

КОНСИСТЕНЦИЯ И СТРУКТУРА МОЛОКОСОДЕРЖАЩЕГО МОРОЖЕНОГО С КОНЦЕНТРАТАМИ БЕЛКОВ И КАМЕДЯМИ*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Анна Валентиновна Ландиховская, канд. техн. наук, научный сотрудник

E-mail: anna.landih@yandex.ru

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

E-mail: antvorogova@yandex.ru

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

Молокосодержащее мороженое – продукт с пониженным содержанием сухого обезжиренного молочного остатка, что отрицательно сказывается на состоянии его консистенции и структуры. Целью исследований являлось изучение влияния на консистенцию и структуру молокосодержащего мороженого совместного использования концентратов молочных и сывороточных белков и композиций эффективных полисахаридов на базе камедей гуаровой, ксантановой и тары, а также каппа каррагинана. В качестве контроля применяли традиционное молочное мороженое. Использовали реологические, микроструктурные и термостатические методы исследований. Установлено, что совместное использование комплексных пищевых добавок на основе камедей и концентратов белков обеспечило необходимый уровень вязкости смесей для мороженого. Наилучшие показатели динамической вязкости, превышающие значения контрольного образца в 2,2 раза, достигнуты при использовании концентратов белков и композиций камедей гуаровой и ксантановой. Выявлено, что совместное использование концентратов белков и камедей в молокосодержащем мороженом приводит к снижению твердости продукта в 1,4–2,0 раза, позволяет достичь высокой дисперсности кристаллов льда и воздушной фазы, сопоставимой с показателями традиционного мороженого. Однако, в образцах с концентратами сывороточных белков и камедями гуаровой и ксантановой после непродолжительного хранения происходит заметное снижение (в 1,5 раза) дисперсности воздушной фазы. Отмечено, что при использовании стабилизаторов на основе камедей и концентрата молочных белков термоустойчивость мороженого выше, а при использовании сывороточных ниже, чем в контрольном образце. В целом результаты исследований показали эффективность использования в производстве молокосодержащего мороженого концентратов молочных и сывороточных белков и композиций камедей гуаровой и ксантановой или тары в составе стабилизационных систем.

Ключевые слова: мороженое, гуаровая камедь, ксантановая камедь, камедь тары, концентрат сывороточного белка, концентрат молочного белка, реологические показатели, структурные элементы

Для цитирования: Ландиховская А. В. Консистенция и структура молокосодержащего мороженого с концентратами белков и камедями / А. В. Ландиховская, А. А. Творогова // Молочная промышленность. 2024. № 3. С. 22–27. <https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-3-2>

ВВЕДЕНИЕ

Молокосодержащее мороженое – новая разновидность продукта с содержанием сухих веществ молока не менее 20 %¹. Максимальное содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) в этом продукте составляет 6 %, белка – около 2 %, что приводит к формированию более плотной консистенции мороженого по сравнению с традиционными разновидностями. Важно при обосновании компонентного состава молокосодержащего мороженого разработать технические решения, позволяющие сохранить для потребителей привычную консистенцию этого продукта. Это возможно путем модификации белкового состава и применения эффективных стабилизационных систем, поскольку белки и стабилизаторы характеризуются пенообразующими и водосвязывающими свойствами.

Известно, что состав мороженого включает жир, СОМО, сахар и/или подсластители, стабилизаторы, эмульгаторы и воду [1]. Молочный жир влияет на вкус и консистенцию мороженого [2, 3]. Белки и полисахариды, взаимодействуя с водой, непосредственно влияют на консистенцию мороженого (твердость и кремообразность). Полисахариды в мороженом используются не только как загустители, но и как компоненты, создающие сенсорное ощущение присутствия жира из-за способности образовывать вязкие среды, создающие подобные жиру «гладкие» субстанции [4]. Основным источником белка в мороженом является СОМО. СОМО вносится в продукт за счет сухого обезжиренного молока [5], однако при его снижении для восполнения сухих вещества молока рационально использовать молочные белковые концентраты. При этом необходимо учитывать, что

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

¹Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2011 «О безопасности молока и молочной продукции» (с изменениями на 23 сентября 2022 года). Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 октября 2013 года № 67.

Источник изображения: Freepik.com



использование концентратов вызывает изменение соотношения сывороточных белков и казеина, приводит к снижению содержания лактозы и минеральных солей, что в дальнейшем может оказать влияние на качество мороженого [6]. Концентрат сывороточного белка (КСБ) в мороженом может быть использован в качестве заменителя жира, поскольку обладает необходимыми функциональными свойствами. Он применяется как дополнительный водосвязывающий компонент для стабилизации структуры, а также в качестве пенообразователя и эмульгатора. Связывание воды в мороженом необходимо для предотвращения формирования грубой кристаллической структуры [7]. Концентрат молочного белка (КМБ) обладает эмульгирующими свойствами, пенообразующей способностью, характеризуется термостабильностью и оказывает влияние на вязкость [8].

