста на плавление и показатели дестабилизации жира коррелировали. Таким образом, было установлено, что анализ общего жира, выделяемого из плава, должен проводиться дополнительно к контролю жировой агломерации, жира, экстрагируемого растворителем и размером жировых агломератов.

2.2. Роль углеводов в мороженом, исследования в области полной и частичной замены сахарозы

Углеводы обеспечивают значительное количество энергии в питании человека. По степени полимеризации их делят на сахара, олигосахариды и полисахариды. Сахара подразделяются на моносахариды, дисахариды и полиолы (сахарные спирты) [13,14]. На ежедневное потребление сахара приходится 500 ккал в день, рекомендованная суточная норма сахара для человека с нормальным весом составляет около 25 грамм или 96 ккал в день. ВОЗ рекомендует употреблять взрослым и детям не более 10% добавленных сахаров от общей суточной калорийности. С целью снижения количества сахара в продукте применяют натуральные и искусственные подсластители [15,16,17].

Подсластители улучшают консистенцию и вкусовые качества мороженого, придают сладкий вкус и усиливают ароматы. Они также снижают точку замерзания смеси, которая является контрольным измерением, позволяющим судить о степени твердости мороженого. Самым распространённым подсластителем является сахароза. Сахара поступают в мороженое и замороженные десерты как путем прямого внесения (добавленные сахара), так и вместе с сырьем. Самым основным видом сахаров в мороженом является сахароза, которая поступает в продукт в виде сахар-песка или при использовании стуженных молочных продуктов с сахаром [18]. Сахароза может быть получена из сахарного тростника или свеклы. В мороженом сахароза играет важную роль: придаёт сладость продукту, влияет на температуру замерзания и плавления. Чем ниже точка замерзания, тем сложнее образовываться кристаллам льда. Температура замерзания связана с количеством молекул в растворе. Моносахариды сильнее понижают криоскопическую температуру, чем сахароза, но при этом любая замена сахаров сказывается на стабильности мороженого при плавлении и замораживании [19,20].

В качестве альтернативы сахарозы применяют кукурузный сироп с содержанием фруктозы на уровне 42% или 55%. Его получают путем ферментативного гидролиза кукурузного крахмала в глюкозу с последующей частичной изомеризацией глюкозы во фруктозу [21]. Отмечается [22], что в США и некоторых других странах коммерческие производители пищевых продуктов используют кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы в качестве замены сахарозы во многих продуктах так, чтобы доступность сахарозы и кукурузного сиропа была приблизительно одинаковой. Остальные страны, в которых используются глюкозные сиропы — Канада, Мексика, Венгрия, Словакия, Бельгия, Болгария, Южная Корея и Япония. Среди этих стран США потребляют сиропов около 25 кг в год на душу населения, Венгрия около 15 кг в год, а остальные — от 5 до 10 кг.

Рост таких заболеваний, как сахарный диабет второго типа, ожирение диктуют новые условия производителям. Современные тенденции в области питания направлены на получение продуктов со сниженным содержанием жира и сахара [23]. В отрасли производства мороженого также ведутся исследования по снижению массовой доли жира в продукте [24]. Разрабатываются рецептуры, позволяющие снизить содержание сахарозы и полностью заменить её другими сахарами и подсластителями.

Авторы [25] исследовали возможность применения натурального фруктового наполнителя “Fruit Up®”, полностью состоящего из фруктов в качестве полной замены сахарозы в яблочном мороженом, изготовленном из заранее запеченных яблок при различных температурных режимах. В статье отмечено, что дегустаторам понравился контрольный образец мороженого с сахарозой и глюкозой, но при этом опытный образец не уступал контролю. “Fruit Up®”, по мнению исследователей, может использоваться при производстве мороженого без сахарозы.

В работе [26] в качестве натурального подсластителя использовали экстракт стевии (порошок-ребаудиозид А, ботаническая эссенция (98%), Малайзия) в различных концентрациях. Установлено, что образцы мороженого обладали хорошими показателями термоустойчивости по сравнению с контролем. Авторами отмечено, что внесение стевии увеличивает вязкость смеси, мороженое обладало высокой твердостью, характеризовалось жевательной и липкой текстурой. Таким образом, использование данного компонента возможно в качестве замены сахарозы. Антиоксидантная активность порошка листьев стевии при добавлении её в мороженое изучалась в исследовании [27]. В контрольном образце было 20% сахарозы, в опытных от 15% до 17,5%. С уменьшением количества сахарозы увеличивалось содержание стевии. Авторами отмечено, что с увеличением количества стевии в мороженом антиоксидантная активность возрастала, что объясняется наличием антиоксидантных соединений в листьях, таких как флавоноиды и фенолы. Наилучшее соотношение, по их мнению, 15% сахарозы и 0,6% порошка листьев стевии.

В Индии 49% женщин и 36% мужского населения, проживающих в городах страдают от ожирения. ВОЗ прогнозирует, что к 2025 году количество больных диабетом увеличится на 57,2 млн. Исследователи предлагают использовать полидекстрозу и сорбитол для создания структуры мороженого после удаления сахарозы из рецептуры. По мнению авторов, комбинация сорбита и сукралозы эффективна при приготовлении мороженого без сахара с низким содержанием жира [28]. Авторы статьи [29] отмечают, что стевию хорошо использовать совместно с какао.

