

ВЛИЯНИЕ СКВАШЕННОЙ МОЛОЧНОЙ ОСНОВЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОРОЖЕНОГО И КИСЛОМОЛОЧНЫХ ВЗБИТЫХ ДЕСЕРТОВ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Антонина Анатольевна Творогова, д-р техн. наук, главный научный сотрудник

E-mail: antvorogova@yandex.ru

Игорь Алексеевич Гурский, канд. техн. наук, младший научный сотрудник**Наталья Владимировна Казакова**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова, г. Москва

В связи с развитием тенденции потребления продуктов для здорового питания актуально производство мороженого и замороженных десертов с использованием кисломолочной продукции. Целью исследования являлось определение влияния сквашенной молочной основы на показатели качества мороженого с высоким содержанием жира, а так же замороженных и размороженных взбитых кисломолочных десертов. Установлено, что введение 30 % йогурта в мороженое на молочной основе с содержанием жира 12 % приводит к незначительному снижению дисперсности воздушной фазы и кристаллов льда по сравнению с традиционным продуктом, а также к более быстрому (в 2 раза) достижению предельно допустимого значения анизидинового числа. В десертах, изготовленных из предварительно сквашенной молочной основы, произошло увеличение значений показателей консистенции продукта: динамической вязкости смеси в 50,0 раз, твердости в 1,7 раз, кажущегося модуля в 2,0 раза и клейкости в 11,5 раз. В размороженных десертах присутствие сквашенной молочной основы положительно сказалось на дисперсности воздушной фазы при хранении более 6 ч. Средний диаметр воздушных пузырьков через 24 ч в кисломолочных десертах был в 1,5 раза меньше чем в молочных. Результаты исследований показали, что при использовании кисломолочной основы в производстве мороженого и десертов, изготавливаемых по технологии мороженого, необходимо учитывать ее влияние на консистенцию, дисперсность структурных элементов и устойчивость жировой фазы к окислению. В дальнейшем целесообразно проведение исследований по установлению окислительной стабильности жировой фазы в мороженом и взбитых десертах в зависимости от массовой доли жира в продуктах, их кислотности и взбитости.

Ключевые слова: мороженое, десерт, йогурт, дисперсность, анизидиновое число, консистенция, прочность структуры**Для цитирования:** Творогова, А. А. Влияние сквашенной молочной основы на показатели качества мороженого и кисломолочных взбитых десертов / А. А. Творогова, И. А. Гурский, Н. В. Казакова // Молочная промышленность. 2024. № 6. С. 54–58. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-6-14>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известны различные технологии замороженных и размороженных взбитых продуктов с использованием сквашенной молочной основы. Кисломолочное мороженое производят путем заквашивания молочной основы или введения в нее кисломолочных продуктов [1]. Особенностью состава кисломолочного мороженого является сравнительно невысокое содержание жира, допускается не более 7,5 %, но производят чаще всего продукт с содержанием жира не более 4 %. Свойства кисломолочного мороженого включая термо- и формоустойчивость, в значительной степени зависят от количества сквашенной основы [2]. Существует технология кисломолочных десертов, употребляемых в замороженном и размороженном состоянии [3]. В этом случае особое внимание уделяется стабилизации структуры, учитывая необходимость ее сохранения в размороженном виде [4]. Все эти продукты изготавливают по технологии мороженого, предусматривающей единовременное проведение процессов насыще-

ния воздухом и частичного замораживания во фризере специально приготовленной смеси. Взбивание как процесс принудительного насыщения продукта воздухом играет важную роль в изготовлении многих пищевых продуктов, включая замороженные десерты [5]. В зависимости от состава продукта, температуры его выгрузки из фризера дисперсность воздушной фазы различается [6]. Насыщенные воздухом продукты характеризуются кремообразной консистенцией. Взбитая структура облегчает пищеварение благодаря улучшению доступа фермента к субстратам [7]. Процесс формирования кристаллов льда и их дисперсность отражаются на состоянии молочнокислых микроорганизмов в готовом продукте. При этом клетки молочнокислых микроорганизмов могут повреждаться и даже разрушаться [8].