Белки и полисахариды взаимодействуют между собой химически через ковалентные связи или физически за счет электростатических взаимодействий [9], благодаря чему могут влиять на свойства друг друга [10]. Для стабилизации структуры мороженого чаще всего применяется не менее трех гидрокolloидов, совместное использование которых позволяет улучшить технологические свойства друг друга. В состав почти всех стабилизационных систем входит каррагинан, в частности каппа фракция, которая препятствует расслоению продукта.

В связи с доступностью в последнее время, интерес для использования в мороженом представляют камеди гуаровая, ксантановая и тара. Гуаровая камедь хорошо известна как дешевый и эффективный полисахарид. В последнее время в составе стабили-

зационных систем она часто является доминирующим стабилизатором. Но больше всего известны эффективные композиции камедей рожкового дерева и гуаровой [5]. Из-за сложностей приобретения камеди рожкового дерева и ее высокой стоимости практический интерес представляют композиции камедей гуаровой с ксантановой или тары. Ксантановая камедь образует комплексы с галактоманнанами и глюкоманнанами [11]. Камедь тары можно использовать для замены камедей рожкового дерева и гуаровой, ее применяют в качестве загустителя и стабилизатора [12]. Важным ингредиентом в составе стабилизационных систем является эмульгатор, позволяющий проводить в мороженом управляемую частичную дестабилизацию жировых частиц [13].

Целью проводимых исследований являлось экспериментальное обоснование влияния на консистенцию и структуру молокосодержащего мороженого концентратов молочных и сывороточных белков и эффективных полисахаридов камедей (гуаровой, ксантановой и тары) и каппа каррагинана.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения показателей качества мороженого применяли стандартные методы исследований [14]: реологические с использованием вискозиметра Brookfield DV-II + Pro при определении динамической вязкости и текстурометра Brookfield LFRA Texture Analyzer при исследовании твердости. Скорость таяния определяли по методике ВНИХИ. Изучение микроструктурных показателей мороженого проводили с использованием микроскопа Olympus CX-41, замораживающего столика с дальнейшей

обработкой данных в программе ImageScope. Обработку полученных данных производили с использованием программ Excel, Past и Statistica.

Молокосодержащее мороженое с содержанием жира 4 % и СОМО 3 % готовили в соответствии с рецептурами, приведенными в таблице 1. Содержание сухих веществ молока в мороженом за счет молочного жира и СОМО восполнено на 23 %, дополнительное введение концентратов молочного белка в количестве 3 % (2,8 % по сухому веществу) позволило увеличить этот показатель до 33 %. В качестве контроля использовали традиционное молочное мороженое с широко применяемой стабилизационной системой торговой марки «Кремодан».

Состав стабилизационных систем приведен в таблице 1. В каждой из композиций гидроколлоидов, за исключением контроля, использовано сочетание двух камедей гуаровой с ксантановой и гуаровой с тарой. Для восполнения общих сухих веществ был использован мальтодекстрин, как технологически нейтральный и доступный ингредиент.

Таблица 1

Характеристика состава экспериментальных образцов молокосодержащего мороженого

Показатели состава молокосодержащего мороженого	Образцы				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	контроль
Общее содержание сухих веществ, %, не менее, в т. ч.	29,5	29,5	29,5	29,5	30,0
массовая доля молочного жира, %, не менее	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
массовая доля СОМО, %, не менее	3,0	3,0	3,0	3,0	10,0
массовая доля сахарозы, %, не менее	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
массовая доля концентрата молочного белка, %, не менее	2,8	2,8	–	–	–
массовая доля концентрата сывороточного белка, %, не менее	–	–	2,8	2,8	–
массовая доля мальтодекстрина, %, не менее	3,8	3,8	3,8	3,8	–
массовая доля стабилизатора-эмульгатора (моно- и диглицериды жирных кислот, гуаровая камедь, ксантановая камедь, каррагинан), %, не менее	0,66	–	0,66	–	–
массовая доля стабилизатора-эмульгатора (моно- и диглицериды жирных кислот, гуаровая камедь, камедь тары, каррагинан), %, не менее	–	0,66	–	0,66	–
массовая доля стабилизатора-эмульгатора Cremodan 334 (моно- и диглицериды жирных кислот, гуаровая камедь, карбоксиметилцеллюлоза, каррагинан), %, не менее	–	–	–	–	0,66