При производстве мороженого с использованием йогурта также проводятся исследования по замене сахарозы другими подсластителями. Работа [30] посвящена изготовлению низкокалорийного замороженного йогурта с пониженным содержанием жира, без добавления сахара, а также с использованием инулина, изомальта, полидекстрозы и интенсивных подсластителей. Отмечена необходимость подбора эффективной стабилизационной системы, поскольку опытные образцы были менее термоустойчивыми по сравнению с образцом, в котором использовалась сахароза.

Мальтит — дисахаридный полиол, который может быть альтернативой сахарозы. Он обладает сладостью от 75–90% от сладости сахарозы и имеет аналогичные свойства. Кривая растворимости мальтитола наиболее приближена к кривой растворимости сахарозы, что сказывается на ощущении сладкого вкуса во рту. При замене сахарозы на мальтит улучшается кремообразность, снижается гликемический индекс продукта [31]. В работе [32] были разработаны составы заменителей сахарозы при производстве мороженого с использованием мальтита. Опытные образцы, по мнению авторов, нуждаются в доработке для достижения приемлемости вкуса.

В качестве заменителя сахарозы можно использовать другой дисахарид — трегалозу. Трегалоза имеет практически одинаковую молекулярную массу с сахарозой, обеспечивает 45% от её сладости [33]. Изучена возможность применения меда, трегалозы и эритрита при изготовлении мороженого

вручную в качестве заменителей сахарозы [34]. Авторы статьи отмечают, что их исследования могут послужить базой к разработке рецептур мороженого без сахарозы с заранее заданными свойствами, в частности, использовать мёд можно при производстве мороженого с более низким гликемическим индексом. Во ВНИИХИ также разработаны рецептуры производства мороженого без сахарозы на основе полиолов и с использованием композиции трегалозы и фруктозы [35,36].

На долю лактозы в мороженом приходится до 20% всех углеводов [10]. Содержание лактозы в мороженом может достигать уровня 8%. Чрезмерное использование лактозы и неправильное хранение продукта вызывает кристаллизацию лактозы и возникает порок «песчанность» [9]. Лактоза придает мороженому выраженный вкус и аромат [37]. При этом есть категория людей с непереносимостью лактозы. Авторами [38] отмечено, что от 6 до 25% белых американцев и 45–81% чернокожих американцев и американцев мексиканского происхождения страдают от непереносимости лактозы из-за дефицита фермента β -галактозидазы в их желудочно-кишечном тракте. В обзорной статье [15] отмечено, что гидролиз лактозы может быть альтернативой снижения сахара. Гидролиз 70% лактозы в молоке увеличивает сладость молока или йогурта в той же степени, что и добавление 2% сахарозы.

Многие компоненты, применяемые при производстве мороженого, произрастают в регионе, где проводятся исследования. В частности, в ОАЭ изучали возможность применения финикового сиропа взамен сахарозы. В Объединенных Арабских Эмиратах производят более 245 тысяч тонн фиников. Они различаются между собой сортом и физико-химическим составом. Сладость финикам придает глюкоза и фруктоза, как и большинству фруктов. Авторами установлено, что при увеличении концентрации финикового сиропа снижается выраженность молочного вкуса мороженого, а также увеличивается интенсивность окрашивания продукта в коричневый цвет. Кроме того, усиливается вкус фиников [39].

Исследователи из Новой Зеландии [40] изучали возможность использования сока киви зеленой, желтой и красной мякоти. Пюре киви добавляли в смесь молочного мороженого, без использования дополнительных красителей и ароматизаторов, в количестве 49%. Наилучшие показатели отмечены у образца с красной мякотью.

2.3. Исследования по применению про- и пребиотиков в мороженом

В России и за рубежом растет рынок продукции с функциональными свойствами [41,42,43]. Проводятся исследования по созданию мороженого с применением молочнокислых бактерий [44,45,46,47]. В работе [48] исследовали влияние пищевых волокон (5 различных видов) на выживаемость *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium lactis* в мороженом. В своих выводах, авторы исследования рекомендуют использовать пшеничные волокна, так как они имеют потенциал для улучшения реологических и текстурных характеристик мороженого, сохраняя при этом его органолептические свойства и жизнеспособность пробиотических культур.

Авторы исследования [49] ферментировали смесь мороженого с низким содержанием жира традиционными стартовыми пробиотическими культурами. Ферментацию останавливали, когда достигали значение pH равное 5,6.

Чаще всего при производстве мороженого используется коровье молоко, но также сейчас проводятся исследования по производству мороженого и замороженных десертов на основе использования овечьего [50] и козьего молока [51].

В работе [52] исследовали шоколадное мороженое, изготовленное на козьем молоке с использованием проби-

отических культур *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 и новым пробиотиком *Propionibacterium jensenii* 702 и упакованное в три разных материала: полипропилен, полиэтилен и стекло. Во время хранения оценивали качество продукта, выживаемость пробиотических микроорганизмов, физико-химические свойства и сенсорные характеристики продукта в различных упаковочных материалах. Было установлено, что процесс замораживания оказывает влияние на количество жизнеспособных клеток, но при этом на протяжении хранения до 52 недель их количество было на уровне 10^6 – 10^7 КОЕ/г при температуре минус 20 °С. По мнению авторов, материалы оказали значительное влияние на полное время плавления мороженого и на качество плавления продукта через одну неделю после производства. Упаковка не оказывает влияния на другие физико-химические и сенсорные свойства. Изменение структуры, консистенции и вкуса было ощутимо после 12 недель хранения.