Наличие в мороженом и десертах сквашенной основы также оказывает положительное влияние на консистенцию и структуру этих продуктов. В процессе сквашивания происходит образование молочной кис-

лоты, в результате чего снижается pH среды, что ведет к разворачиванию, денатурации и агрегации белковых молекул [9]. Изменение структуры белков вызывает увеличение вязкости смеси с образованием гелей при их взаимодействии с водой [10], что оказывает влияние на процессы фризирования, консистенцию и дисперсность структурных элементов мороженого и десертов. Консистенция этих продуктов становится гладкой и кремообразной даже при низком содержании жира (менее 3 %). Изменение структурных элементов в процессе размораживания влияет на показатели текстуры, к которым относят твердость, липкость, адгезионная сила, кажущийся модуль и другие [11–13]. В частности, при повышении температуры кристаллы льда в той или иной степени плавятся, кроме того, при хранении в условиях стационарных температур, подвергаются перекристаллизации [14]. При изменении дисперсности структурных элементов показатели твердость, липкость, модуль упругости, жесткость, адгезионная сила изменяются [15].

Учитывая влияние сквашенной молочной основы и пользу кисломолочных продуктов для здоровья, отдельные изготовители мороженого вводят их в традиционное мороженое, в частности пломбир, характеризующийся высоким содержанием жира. Однако, исследование влияния кисломолочных продуктов на показатели качества мороженого, в частности на окислительную стабильность жировой фазы, не проводилось. **Целью исследований** являлась оценка влияния кисломолочной основы на показатели качества мороженого пломбир, как наиболее производимую разновидность, и взбитых кисломолочных десертов в замороженном и размороженном состоянии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований являлись:
 образец 1 – мороженое пломбир с йогуртом с содержанием жира 12 %;
 контроль 1 – мороженое пломбир без йогурта с содержанием жира 12 %;
 образец 2 – замороженный взбитый кисломолочный десерт на сквашенной молочной основе с содержанием жира 2,5 %;
 контроль 2 – замороженный взбитый десерт на молочной основе с содержанием жира 2,5 %.

Мороженое и десерты были изготовлены в условиях экспериментальной лаборатории. В качестве сырья использовали молоко цельное (массовая доля жира 3,2 %), масло сливочное (массовая доля жира 82,5 %),

Источник изображения: freepik.com



молоко сухое обезжиренное (COMO 95 %). Стабилизационная система для мороженого пломбир представляла собой комплексную пищевую добавку (эмульгатор моно- и диглицериды жирных кислот, гуаровая камедь, карбоксиметицеллюлоза натриевая соль и каррагинан). Для кисломолочных десертов использовали композицию моно- и диглицеридов и желатина. При изготовлении йогурта и кисломолочной основы применяли закваску для йогурта прямого внесения компании ООО «Бекар», состоящую из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Скваживание проводили при температуре 38 °С. При проведении исследований динамическую вязкость смеси определяли на вискозиметре марки «Brookfield DV-II+Pro» с программным обеспечением «Rheocalc V3.1-1», показатели консистенции – на текстурометре «LFRA Texture Analyzer BrookField», дисперсность структурных элементов – с помощью подключенного к ПК светового микроскопа марки «Olympus CX 41» со встроенной фотокамерой. Анизиновое число определяли по ГОСТ 31756-2012, использовали спектрофотометр Apel PD-303S [1–5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показателей качества мороженого пломбир с йогуртом.

Мороженое пломбир с йогуртом и контрольный образец характеризовались содержанием сухих веществ, не менее 36,4 %, в том числе: жира – 12,0 %; COMO – 10,0 %; сахарозы – 14,0 %; стабилизатора – 0,45 %.

Выбор исследуемых показателей качества мороженого определен с учетом влияния на них кислой среды и белка йогурта в коагулированном состоянии. Технологически значимые показатели качества смеси и мороженого пломбир приведены в таблице 1.

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, титруемая кислотность образца 1 (45 °Т) значительно меньше значения этого показателя в изоэлектрической точке, что исключает коагуляцию казеина, вносимого с молочной основой.

Исследование дисперсности структурных элементов кристаллов льда и воздушных пузырьков показало ее высокий уровень. Однако дисперсность этих структурных элементов при использовании йогурта несколько ниже, чем в традиционном продукте, что, вероятно, обусловлено влиянием коагулированного белка йогурта на состояние жировой и воздушной фаз. Как и следовало ожидать, повышенная кислотность среды в пломбире с йогуртом ускорила порчу жировой фазы. Значение показателя «анизидиновое число» 3,95 в этой разновидности было установлено через 3 мес. хранения при температуре минус 18 °С. В пломбире без йогурта значение анизидинового числа 3, характеризующее предел свежести молочного жира, было превышено через 6 мес. хранения при такой же температуре.