Таблица 2

Реологические показатели смеси и мороженого

Наименование показателя	Образцы				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	контроль
Динамическая вязкость смеси после созревания, мПа·с при 0,83 с ⁻¹	560,0 ± 44,4	249,8 ± 13,3 ^b	476,5 ± 23,9	268,2 ± 19,0 ^b	347,6 ± 5,5
Твердость, г	320,0 ± 60,6	231,4 ± 59,6	285,6 ± 42,7	411,4 ± 97,2	589,1 ± 77,5

Примечание: значения с одинаковой буквой в одном ряду не имеют статистически значимых различий ($p > 0,05$)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мороженое готовили на экспериментальном стенде, позволяющем воспроизвести все стадии производственного процесса. Пастеризацию смеси проводили при температуре (74 ± 2) °С в течение 10 мин, поскольку при более высокой температуре происходит денатурация сывороточных белков.

Технологически значимые реологические показатели качества смесей и мороженого представлены в таблице 2.

Учитывая, что динамическая вязкость смесей для мороженого определяет состояние консистенции мороженого, из данных таблицы 2 следует, что на уровень динамической вязкости смеси в значительной степени повлияла разновидность стабилизатора, а не вид концентрата белков. При использовании композиций гуаровая + ксантановая камеди и гуаровая + тара камеди, независимо от вида концентрата, значения динамической вязкости отличались в 2,2 и 1,8 раза (больше с ксантановой камедью). Различия в вяз-

кости в зависимости от концентратов белков были незначительными. При использовании ксантановой камеди вязкость в 1,17 раза была выше в сочетании с КМБ, а при использовании гуаровой камеди не отличалась между образцами с различными концентратами ($p > 0,05$). Кроме того, при использовании КМБ и КСБ со стабилизационной системой, содержащей ксантановую камедь, динамическая вязкость смесей была выше, чем в контрольном образце почти в 1,6 и 1,4 раза, что положительно.

Положительно и то, что использование концентратов белков и композиции гуаровой камеди с ксантановой или тарой привело к снижению твердости опытных образцов мороженого по сравнению с контролем. Вероятно, это связано с присутствием карбоксиметилцеллюлозы в составе стабилизационной системы Cremodan 334. При совместном применении КМБ и камедей гуаровой и тары (образец № 2) формируется более мягкая консистенция, чем с камедями гуаровой и ксантановой (образец № 1). Твердость образца № 1 была выше на 38 % по сравнению с образцом № 2. Среди образцов с использованием КСБ наиболее твердым был с камедями гуаровой и тары. Вероятно, это обусловлено различиями во взаимодействии сыровоточных и молочных белков с камедями [9, 10].



Источник изображения: Freerik.com

При фризеровании образца № 2 отмечено повышенное пенообразование, которое может быть обусловлено высоким содержанием казеина в КМБ (соотношение казеина и сыровоточного белка 92/8), что затрудняло выгрузку мороженого из фризера. Казеин обладает хорошей пенообразующей способностью и свойствами эмульгатора. Следовательно, при использовании молочного белка с высоким содержанием казеина необходимы стабилизационные системы со сниженным содержанием эмульгатора.

В значительной степени состояние консистенции и структуры мороженого отражается на термоустойчивости мороженого. На рисунке 1 представлен график зависимости массовой доли плава от продолжительности выдерживания образцов молокосодержащего мороженого в термостате.

Установлено, что на скорость таяния мороженого в большей мере повлиял вид концентрата белка, чем состав стабилизационной системы. Самыми термоустойчивыми образцами были образцы с КМБ, они таяли медленнее, чем образцы контрольный и с КСБ. Через 60 мин термостатирования в образце № 1 образовалось 14 % плава, в № 2 – 16 %. В образцах с КСБ через такой же промежуток времени массовая доля плава составила 21 % (№ 3) и 23 % (№ 4). Различия образцов с КМБ и КСБ по термоустойчивости возможно обусловлены более низкой влагоудерживающей способностью сыровоточных белков [15]. Более медленное плавление образцов с КМБ по сравнению с контрольным можно объяснить более высоким содержанием казеина, характеризующего высокой влагоудерживающей способностью.