В статье [53] была изучена выживаемость пробиотических бактерий в мороженом с сахарозой и с аспартамом в течение 6 месяцев хранения. Отмечено, что ни условия хранения, ни вид подсластителя не повлияли на выживаемость бактерий.

Также важна роль обогащения мороженого и замороженных десертов пищевыми волокнами [54]. Хорошими показателями в ряде исследований уже отмечены такие волокна, как инулин, полидекстроза и др. Потребители предпочитают такие продукты, как источник волокон, полезных для здоровья. Область использования пищевых волокон имеет огромный потенциал.

В работе [50] в качестве замены источника жира в мороженом на овечьем молоке использовали различные пребиотики. Использование инулина и фруктоолигосахарида рекомендовано как предпочтительное в связи достижением одинакового состояния консистенции в экспериментальном и контрольном образцах. Исследование показало, что замена овечьего жира пребиотиками может быть хорошей альтернативой с целью увеличения питательной ценности продукта и снижения его калорийности.

Исследование [55] основывалось на изучении свойств цитрусовых волокон в качестве стабилизаторов. Были выработаны образцы, в которых в качестве стабилизационной системы использовались цитрусовые волокна с добавлением стабилизатора-эмульгатора и без его применения в комплексе и только стабилизатор-эмульгатор. В работе отмечено, что при использовании только одних цитрусовых волокон не достигается оптимальная вязкость, взбитость и органолептические показатели, хотя отмечено, что мороженое более устойчиво к таянию. Авторы исследования считают, что наилучшие показатели имело мороженое с использованием цитрусовых волокон в сочетании со стабилизатором-эмульгатором.

Применение инулина актуально при производстве маложирных видов мороженого в связи с его способностью создавать сенсорное ощущение жирности в отсутствии жира [56].

2.4. Высокобелковые замороженные десерты

Белки молока играют важную роль в производстве мороженого: являются водосвязывающими и влагоудерживающими агентами, стабилизируют жировую и воздушную фазы и придают вкус, в частности молочных продуктов [57].

Автор [58] отмечает, что замороженные десерты могут быть важным источником белка. Компании создают разнообразные высокопротеиновые десерты, которые могут быть использованы в диете больных с хронической болезнью почек. В соответствии с FDA рекомендуется употреблять белков

50 г/сутки при рационе питания 2000 ккал. Эта организация устанавливает следующие понятия о белоксодержащих продуктах: «высокое содержание белка» — 20% от суточной нормы, «источник белка» — от 15% до 19% от суточной нормы.

В работе [59] было изучено влияние повышенного содержания белка на свойства мороженого с массовой долей жира на уровне 10%. В качестве источников белка использовались концентраты сывороточного и молочного белков. Образцы мороженого были приготовлены без использования стабилизаторов и эмульгаторов. При добавлении белка в опытных образцах снижался уровень лактозы, в контрольном образце была самая низкая криоскопическая температура.

2.5. Замороженные десерты с соевым белком

В настоящее время существуют группы людей, предпочитающих заменять молочные белки в своем рационе растительными. В условиях повышенного интереса общества к вопросам пищевой ценности продуктов белок сои получает всё большее признание как высокопитательный, функциональный и рентабельный пищевой ингредиент, позволяющий дополнять и улучшать пищевую ценность готовой продукции. Проводятся исследования по замене коровьего молока растительным продуктом: соевым, кокосовым [60,61]

Исследование [62] посвящено изучению выживания пробиотических культур в неферментированном замороженном десерте с соевым белком для вегетарианцев. Пробиотические бактерии были внесены в количестве, превышающем 10^6 КОЕ/г. Полученный продукт оценивался по выживаемости микроорганизмов и по сенсорным показателям. В результате исследования авторами отмечено, что *Lactobacillus acidophilus* MJLA1, *L. rhamnosus* 100-C, *L. paracasei* ssp. *paracasei* 01, *Bifidobacterium lactis* BBDB2, *B. lactis* BB-12 на протяжении 6 мес. сохраняли количество клеток на уровне 10^7 КОЕ/г и выше. Содержание *Saccharomyces boulardii* 74012 ниже 10^6 КОЕ/г. По сенсорным показателям наилучшие результаты показал образец с *L. acidophilus* MJLA1, который не отличался от контрольного образца. Продукт с *S. boulardii* 74012 обладал нежелательными ароматами, сформированными во время хранения. Авторы считают, что замороженный соевый десерт может быть источником доставки пробиотических бактерий с разнообразными сенсорными характеристиками.

2.6. Использование трансглутаминазы в мороженом

Трансглутаминаза TG (EC2.3.2.13) — фермент, признанный безопасным (GRAS — Generally Recognized As Safe) и используемый в пищевой промышленности. Он изменяет функциональные свойства молочных белков, способствует образованию структуры при использовании различных белков, соединяя их, в частности белков сои, молочных, глютен и других белки [63,64].