Таблица 1
Показатели качества мороженого пломбир

Показатели качества	Значение показателей в мороженом пломбир	
	Образец 1 (с йогуртом)	Контроль 1 (без йогурта)
Титруемая кислотность смеси, °Т	45,3 ± 0,6	20,0 ± 0,6
Активная кислотность, ед.рН	5,7	6,6
Средний размер кристаллов льда, мкм, при хранении:		
1 мес.	35,6 ± 1,7	23,8 ± 0,8
3 мес.	41,3 ± 1,8	28,8 ± 0,6
Средний размер воздушных пузырьков, мкм, при хранении:		
1 мес.	30,4 ± 1,7	26,1 ± 0,8
3 мес.	38,3 ± 1,6	31,6 ± 1,3
Продолжительность хранения до достижения значения анизидинового числа более 3, мес.	3	6

Таким образом, результаты исследований показали, что по совокупности показателей качества мороженого с массовой долей жира 12 % с йогуртом производство этой разновидности продукта возможно, но при условии установления срока годности с учетом показателей окислительной порчи.

Исследование показателей качества замороженных и размороженных десертов. Алгоритм исследования десертов и мороженого пломбир отличался, поскольку низкое содержание жира в десертах в наибольшей степени оказывает влияние на структуру и ее сенсорное ощущение (текстуру). В процессе приготовления смеси для кисломолочных десертов происходит дополнительное структурирование за счет коагуляции белка при сквашивании или внесении ферментированных продуктов. В связи с этим интерес представляла количественная оценка показателей текстуры десертов на молочной и кисломолочных основах и состояние воздушной фазы в размороженном состоянии, поскольку именно этот структурный элемент определяет состояние структуры продукта. Определяли показатели текстуры «твердость», «липкость», «адгезионная сила», «кажущийся модуль» и «восстанавливаемая деформация». Существует взаимосвязь между этими показателями и сенсорными ощущениями. Твердость характеризует прочность структуры продукта под воздействием нагрузки (во время пережевывания)¹. Липкость ощущается, когда продукт помещен между зубами, а восстанавливаемая деформация и модуль упругости указывает на эластичность продукта [13]. На сенсорные ощущения влияют также состояние и размер структурных элементов.

С этой целью были выработаны образцы десертов, характеристика которых представлена в таблице 2.

Образец 2 был изготовлен из смеси, подвергнутой сквашиванию при температуре 38 °С, контроль 2 – из смеси на молочной основе. Оценены представленные в таблицах 3 и 4 физико-химические и структурно-механические показатели качества на различных технологически значимых этапах производства и хранения десертов. Динамическая вязкость смеси и ее активная и титруемая кислотность определены при температуре 24 ± 2 °С, размер кристаллов льда – при темпера-

¹Farhah, A. N. Combination of Sodium Alginate and Kappa-Carrageenan Increases Texture Stability of Spirulina platens is Ice Cream / A. N. Farhah, N. Ekantari // The 3rd International Symposium on Marine and Fisheries Research. Yogyakarta, 2019. E3S Web of Conferences.Vol. 147. 03006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014703006>



Источник изображения: freepik.com

туре не выше минус 18 °С, твердость, клейкость, кажущийся модуль и восстанавливаемая деформация – через 4 ч выдерживания продукта при температуре 4 ± 2 °С (после размораживания).

Установлено, что использование ферментированной смеси при изготовлении десертов в наибольшей степени сказывается на динамической вязкости и показателях консистенции. При проведении ферментации вязкость смеси увеличилась в 50 раз, что связано с денатурацией белка и связыванием влаги. Образовавшаяся матричная сетка создает более прочную структуру, в результате чего повышаются такие показатели консистенции, как твердость, кажущийся модуль и клейкость в 1,7, 2,0 и 11,5 раз соответственно. Восстанавливаемая деформация снизилась в 1,4 раза.

Полученные данные по показателям консистенции кисломолочных десертов свидетельствуют о повышении прочности структуры. Это, вероятно, оказало положительное влияние и на дисперсность воздушной фазы в процессе размораживания (табл. 4)

При оценке состояния дисперсности воздушной фазы в процессе хранения десертов при 4 ± 2 °С значимых различий по этому показателю в течение 6 ч установлено не было. Прочность структуры, сформированной белковой матрицей в образце на кисломолочной основе, проявилась в более высокой по сравнению с образцом на молочной основе дисперсности воздушной фазы в размороженном десерте через 8 и 24 ч хранения продукта. Через 24 ч средний диаметр пузырьков воздуха в размороженных десертах на сквашенной основе был меньше почти в 1,5 раза, чем в десертах на молочной основе.