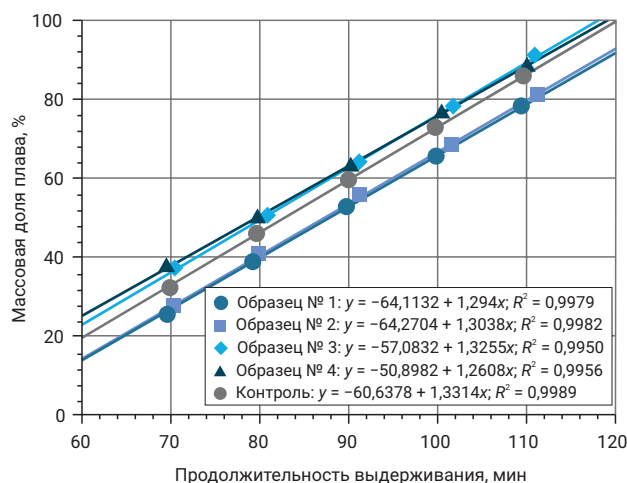


Рисунок 1. Зависимость массовой доли плава от продолжительности выдерживания

При оценке состояния структуры мороженого исследовали дисперсность структурных элементов (воздушных пузырьков и кристаллов льда). Дисперсность воздушной фазы и кристаллов льда оценивали по их содержанию с размером, не превышающим значение 50 мкм, дисперсность кристаллов льда, кроме того, и по среднему наибольшему линейному размеру (рис. 2, табл. 3).

Исследования показали, что по дисперсности воздушной фазы опытные образцы (за исключением образца № 3) не уступают контрольному. Наиболее устойчивая к изменениям воздушная фаза сформировалась в образцах № 2 и № 4 с применением белковых концентратов и камедей гуаровой и тары, в которых доля пузырьков воздуха до 50 мкм снизилась не более, чем на 9 %. В образце с КСБ и камедями гуаровой и ксантановой (№ 3) отмечено снижение доли пузырьков до 50 мкм в 1,5 раза. В образце с КМБ с этими камедями (№ 1) доля пузырьков размером до 50 мкм не изменялась в течение 3 месяцев хранения.

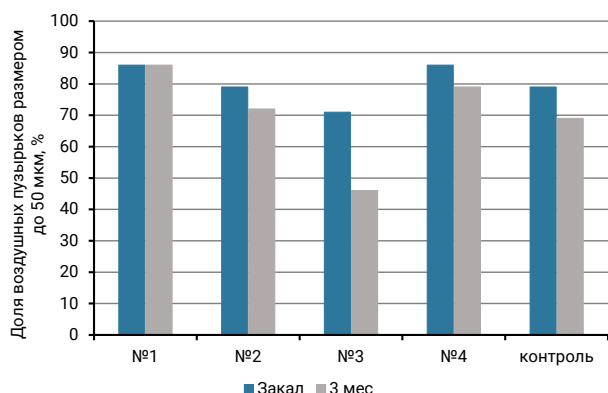


Рисунок 2. Доля воздушных пузырьков в мороженом размером не более 50 мкм



Исследования показали, что по среднему размеру опытные образцы мороженого не уступали контрольному. Через 3 месяца хранения размер кристаллов льда увеличился не более, чем на 6,5 % в образцах № 2 и № 3, на 13 % и 18 % в образцах № 1 и № 4 соответственно, в контроле – на 14 %. Это свидетельствует о том, что по стабильности воздушной фазы молоко-содержащее мороженое не уступает традиционному.

Таблица 3
Показатели дисперсности кристаллов льда

Наименование показателя	Образцы				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	контроль
Закаливание					
Средний размер кристаллов льда, мкм	33,4 ± 0,8	33,3 ± 1,6	33,8 ± 2,1	31,4 ± 2,7	34,2 ± 1,75
Доля размером до 50 мкм, %	92	91	89	94	92
Через 3 месяца хранения					
Средний размер кристаллов льда, мкм	37,9 ± 0,7	36,0 ± 1,4	35,5 ± 0,9	37,0 ± 1,4	39,0 ± 2,5
Доля размером до 50 мкм, %	85	87	88	87	83

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о положительном влиянии на консистенцию и структуру молочкосодержащего мороженого совместного использования концентратов молочных или сывороточных белков и стабилизационных систем с композициями гуаровой камеди

с камедями ксантановой или тары. Совместное использование этих компонентов при сниженном содержании СОМО позволило обеспечить показатели качества готового продукта, характеризующее состояние его консистенции и структуры на уровне, не уступающем или превышающем показатели традиционного молочного мороженого. ■