В работе [63] было исследовано влияние сывороточных белков и обработанной трансглутаминазы вместе и по отдельности на физические и органолептические свойства

мороженого с массовой долей жира 5%. Добавление сывороточных белков с использованием фермента и без его применения сказалось на уменьшении скорости таяния, вязкости и твердости исследуемых образцов мороженого. Однако в образце мороженого с использованием только трансглутаминазы скорость таяния и взбитость увеличились, а по консистенции мороженое было более мягким. Применение трансглутаминазы и сывороточных белков не оказало влияния на вкус и аромат мороженого, но при этом отразилось на цвете и консистенции продукта. Авторы исследования отмечают, что использование сывороточных белков совместно с трансглутаминазой улучшает физические и органолептические свойства продукта лучше, чем использование этих компонентов в отдельности.

Исследование [64] также посвящено изучению свойств трансглутаминазы в мороженом. Авторами работ отмечено, что применение трансглутаминазы положительно сказывается на стабильности образцов к повторным тепловым шокам. Применение фермента в маложирных продуктах позволяет получать показатели, характерные для высокожирных видов.

3. Выводы

Приведенный анализ показывает, что существует довольно много направлений и возможностей в корректировке нутриентного состава мороженого и замороженных десертов, в т.ч с целью создания продуктов функциональной направленности. Авторы исследований в своих работах стремятся улучшать уже имеющиеся виды мороженого, обогатить их полезными продуктами и веществами, расширить ассортимент для удовлетворения растущего спроса потребителей.

Перспективными заменителями сахарозы по сладости и сухому веществу в мороженом и замороженных десертах являются: продукты переработки крахмала (глюкозно-фруктозные и высокофруктозные сиропы и сладких фруктов (финиковый сироп и др.), композиция сорбита и сукралозы, мальтит и натуральный подсластитель с антиоксидантными свойствами стевия. Обогащение мороженого пробиотическими микроорганизмами достигается путем применения бифидобактерий, ацидофильной палочки и пропионовых бактерий. Высокобелковые замороженные десерты вырабатывают с использованием концентратов молочного или сывороточного белков. Применение фермента лактазы целесообразно в производстве мороженого с низким содержанием лактозы, трансглутаминазы — для интенсификации водосвязывающей способности белков, в частности сывороточных. Наиболее функциональными белками в десертах, не содержащих продукты животного происхождения, являются соевые белки.

Анализ исследований по замене нутриентов в составе мороженого и замороженных десертов позволяет сделать вывод, что исследования, проводимые в России актуальны и в чем-то пересекаются с зарубежными коллегами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Goff, H. D., Griffiths, M. W. (2006). Major advances in fresh milk and milk products: Fluid milk products and frozen desserts. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1163–1173. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72185-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72185-3)
- Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года. № 67.
- Goff, H. D. (2019). The structure and properties of ice cream and frozen desserts. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food Chemistry*, 47–54. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21703-4>
- Euroglaces, 2013. Code for Edible Ices. European Ice Cream Association, Brussels. Retrieved from <https://www.euroglaces.eu/code-edible-ices/> Accessed May 4, 2021
- Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008R1333/> Accessed May 4, 2021
- Goff, H. D. (2016). Ice cream and frozen desserts: Manufacture. Chapter in a book: *Reference Module in Food Science*, 899–904. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00832-5>
- Philp, K. (2018). Polysaccharide ingredients. Chapter in a book: *Reference Module in Food Science*, 1–23. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22367-6>
- Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и техноло-