Таблица 2
Характеристика исследуемых образцов десерта

Составные части десертов	Массовая доля составных частей десертов, %	
	Образец 2 (на сквашенной молочной основе)	Контроль 2 (на молочной основе)
Молочный жир	2,5	2,5
Сухой обезжиренный молочный остаток	11,0	11,0
Фруктоза	10,0	10,0
Стабилизатор-гелеобразователь	1,3	1,3
Пищевое волокно	6,0	6,0
Мальтодекстрин	2,0	2,0
Закваска	0,02	–

Таблица 3
Показатели качества смеси и десертов на молочной и кисломолочных основах

Показатель	Образец 2 (на сквашенной молочной основе)	Контроль 2 (на молочной основе)
Динамическая вязкость смеси, Па·с	$5,1 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,02$
Взбитость, %	$86,3 \pm 4,5$	$87,8 \pm 3,2$
Титруемая кислотность мороженого, °Т	$86,3 \pm 1,8$	$26,6 \pm 1,3$
Активная кислотность мороженого, рН	4,7	6,5
Размер кристаллов льда, мкм	$36,4 \pm 15,5$	$36,4 \pm 13,2$
Твердость, Н	$0,94 \pm 0,14$	$0,55 \pm 0,10$
Клейкость, мДж	$0,34 \pm 0,12$	$0,03 \pm 0,02$
Кажущийся модуль, Н/с	$0,10 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$
Восстанавливаемая деформация, мм	$2,5 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,1$

Таблица 4
Показатели дисперсности воздушной фазы

Время хранения при температуре 4 ± 2 °С, ч	Средний размер пузырьков воздуха в образцах, мкм	
	Образец 2 (на сквашенной молочной основе)	Контроль 2 (на молочной основе)
0	$37,5 \pm 2,2$	$36,3 \pm 2,0$
2	$35,6 \pm 2,1$	$33,3 \pm 2,4$
4	$39,9 \pm 2,7$	$40,5 \pm 3,7$
6	$37,3 \pm 4,2$	$40,4 \pm 3,8$
8	$42,9 \pm 4,2$	$50,1 \pm 4,6$
24	$48,7 \pm 5,3$	$69,2 \pm 6,5$

Выводы

Результаты исследований показали, что внесение в мороженое пломбир кисломолочной основы в виде йогурта оказывает влияние на дисперсность кристаллов льда и воздушной фазы и ускоряет процесс окислительной порчи жира. Использование сквашенной молочной основы в производстве десертов приводит к увеличению динамической вязкости смеси и прочности структуры готового продукта и повышению стабильности

воздушной фазы при хранении в размороженном состоянии. Учитывая рост спроса потребителей на мороженое и взбитые десерты с использованием кисломолочной основы, необходимо продолжить исследования по изучению показателей, характеризующих состояние консистенции. Интерес представляет также изучение окислительной стабильности жировой фазы вследствие непосредственного ее контакта с воздушной фазой и незамороженной водой в кислой среде. ■

EFFECT OF FERMENTED MILK BASE ON QUALITY INDICATORS OF ICE-CREAM AND FERMENTED WHIPPED DAIRY DESSERTS

Antonina A. Tvorogova, Igor A. Gurskiy, Natalia V. Kazakova

All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry, Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Russian Academy of Sciences, Moscow

ORIGINAL ARTICLE

Fermented ice-cream and dairy desserts are a healthy alternative to traditional sweets. However, the fermented milk base may affect the quality of high-fat ice-cream and frozen or defrosted whipped fermented desserts. In this study, adding 30% yogurt to the traditional ice cream with 12% fat led to a marginal decrease in the dispersion of air phase and ice crystals. In addition, the permissible anisidine value was reached twice as fast as in the control sample. The experimental fermented desserts demonstrated an increase in such consistency indices as dynamic viscosity (50 times), hardness (1.7 times), apparent module (2 times), and stickiness (11.5 times). The defrosted fermented desserts showed a better air-phase dispersion after 6 h of storage. The average diameter of air bubbles in the fermented milk desserts was 1.5 times as small as in milk after 24 h. The fermented milk base proved commercially feasible for ice-cream and ice-cream desserts. However, producers have to consider its effect on the consistency, dispersion, and fat oxidation. Further research will feature the effect of fat mass fraction, acidity, and overrun on the fat-phase oxidation in ice-cream and whipped desserts.