EFFECT OF PROTEIN AND GUM CONCENTRATES ON MILK ICE-CREAM CONSISTENCY AND STRUCTURE

Anna V. Landikhovskaya, Antonina A. Tvorogova

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

ORIGINAL ARTICLE

Milk-containing ice-cream has a reduced content of milk non-fat solids, which affects its consistency and structure. The research objective was to study the effect of milk and whey protein concentrates on the consistency and structure of milk-containing ice-cream. It also featured effective compositions of polysaccharides based on guar, xanthan, and tara gums. Traditional milk ice-cream served as control. The rheological, microstructural, and thermostatic research methods revealed that complex food additives with gums and protein concentrates improved the viscosity of ice-cream mixes. The sample with protein concentrates and guar and xanthan gums showed the best dynamic viscosity indicators, which exceeded those of the control sample by 2.2 times. The combination of protein and gum concentrates in milk-containing ice-cream reduced its hardness by 1.4–2.0 times. The high dispersion of ice crystals and the air phase were comparable to those of the conventional ice-cream. However, the samples with whey protein concentrates and guar and xanthan gums very soon experienced a significant decrease (1.5 times) in the air phase dispersion. Stabilizers based on gums and milk protein concentrate raised the thermal stability of the final product while whey stabilizers reduced it. Milk and whey protein concentrates, as well as guar, xanthan, and tara gums, proved efficient as part of stabilization systems in milk-containing ice-cream.

Keywords: ice-cream, guar gum, xanthan gum, tara gum, whey protein concentrate, milk protein concentrate, rheological parameters, structural elements

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goff, H. D. Ice Cream and Frozen Desserts: Manufacture / H. D. Goff // Reference Module in Food Science. 2016. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00832-5>
2. Lim, S-Y. High Hydrostatic Pressure Modification of Whey Protein Concentrate for Improved Body and Texture of Lowfat Ice Cream / S-Y. Lim [et al.] // Journal of Dairy Science. 2008. № 91(4). P. 1308–1316. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0391>
3. Rolon, M. L. Effect of fat content on the physical properties and consumer acceptability of vanilla ice cream / M. L. Rolon [et al.] // Journal of Dairy Science. 2017. № 100 (7). P. 5217–5227. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12379>
4. Liu, X. Role of polysaccharide structure in the rheological, physical and sensory properties of low-fat ice cream / X. Liu, G. Sala, E. Scholten // Current Research in Food Science. 2023. № 7. 100531. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100531>
5. Творогова, А. А. Мороженое в России и СССР: теория, практика. Развитие технологий / А. А. Творогова. – СПб: Профессия, 2021. – 249 с.
6. Alvarez, V. B. Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates / V. B. Alvarez [et al.] // Journal of Dairy Science. 2005. № 88 (3). P. 862–871. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72752-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1)
7. Ruger, P. R. Effect of Double Homogenization and Whey Protein Concentrate on the Texture of Ice Cream / P. R. Ruger, R. J. Baer, K. M. Kasperson // Journal of Dairy Science. 2002. № 85 (7). P. 1684–1692. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74241-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74241-0)
8. Khatkar, S. K. Effective strategies for elevating the techno-functional properties of milk protein concentrate / S. K. Khatkar [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2023. № 140 (4). 104169. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104169>
9. Bourouis, I. Recent advances on uses of protein and/or polysaccharide as fat replacers: Textural and tribological perspectives: A review / I. Bourouis, Z. Pang, X. Liu // Journal of Agriculture and Food Research. 2023. № 11. 100519. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100519>
10. Nooshkam, M. Behavior of protein-polysaccharide conjugate-stabilized food emulsions under various destabilization conditions. / M. Nooshkam [et al.] // Food Chemistry: X. 2023. № 18. 100725. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100725>
11. Cui, S. W. The range of dietary fibre ingredients and a comparison of their technical functionality / S. W. Cui, Wu, Y., Ding, H. // Fibre-Rich and Wholegrain Foods. 2013. С. 96–119. <http://doi.org/10.1533/9780857095787.1.96>
12. Mukherjee, K. Food industry applications of Tara gum and its modified forms / K. Mukherjee [et al.] // Food Hydrocolloids for Health. 2023. №3. 100107. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2022.100107>
13. Творогова, А. А. Свойства и влияние эмульгаторов на термоустойчивость мороженого / А. А. Творогова, Н. В. Казакова, А. В. Ландиховская // Холодильная техника. 2018. № 4. С. 46–49. <https://www.elibrary.ru/ounyfx>
14. Ландиховская, А. В. Показатели качества молочного мороженого с цитрусовыми волокнами и камедями / А. В. Ландиховская, А. А. Творогова // Пищевые системы. 2023. № 6 (2). С. 261–268. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-261-268>; <https://www.elibrary.ru/fpjitf>
15. Singh, H. Functional Properties of Milk Proteins / H. Singh // Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). 2011, P. 887–893. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00352-6>