- гических вспомогательных средств». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 года N58.
9. Hartel, R. W., Rankin, S. A., Bradley, R. L. (2017). A 100-year Review: Milestones in the development of frozen desserts. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10014–10025. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13278>
10. Deosarkar, S. S., Kalyankar, S. D., Pawsha, R. D., Khedkar, C. D. (2016). Ice cream: composition and health effects. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, 385–390. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00385-8>
11. Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D., Sarode, A. R. (2016). Ice cream: uses and method of manufacture. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, 391–397. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00384-6>
12. Bolliger, S., Goff, H., Tharp, B. (2000). Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*, 10(4), 303–309. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00044-3)
13. Daniel, J. R., Vidovic, N. (2018). Carbohydrates, role in human nutrition. Chapter in a book: *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.02927-9>
14. Hinde, S. (2019). Understanding the role of carbohydrates in optimal nutrition. *Nursing Standard (Royal College of Nursing (Great Britain): 1987)*, 34(8), 76–82. <https://doi.org/10.7748/ns.2019.e11323>
15. McCain, H. R., Kaliappan, S., Drake, M. A. (2018). Invited review: Sugar reduction in dairy products. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8619–8640. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14347>
16. Di Monaco, R., Miele, N. A., Cabisidan, E. K., Cavella, S. (2018). Strategies to reduce sugars in food. *Current Opinion in Food Science*, 19, 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.008>
17. Kokkinidou, S., Peterson, D., Bloch, T., Bronston, A. (2018). The important role of carbohydrates in the flavor, function, and formulation of oral nutritional supplements. *Nutrients*, 10(6), Article 742. <https://doi.org/10.3390/nu10060742>
18. Творогова, А. А. (2021). Мороженое в России и СССР: Теория. Практика. Развитие технологий. СПб.: ИД «Профессия», 2021. — 249 с.
19. Wilson, R. (2016). Developing food products for customers following a low sugar diet, including low sucrose, low fructose, and low lactose diets. Chapter in a book: *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*, 155–171. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100329-9.00008-6>
20. Plaza-Diaz, J., Gil, A. (2016). Sucrose: dietary importance. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, 199–204. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00668-1>
21. Zargaraan, A., Kamaliroosta, L., Seyed Yagoubi, A., Mirmoghtadaie, L. (2016). Effect of substitution of sugar by high fructose corn syrup on the physicochemical properties of bakery and dairy products: A Review. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3, 3–11. <https://doi.org/10.18869/acadpub.nfsr.3.4.3>
22. Klurfeld, D. (2016). Fructose: Sources, Metabolism, and Health. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00332-9>
23. Yilsay, T. Ö., Yilmaz, L., Bayazit, A. A. (2005). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222(1–2), 171–175. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0018-x>
24. Azari-Anpar, M., Khomeiri, M., Ghafouri-Oskuei, H., Aghajani, N. (2017). Response surface optimization of low-fat ice cream production by using resistant starch and maltodextrin as a fat replacing agent. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1175–1183. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2492-0>
25. García-Segovia, P., Iborra-Bernad, C., Andrés-Bello, A., González-Carrasco, R., Barreto-Palacios, V., Bretón-Prats, J. et al. (2013). Replacing sugar in ice cream: Fruit up® as a substitute. *Journal of Culinary Science and Technology*, 11(2), 155–164. <https://doi.org/10.1080/15428052.2013.769865>
26. Pon, S. Y. Lee, W. J., hean Chong, G. (2015). Textural and rheological properties of stevia ice cream. *International Food Research Journal*, 22(4), 1544–1549.
27. Mayangsari, A. S., Wahyuni, L. S., Evanuarini, H., Purwadi, P. (2019). Characteristic ice cream using stevia (stevia rebaudiana) leaf powder as natural sweetener. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 7(2), 600–606. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.7.2.29>
28. Khan, S., Rustagi, S., Choudhary, S., Pandey, A., Khan, M. K., Kumari, A., Singh, A. (2018). Sucralose and maltodextrin — An alternative to low fat sugar free ice-cream. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 11(1), 136–143. <https://doi.org/10.21786/bbrc/11.1/19>
29. Ozdemir, C., Arslaner, A., Ozdemir, S., Allahyari, M. (2015). The production of ice cream using stevia as a sweetener. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7545–7548. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1784-5>
30. Isik, U., Boyacioglu, D., Capanoglu, E., Nilufer Erdil, D. (2011). Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1647–1656. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3280>
31. Saraiva, A., Carrasosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Raposo, A. (2020). Maltitol: Analytical determination methods, applications in the food industry, metabolism and health impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145227>
32. Whelan, A. P., Vega, C., Kerry, J. P., Goff, H. D. (2008). Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(9), 1520–1527. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01502.x>
33. Richards, A. B., Krakowka, S., Dexter, L. B., Schmid, H., Wolterbeek, A. P. M., Waalkens-Berendsen, D. H. et al. (2002). Trehalose: A review of properties, history of use and human tolerance, and results of multiple safety studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40(7), 871–898. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(02\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(02)00011-X)
34. Moriano, M. E., Alamprese, C. (2017). Honey, trehalose and erythritol as sucrose- alternative sweeteners for artisanal ice cream. A pilot study. *LWT- Food Science and Technology*, 75, 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.057>
35. Tvorogova, A. A., Landikhovskaya, A. V., Kazakova, N. V., Zakirova, R. R., Pivtsaeva, M. M. (26–29 February, 2020). *Scientific and practical aspects of trehalose contain in ice cream without sucrose*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials, Voronezh, Russian Federation, 640, 052017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/5/052017>
36. Ландиховская, А.В., Творогова, А.А., Казакова Н. В., Гурский И. А. (2020). Влияние трегалозы на дисперсность кристаллов льда и консистенцию низкожирного мороженого. *Техника и технология пищевых производств*, 50(3), 450–459. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-450-459>
37. BeMiller, J. N. (2019). Oligosaccharides. Chapter in a book: *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*, 49–74. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812069-9.00003-0>
38. Abbasi, S., Saeedabadian, A. (2015). Influences of lactose hydrolysis of milk and sugar reduction on some physical properties of ice cream. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 367–374. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1011-1>
39. Hashim, I. B., Al Shamsi, K.S. (2016). Physicochemical and sensory properties of ice-cream sweetened with date syrup. *MOJ Food Processing & Technology* 2(3), 91–95. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.02.00038>
40. Sun-Waterhouse, D., Edmonds, L., Wadhwa, S. S., Wibisono, R. (2013). Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International*, 50(2), 647–656. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.030>
41. Buri, F. C. A., Bedani, R., Saad, S. M. I. (2016). Probiotic and prebiotic dairy desserts. Chapter in a book: *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotic*. 345–360. Akademik Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802189-7.00023-X>
42. Arslaner, A., Ali Sahik, M. (2020). Functional ice cream technology. *Akademik Gıda*, 18, 180–189. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758835>
43. López-Martínez, M.I., Moreno-Fernández, S., Miguel, M. (2021). Development of functional ice cream with egg white hydrolysates. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, Article 100334. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100334> (unpublished data)
44. Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorrentino, E., Panfil, G. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4555–4564. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-335>
45. Kanta, A., Soukoulis, C., Tzia, C. (2018). Eliciting the sensory modalities of fat reformulated Yoghurt ice cream using oligosaccharides. *Food and Bioprocess Technology*, 11(4), 885–900. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2064-y>
46. Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Sousa, A. L. O. P., Faria, J. A. F., Saad, S. M. I. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42(9), 1233–1239. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020>
47. Ayar, A., Siçramaz, H., Öztürk, S., Öztürk Yilmaz, S. (2017). Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 174–182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12387>
48. Akalin, A. S., Kesenas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., Kinik, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 37–46. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>
49. Davidson, R. H., Duncan, S. E., Hackney, C. R., Eigel, W. N., Boling, J. W. (2000). Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 666–673. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74927-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74927-7)
50. Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Capato, L. P., Abud, Y. K. D. et al. (2017). Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*, 35, 564–573. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.004>
51. McGhee, C. E., Jones, J. O., Park, Y. W. (2015). Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. *Small Ruminant Research*, 123(2–3), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.12.002>
52. Senaka Ranadheera, C., Evans, C. A., Adams, M. C., Baines, S. K. (2013). Production of probiotic ice cream from goat's milk and effect of packaging materials on product quality. *Small Ruminant Research*, 112(1–3), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.12.020>
53. Başyigit, G., Kuleaşan, H., Karahan, A. G. (2006). Viability of human-derived probiotic lactobacilli in ice cream produced with sucrose and aspartame. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 33(9), 796–800. <https://doi.org/10.1007/s10295-006-0128-x>
54. Goff, H. D. (2013). Fibre-enriched dairy products. Chapter in a book: *Fibre-Rich and Wholegrain Foods*, 311–328. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.4.311>