Keywords: ice-cream, dessert, yogurt dispersion, anisidine value, consistency, structural strength

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Творогова, А. А. Влияние количества ферментированной основы на показатели качества кисломолочного мороженого с использованием йогурта / А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Е. А. Крюковских, Е. Р. Жаркова // Молочная промышленность. 2016. № 11. С. 46–47. <https://elibrary.ru/wwuqsb>
2. Творогова, А. А. Влияние коагуляции белка на термической устойчивости кисломолочного мороженого / А. А. Творогова, Т. А. Медведева, А. В. Ландиховская // Холодильная техника. 2020. № 1. С. 42–44. <https://elibrary.ru/jlwrqj>
3. Творогова, А. А. Особенности технологии обогащенных взбитых кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном состоянии / А. А. Творогова, И. А. Гурский, Н. В. Казакова, И. А. Королев // Молочная промышленность. 2023. № 5. С. 90–93. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-19>; <https://elibrary.ru/bmyjqo>
4. Гурский, И. А. Микроструктурные и микробиологические показатели замороженных кисломолочных взбитых десертов при хранении / И. А. Гурский, А. А. Творогова // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 84–90. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.011>; <https://elibrary.ru/zcpqgc>
5. Гурский, И. А. Влияние технологических факторов на воздушную фазу взбитых кисломолочных десертов / И. А. Гурский, А. А. Творогова // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53, № 1. С. 1–12. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2410>; <https://elibrary.ru/auqpcpd>
6. Giudici, P. A. Mathematical Modeling of Freezing Process in the Batch Production of Ice Cream / P. Giudici [et al.] // Foods. 2021. Vol. 10(2). 334. <https://doi.org/10.3390/foods10020334>
7. Bikos D. A. Effect of micro-aeration on the mechanical behaviour of chocolates and implications for oral processing / D. A. Bikos [et al.] // Food & function. 2021. Vol. 12(11). P. 4864–4886. <https://doi.org/10.1039/d1fo00045d>
8. Kemsawasd, V. Effects of Frozen Storage on Viability of Probiotics and Antioxidant Capacities of Synbiotic Riceberry and Sesame-Riceberry Milk Ice Creams / V. Kemsawasd, P. Chaikham // Current Research in Nutrition and Food Science Journal. 2020. Vol. 8(1). P. 107–121. <http://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.10>
9. Tarhan, Ö. Effect of Fermentation on the Milk Allergen Proteins During Yogurt-making / Ö. Tarhan, A. Kaya, M. Gözler // Usak University Journal of Engineering Sciences. 2021. Vol. 4(2). P. 94–103. <http://doi.org/10.47137/uujes.1032643>
10. Dahlan, H. A. The interaction effect of mixing starter cultures on homemade natural yogurt's pH and viscosity / H. A. Dahlan, N. A. Sani // International Journal of Food Studies. 2017. Vol. 6(2). P. 152–158. <https://doi.org/10.7455/ijfs/6.2.2017.a3>
11. Srinu, D. Physico-chemical and Texture Analysis of Ice Cream Prepared by Incorporating Various Spices / D. Srinu, D. Baskaran, R. P. Dorai // Asian Journal of Dairy and Food Research. 2021. Vol. 41(1). P. 28–32. <http://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1715>
12. Buriti, F. C. Effects of refrigeration, freezing and replacement of milk fat by inulin and whey protein concentrate on texture profile and sensory acceptance of synbiotic guava mousses / F. C. Buriti, I. A. Castro, S. M. Saad // Food Chemistry. 2010. Vol. 123(4). P. 1190–1197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.085>
13. Shirvani, M. Measurement and evaluation of the apparent modulus of elasticity of apple based on Hooke's, Hertz's and Boussinesq's theories / M. Shirvani, D. Ghanbarian, M. Ghasemi-Varnamkhashti // Measurement. 2014. Vol. 54. P. 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.04.014>
14. Lomolino, G. Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation / G. Lomolino [et al.] // International Dairy Journal. 2020. Vol. 100. 104557. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104557>
15. Atallah, A. A. Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and spirulina / A. A. Atallah, O. M. Morsy, D. G. Gemiel // International Journal of Food Properties. 2020. Vol. 23(1). P. 1678–1691. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1823409>