55. 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>
56. Akbari, M., Eskandari, M. H., Niasakari, M., Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52–55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.02.040>
57. Goff, H. D. (2016). Milk proteins in ice cream. Chapter in a book: *Advanced Dairy Chemistry*, 329–345. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_13
58. Devaraj, S. (2015). High-protein frozen desserts. *Journal of Renal Nutrition*, 25(4), e23–e29. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2015.04.001>
59. 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72208-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72208-1)
60. Aboulfazli, F., Baba, A. S., Misran, M. (2014). Effect of vegetable milks on the physical and rheological properties of ice cream.

- Food Science and Technology Research*, 20(5), 987–996. <https://doi.org/10.3136/fstr.20.987>
61. Shrestha, M., Maskey, B. (2018). Effects of soymilk and milk solid not fat on soy ice cream quality. *Himalayan Journal of Science and Technology*, 2, 41–47. <https://doi.org/10.3126/hijost.v2i0.25842>
62. Heenan, C. N., Adams, M. C., Hosken, R. W., Fleet, G. H. (2004). Survival and sensory acceptability of probiotic microorganisms in a nonfermented frozen vegetarian dessert. *LWT – Food Science and Technology*, 37(4), 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.11.001>
63. 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
64. Kasprzyk, I., Markowska, J., Polak, E. (2016). Effect of microbial transglutaminase on ice cream heat resistance Properties – a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(3), 227–231. <https://doi.org/10.1515/pjfn.2015-0037>

REFERENCES

1. Goff, H. D., Griffiths, M. W. (2006). Major advances in fresh milk and milk products: Fluid milk products and frozen desserts. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1163–1173. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72185-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72185-3)
2. TR CU033/2013 Technical Regulations of the Customs Union “On safety of milk and dairy products”, Decision of the Council of the Eurasian economic Commission of October 9, 2013, No. 67. Moscow, 2013. (In Russian)
3. Goff, H. D. (2019). The structure and properties of ice cream and frozen desserts. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food Chemistry*, 47–54. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21703-4>
4. Euroglaces, 2013. Code for Edible Ices. European Ice Cream Association, Brussels. Retrieved from <https://www.euroglaces.eu/code-edible-ices/> Accessed May 4, 2021
5. Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008R1333/> Accessed May 4, 2021
6. Goff, H. D. (2016). Ice cream and frozen desserts: Manufacture. Chapter in a book: *Reference Module in Food Science*, 899–904. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00832-5>
7. Philp, K. (2018). Polysaccharide ingredients. Chapter in a book: *Reference Module in Food Science*, 1–23. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22367-6>
8. TR CU029/2012 Technical Regulations of the Customs Union “Safety requirements for food additives, flavorings and process aids”, Decision of the Council of the Eurasian economic Commission of June 20, 2012, No. 58. Moscow, 2012. (In Russian)
9. Hartel, R. W., Rankin, S. A., Bradley, R. L. (2017). A 100-year Review: Milestones in the development of frozen desserts. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10014–10025. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13278>
10. Deosarkar, S. S., Kalyankar, S. D., Pawshe, R. D., Khedkar, C. D. (2016). Ice cream: composition and health effects. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, 385–390. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00385-8>
11. Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D., Sarode, A. R. (2016). Ice cream: uses and method of manufacture. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, 391–397. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00384-6>
12. Bolliger, S., Goff, H., Tharp, B. (2000). Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*, 10(4), 303–309. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00044-3)
13. Daniel, J. R., Vidovic, N. (2018). Carbohydrates, role in human nutrition. Chapter in a book: *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.02927-9>
14. Hinde, S. (2019). Understanding the role of carbohydrates in optimal nutrition. *Nursing Standard (Royal College of Nursing (Great Britain): 1987)*, 34(8), 76–82. <https://doi.org/10.7748/ns.2019.e11323>
15. McCain, H. R., Kaliappan, S., Drake, M. A. (2018). Invited review: Sugar reduction in dairy products. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8619–8640. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14347>
16. Di Monaco, R., Miele, N. A., Cabisidan, E. K., Cavella, S. (2018). Strategies to reduce sugars in food. *Current Opinion in Food Science*, 19, 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.008>
17. Kokkinidou, S., Peterson, D., Bloch, T., Bronston, A. (2018). The important role of carbohydrates in the flavor, function, and formulation of oral nutritional supplements. *Nutrients*, 10(6), Article 742. <https://doi.org/10.3390/nu10060742>
18. Tvorogova, A. A. (2021). Ice cream in Russia and the USSR: Theory. Practice. Technology development. Saint-Petersburg: Profession, 2021. — 249 p. (in Russian)
19. Wilson, R. (2016). Developing food products for customers following a low sugar diet, including low sucrose, low fructose, and low lactose diets. Chapter in a book: *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*, 155–171. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100329-9.00008-6>
20. Plaza-Diaz, J., Gil, A. (2016). Sucrose: dietary importance. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, 199–204. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00668-1>
21. Zargaraan, A., Kamaliroosta, L., Seyed Yagoubi, A., Mirmoghtadaie, L. (2016). Effect of substitution of sugar by high fructose corn syrup on the physicochemical properties of bakery and dairy products: A Review. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3, 3–11. <https://doi.org/10.18869/acadpub.nfsr.3.4.3>
22. Klurfeld, D. (2016). Fructose: Sources, Metabolism, and Health. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00332-9>
23. Yilsay, T. Ö., Yilmaz, L., Bayazit, A. A. (2005). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222(1–2), 171–175. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0018-x>
24. Azari-Anpar, M., Khomeiri, M., Ghafouri-Oskuei, H., Aghajani, N. (2017). Response surface optimization of low-fat ice cream production by using resistant starch and maltodextrin as a fat replacing agent. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1175–1183. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2492-0>
25. García-Segovia, P., Iborra-Bernad, C., Andrés-Bello, A., González-Carrascosa, R., Barreto-Palacios, V., Bretón-Prats, J. et al. (2013). Replacing sugar in ice cream: Fruit up® as a substitute. *Journal of Culinary Science and Technology*, 11(2), 155–164. <https://doi.org/10.1080/15428052.2013.769865>
26. Pon, S. Y. Lee, W. J., hean Chong, G. (2015). Textural and rheological properties of stevia ice cream. *International Food Research Journal*, 22(4), 1544–1549.
27. Mayangsari, A. S., Wahyuni, L. S., Evanuarini, H., Purwadi, P. (2019). Characteristic ice cream using stevia (stevia rebaudiana) leaf powder as natural sweetener. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 7(2), 600–606. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.7.2.29>
28. Khan, S., Rustagi, S., Choudhary, S., Pandey, A., Khan, M. K., Kumari, A., Singh, A. (2018). Sucralose and maltodextrin – An alternative to low fat sugar free ice-cream. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 11(1), 136–143. <https://doi.org/10.21786/bbrc/11.1/19>
29. Ozdemir, C., Arslaner, A., Ozdemir, S., Allahyari, M. (2015). The production of ice cream using stevia as a sweetener. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7545–7548. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1784-5>
30. Isik, U., Boyacioglu, D., Capanoglu, E., Nilufer Erdil, D. (2011). Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1647–1656. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3280>
31. Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Raposo, A. (2020). Maltitol: Analytical determination methods, applications in the food industry, metabolism and health impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145227>
32. Whelan, A. P., Vega, C., Kerry, J. P., Goff, H. D. (2008). Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(9), 1520–1527. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01502.x>
33. Richards, A. B., Krakowka, S., Dexter, L. B., Schmid, H., Wolterbeek, A. P. M., Waalkens-Berendsen, D. H. et al. (2002). Trehalose: A review of properties, history of use and human tolerance, and results of multiple safety studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40(7), 871–898. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(02\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(02)00011-X)
34. Moriano, M. E., Alamprese, C. (2017). Honey, trehalose and erythritol as sucrose- alternative sweeteners for artisanal ice cream. A pilot study. *LWT- Food Science and Technology*, 75, 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.057>
35. Tvorogova, A. A., Landikhovskaya, A. V., Kazakova, N. V., Zakirova, R. R., Pivtsaeva, M. M. (26–29 February, 2020). *Scientific and practical aspects of trehalose contain in ice cream without sucrose*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials, Voronezh, Russian Federation, 640, 052017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/5/052017>
36. Landikhovskaya, A. V., Tvorogova, A. A., Kazakova, N. V., Gursky I. A. (2020). The effect of trehalose on dispersion of ice crystals and consistency of low-fat ice cream. *Food Processing: Techniques and Technology*, 50(3), 450–459. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-450-459> (in Russian)

37. BeMiller, J. N. (2019). Oligosaccharides. Chapter in a book: Carbohydrate Chemistry for Food Scientists, 49–74. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812069-9.00003-0>
38. Abbasi, S., Saeedabadian, A. (2015). Influences of lactose hydrolysis of milk and sugar reduction on some physical properties of ice cream. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 367–374. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1011-1>
39. Hashim, I. B., Al Shamsi, K.S. (2016). Physiochemical and sensory properties of ice-cream sweetened with date syrup. *MOJ Food Processing & Technology* 2(3), 91–95. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.02.00038>
40. Sun-Waterhouse, D., Edmonds, L., Wadhwa, S. S., Wibisono, R. (2013). Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International*, 50(2), 647–656. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.030>
41. Buriti, F. C.A., Bedani, R., Saad, S. M. I. (2016). Probiotic and prebiotic dairy desserts. Chapter in a book: Probiotics, Prebiotics, and Synbiotic. 345–360. Akademik Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00023-X>
42. Arslaner, A., Ali Salik, M. (2020). Functional ice cream technology. *Akademik Gıda*, 18, 180–189. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758835>
43. López-Martínez, M.I., Moreno-Fernández, S., Miguel, M. (2021). Development of functional ice cream with egg white hydrolysates. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, Article 100334. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100334> (unpublished data)
44. Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorrentino, E., Panfil, G. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4555–4564. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-335>
45. Kanta, A., Soukoulis, C., Tzia, C. (2018). Eliciting the sensory modalities of fat reformulated Yoghurt ice cream using oligosaccharides. *Food and Bioprocess Technology*, 11(4), 885–900. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2064-y>
46. Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Sousa, A. L. O. P., Faria, J. A. F., Saad, S. M. I. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42(9), 1233–1239. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020>
47. Ayar, A., Sıramaz, H., Öztürk, S., Öztürk Yılmaz, S. (2017). Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 174–182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12387>
48. Akalin, A. S., Kesen, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E., Kinik, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 37–46. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>
49. Davidson, R. H., Duncan, S. E., Hackney, C. R., Eigel, W. N., Boling, J. W. (2000). Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 666–673. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74927-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74927-7)
50. Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Capato, L. P., Abud, Y. K. D. et al. (2017). Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*, 35, 564–573. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.004>
51. McGhee, C. E., Jones, J. O., Park, Y. W. (2015). Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. *Small Ruminant Research*, 123(2–3), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.12.002>
52. Senaka Ranadheera, C., Evans, C. A., Adams, M. C., Baines, S. K. (2013). Production of probiotic ice cream from goat's milk and effect of packaging materials on product quality. *Small Ruminant Research*, 112(1–3), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.12.020>
53. Başyigit, G., Kuleşan, H., Karahan, A. G. (2006). Viability of human-derived probiotic lactobacilli in ice cream produced with sucrose and aspartame. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 33(9), 796–800. <https://doi.org/10.1007/s10295-006-0128-x>
54. Goff, H. D. (2013). Fibre-enriched dairy products. Chapter in a book: Fibre-Rich and Wholegrain Foods, 311–328. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.4.311>
55. 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>
56. Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52–55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.02.040>
57. Goff, H. D. (2016). Milk proteins in ice cream. Chapter in a book: Advanced Dairy Chemistry, 329–345. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_13
58. Devaraj, S. (2015). High-protein frozen desserts. *Journal of Renal Nutrition*, 25(4), e23–e29. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2015.04.001>
59. 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72208-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72208-1)
60. Aboulfazli, F., Baba, A. S., Misran, M. (2014). Effect of vegetable milks on the physical and rheological properties of ice cream. *Food Science and Technology Research*, 20(5), 987–996. <https://doi.org/10.3136/fstr.20.987>
61. Shrestha, M., Maskey, B. (2018). Effects of soymilk and milk solid not fat on soy ice cream quality. *Himalayan Journal of Science and Technology*, 2, 41–47. <https://doi.org/10.3126/hijost.v2i0.25842>
62. Heenan, C. N., Adams, M. C., Hosken, R. W., Fleet, G. H. (2004). Survival and sensory acceptability of probiotic microorganisms in a nonfermented frozen vegetarian dessert. *LWT – Food Science and Technology*, 37(4), 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.11.001>
63. 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
64. Kasprzyk, I., Markowska, J., Polak, E. (2016). Effect of microbial transglutaminase on ice cream heat resistance Properties – a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(3), 227–231. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0037>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Ланди́ховская Анна Валенти́новна — аспирант, младший научный сотрудник, лаборатория технологии мороженого, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 109316, г. Москва, ул. Костякова, д. 12 Тел.: +7-499-976-09-63 E-mail: anna.landih@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5881-2309 * автор для контактов	Anna V. Landikhovskaya — Postgraduate Student, Junior Researcher, Ice cream technology laboratory, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12 Kostyakova str., 127422, Moscow, Russia Tel.: +7-499-976-09-63 E-mail: anna.landih@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5881-2309 * corresponding author
Творогова Антонина Анатольевна — доктор технических наук, доцент, исполняющий обязанности директора, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 109316, г. Москва, ул. Костякова, д. 12 Тел.: +7-499-976-09-63 E-mail: antvogova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7293-9162	Antonina A. Tvorogova — doctor of technical sciences, docent, acting Director, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry Tel.: +7-499-976-09-63 E-mail: antvogova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7293-9162
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest