

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНОЙ ЗАМЕНЫ СОМО КОНЦЕНТРАТАМИ И ГИДРОЛИЗАТАМИ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОРОЖЕНОГО ПЛОМБИР

А.А. ТВОРОГОВА¹, Т.В. ШОБАНОВА¹, Н.В. КАЗАКОВА¹, К.А. КАНИНА²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Актуальность исследований обусловлена тенденцией применения в пищевых продуктах (мороженом в частности) концентрированных форм молочного и сывороточных белков для повышения содержания белка и снижения затрат на сырье. Целью работы являлось исследование показателей качества наиболее производимого в России мороженого пломбир с частичной заменой сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) концентратами и гидролизатами сывороточных белков.

Установлено значимое влияние концентратов и гидролизатов сывороточных белков на динамическую вязкость и способность смеси к насыщению воздухом. По сравнению с контрольным образцом вязкость смесей с концентратами сывороточных белков снижалась в 2 раза, смесей с гидролизатами – повышалась не менее чем в 1,5 раза. Способность смеси к насыщению воздухом по показателю взбитости снизилась по сравнению с контролем в 1,9 и 1,6 раза соответственно. При использовании концентратов средний диаметр воздушных пузырьков увеличился в 1,23–1,26 раза по сравнению с контролем. Отмечено отрицательное влияние гидролизатов сывороточных белков на термоустойчивость, положительное влияние – на дисперсность кристаллов льда. Доля плава через 60 мин выдерживания составила 16% при отсутствии его в контроле, а средний размер кристаллов льда был больше в 1,4 раза, чем в контроле.

Концентраты и гидролизаты сывороточных белков при частичной замене сухого обезжиренного молочного остатка в мороженом пломбир оказывают влияние на динамическую вязкость смеси, взбитость и термоустойчивость продукта, а также на дисперсность воздушной фазы и кристаллов льда. В связи с этим результаты исследований могут быть полезны при разработке промышленных технологий мороженого с их применением.

Ключевые слова: мороженое пломбир, замена сухого обезжиренного молочного остатка, концентраты и гидролизаты сывороточных белков.

Введение

Наиболее востребованная российскими потребителями разновидность мороженого пломбир характеризуется высокими потребительскими показателями с самого начала промышленного производства мороженого в нашей стране (30-е гг. прошлого столетия) благодаря сбалансированному химическому составу и высокой массовой доле жира [1].

Мороженое пломбир в России является разновидностью национальной молочной продукции. Его доля составляет не менее 50% от общего объема производства мороженого. Чаще всего массовая доля молочного жира в пломбуре составляет 12% жира, 10% сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) и 14% сахарозы.

В настоящее время по экономическим аспектам часть СОМО заменяют сухой подсырной сывороткой или концентратами сывороточных и молочных белков [3]. Влияние сывороточных белков при замене СОМО может сказаться на показателях

качества готового продукта, поскольку все нутриенты СОМО (белки, лактоза и минеральные соли) характеризуются своими технологическими свойствами и определенным влиянием на органолептические показатели (вкус, структуру и консистенцию) [2, 11]. Кроме того, белок в мороженом выполняет важную роль в формировании оболочек жировых шариков, стабилизации воздушной фазы и структуры продукта в целом [5, 7, 12].

Сывороточные белки широко используются как заменитель жира в молочных продуктах включая мороженое. При сенсорной оценке они могут имитировать присутствие жира и аромат мороженого, что объясняется их способностью взаимодействовать с водой, белками и ароматизаторами. Эти белки благодаря влагоудерживающим свойствам могут оказывать положительное влияние на дисперсность кристаллов льда, тем самым улучшая консистенцию [6, 13, 14, 16].

Установлено, что замена СОМО концентратами молочного белка приводит к увеличению вязкости смеси, повышает термо- и формоустойчивость мороженого [8]. При увеличении массовой доли белка за счет концентратов молочного белка, содержащего 70% белка, на 40–80% по сравнению со стандартным показателем в мороженом изменялись его химические, структурно-механические и микроструктурные показатели. В частности, повышалась дисперсность кристаллов льда [9, 15, 17].

С учетом отмеченного целью работы являлось исследование влияния замены 50% СОМО концентратами и гидролизатами сывороточных белков на показатели качества наиболее производимой в России разновидности мороженого пломбир.

Материал и методы исследований

Объектами исследований служили образцы мороженого пломбир с массовыми долями жира 12% и сухого обезжиренного молочного остатка 5%. Содержание белка в продукте составляло 5%, из них концентратов и гидролизатов сывороточных белков – 3,3%.

Концентрат сывороточного белка «WPC80» Mlekovita (белка – не менее 80%) – КСБ – получен в процессе сушки сыворотки после удаления небелкового компонента из жидкой пастеризованной молочной сыворотки.

Гидролизат сывороточного белка Prodiet S25 (белка – не менее 76%) – ГСБ – произведен путем гидролиза нативного изолята сывороточного белка, степень гидролиза составляла 25%.

Использованы методы: ротационной вискозиметрии для контроля динамической вязкости; микроструктурные – для изучения дисперсности воздушной фазы и кристаллов льда; методы термостатирования – для определения термоустойчивости продукта.

Для оценки динамической вязкости смесей для мороженого использовали вискозиметр марки «Brookfield DV-II+Pro» с программным обеспечением Rheocalc V3.1-1(США), с использованием шпинделя SC4-31 и кюветы объемом 10 см³ при постоянной температуре (4±1)°С. Взбитость мороженого определяли по ГОСТ 31457–2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия». Термоустойчивость мороженого исследовали по методике ВНИХИ. Метод определения устойчивости образцов к таянию основан на измерении массовых долей плава мороженого, образующегося за определенный промежуток времени под воздействием температуры (20±0,5)°С. С этой целью использовали термостат и электронные весы с допускаемой абсолютной погрешностью ±1 г. Полученные данные обрабатывали, рассчитывали массу плава и массовую долю плава в каждый фиксируемый момент.

Микроскопические исследования: 1. Состояние и дисперсность воздушной фазы. Метод основан на визуальной оценке микрофотографий, определении размеров

воздушных пузырьков и математическом расчете среднего диаметра. Исследования проводили с помощью светового микроскопа марки «Olympus CX 41» (со встроенной фотокамерой), увеличение составляло $\times 100$. 2. Состояние и дисперсность кристаллов льда. Метод включает в себя микрофотографирование объектов исследования встроенной фотокамерой светового микроскопа при температуре не выше минус 18°C на термо- криосталике марки «PE120», с последующим определением размеров кристаллов льда и математическим расчетом, увеличение составляло $\times 100$. Для каждого образца проводили 8–10 фотоснимков.

Степень достоверности результатов подтверждается проведением экспериментальных исследований не менее чем в 3-кратной повторности, использованием современных методов исследований, статистической обработкой данных при достоверной вероятности не менее 0,95.

Результаты и их обсуждение

На первой стадии исследований были обоснованы ассортимент белков для замены СОМО и их массовая доля. Предпочтение отдано концентратам (КСБ) и гидролизатам (ГСБ) сывороточных белков, обладающих по сравнению с другими концентрированными формами белков наибольшей биологической ценностью [9]. С учетом влияния концентратов сывороточных белков на состояние оболочек жировых шариков [6] было решено не устанавливать суммарную массовую долю белков более 5%. В связи с этим дополнительно до уровня замены 50% СОМО применяли сухой глюкозный сироп 2% (1,9% по сухому веществу). Несмотря на увеличение содержания белков, участвующих в формировании структуры, массовая доля стабилизационной системы была сохранена на традиционном уровне.

Нутриентный состав мороженого представлен в таблице 1.

Таблица 1

Нутриентный состав мороженого с массовой долей жира 12% с заменой 50% СОМО на КСБ и ГСБ

Наименование показателей	Наименование показателей в образцах		
	№ 1 (контроль)	№ 2	№ 3
Массовая доля сухих веществ, %, не менее, в том числе:	36.0	36.0	36.0
молочного жира, %, не менее	12.0	12.0	12.0
СОМО, %, не менее	10.0	5.0	5.0
КСБ (образец № 2), ГСБ (образец № 3), %, не менее	-14.0	3.3	3.3
сахарозы, %, не менее		14.0	14.0
сухих веществ сухого глюкозного сиропа, %, не менее		1.9	1.9
сухих веществ стабилизатора, %, не менее	0.4	0.4	0.4
Общая массовая доля белка в мороженом, %, не менее	3.4	5.0	5.0

При замене СОМО КСБ и ГСБ массовая доля белка в мороженом составила 5,0% (образцы № 2 и № 3), что почти в 1,5 раза больше, чем в контрольном образце. Массовая доля сухих веществ молока в этом продукте составляет более 46% (в соответствии с ТР ТС должно быть не менее 40%), поэтому позволяет в названии продукта использовать определение «Мороженое пломбир».

Мороженое готовили по традиционной технологии, однако пастеризацию проводили при температуре не выше 78°C во избежание коагуляции сывороточных белков.

При исследовании динамической вязкости установлено, что замена белков СОМО на концентраты сывороточных белков приводит к снижению этого показателя соответственно в 2 раза (табл. 2). Вероятно, это связано с уменьшением содержания основного белка СОМО казеина, оказывающего заметное влияние на вязкость смеси.

Следует отметить некоторое снижение вязкости смеси после созревания до 10% в образцах № 2 и № 3, что не соответствует обычно наблюдаемому повышению вязкости смеси после созревания (до 70%) и свидетельствует о низкой десорбционной способности сывороточных белков с оболочек жировых шариков в процессе созревания [2].

Отмечено положительное влияние гидролизатов на динамическую вязкость смеси для мороженого. Этот показатель характеризовался по сравнению с показателями традиционного продукта более высокими значениями (в 1,5 раза и выше), что обусловлено высокой гидратационной способностью гидролизатов белков и, как правило, положительно сказывается на консистенции готового продукта.

Таблица 2

Динамическая вязкость смесей для мороженого

Образец, №	Вязкость смеси при 0,5 с ⁻¹ , мПа · с	
	до созревания	после созревания
1 контроль	454±18	630±38
2	328±16	301±12
3	1050±42	941±28

В процессе фризирования установлено, что способность смесей к насыщению воздухом в образцах была несколько сниженной (рис. 1). Взбитость мороженого с КСБ составила 47%, с ГСБ – 58%, что ниже, чем у контрольного образца, в 1,9 и 1,6 раза соответственно. Снижение способности смеси к насыщению воздухом обусловлено ранее отмеченной пониженной способностью сывороточных белков к десорбции с оболочек жировых шариков и сниженным в связи с этим эффектом участия агломерированного жира в стабилизации воздушной фазы.

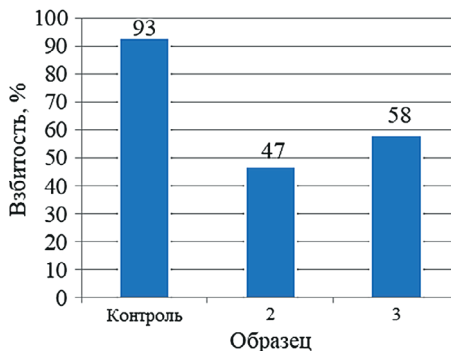


Рис. 1. Взбитость исследуемых образцов

Наименьшей термоустойчивостью характеризовался образец мороженого с ГСБ (рис. 2). Массовая доля плава через 60 мин выдерживания составила 14%, в образцах с КСБ и в контрольном образце в этот период плава практически отсутствовал.

Микрофотографии структурных элементов, представленные на рисунках 3, 4, и данные об их дисперсности в таблице 3 свидетельствуют о высокой дисперсности структурных элементов.

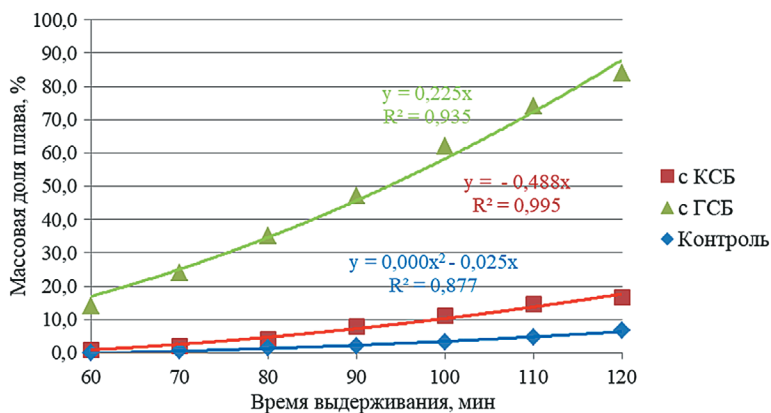


Рис. 2. Зависимость массовой доли плава в мороженом при частичной замене СОМО от продолжительности выдерживания при температуре 20°C

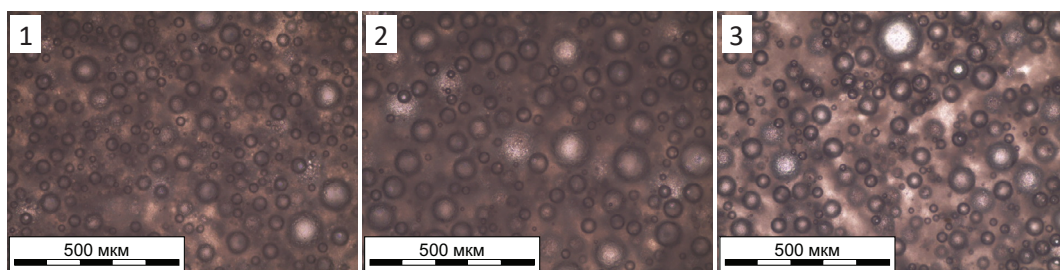


Рис. 3. Микрофотографии состояния воздушной фазы в образцах мороженого через 3 мес. хранения: 1 – контроль; 2 – 50%-ная замена СОМО КСБ; 3 – 50%-ная замена СОМО ГСБ

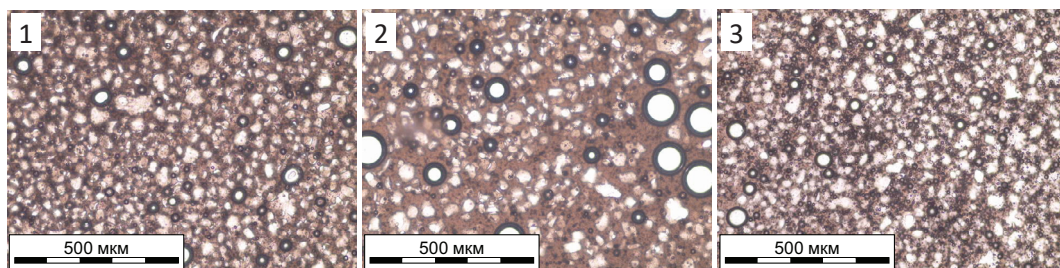


Рис. 4. Микрофотографии кристаллов льда в образцах мороженого через 3 мес. хранения: 1 – контроль; 2 – 50%-ная замена СОМО КСБ; 3 – 50%-ная замена СОМО ГСБ

Как следует из данных таблицы 3, замена 50% СОМО на КСБ и ГСБ привела к некоторому снижению дисперсности воздушной фазы. Средний диаметр воздушных пузырьков увеличился в 1,23–1,26 раза. Однако доля воздушных пузырьков размером до 50 мкм оставалась высокой, что свидетельствует все же о высокой дисперсности этого структурного элемента, хотя и уступающей контрольному образцу. Причина влияния КСБ и ГСБ на дисперсность воздушной фазы такая же, как и на способность смеси к насыщению воздухом.

По дисперсности кристаллов льда мороженое с ГСБ не уступало контрольному образцу. В мороженом с КСБ средний размер кристаллов льда был больше, чем в контроле, в 1,4 раза. Причиной некоторого влияния на дисперсность кристаллов льда этих концентратов является их различная гидратационная активность, имеющая значение при нуклеации и росте кристаллов льда [3].

Дисперсность структурных элементов в процессе хранения

	1 (контроль)			2 (50%-ная замена СОМО КСБ)			3 (50%-ная замена СОМО ГСБ)		
	1	3	6	1	3	6	1	3	6
Продолжительность хранения, мес.									
Средний диаметр воздушных пузырьков, мкм	26,1± ±0,8	31,6± ± 1,3	32,3± ± 1,2	32,0± ±1,2	39,9± ± 1,9	40,9± ±1,9	33,6± ±1,4	38,0± ±1,8	
Содержание воздушных пузырьков размером до 50 мкм, %	98	91	89	89	77	76	88	74	
Средний размер кристаллов льда, мкм	23,8± ±0,5	28,8± ±0,6	29,0± ±0,6	33± ±3			25,5± ±0,5	27,0± ±0,6	28,8± ±0,6
Содержание кристаллов льда размером до 50 мкм, %	100	98	99	92			100	99	98

При органолептической оценке образцов более низкую оценку по показателю «Вкус и аромат» получил образец с ГСБ – 4,7 балла из 6,0 возможных (отмечен горький вкус, вызванный присутствием горьких пептидов ГСБ). Во всех образцах отмечена кремообразная консистенция, структура – без осязаемых кристаллов льда (табл. 4).

Таблица 4

Сенсорные показатели мороженого

Показатель	Образец		
	Контроль	№ 2 с КСБ	№ 3 с ГСБ
Вкус и аромат	5,6 ± 0,1	5,7 ± 0,1	4,7 ± 0,1
Структура и консистенция	2,6 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,7 ± 0,1
Цвет и внешний вид	1,0	1,0	1,0

Выводы

Замена 50% СОМО на КСБ, ГСБ и сухой глюкозный сироп позволяет в мороженом в 1,47 раза повысить содержание белков.

Установлено, что использование в мороженом для частичной замены СОМО концентратов белков влияет на динамическую вязкость смеси (КСБ снижает, ГСБ увеличивает), способность смеси к насыщению воздухом (снижается), на дисперсность воздушной фазы (уменьшается) и кристаллов льда (КСБ снижает), термостойчивость (ГСБ снижает).

Результаты исследований могут быть полезны при решении вопросов применения КСБ и ГСБ в мороженом пломбир и разработке промышленных технологий обогащенного белком мороженого.

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

Библиографический список

1. *Shobanova T.V.* The Effect of Replacing Sucrose with Glucose-Fruit Syrup on the Quality Indicators of Plombières Ice-Cream / T.V. Shobanova, A.A. Tvorogova // *Food Processing: Techniques and Technology*. – 2021. – 51 (3). – Pp. 604–614 (in Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-604-614>.
2. *Творогова А.А.* Мороженое в России и СССР: Теория. Практика. Развитие технологий / А.А. Творогова. – СПб.: ИД «Профессия», 2021. – 249 с.
3. *Творогова А.А.* Исследование влияния источников белка на показатели качества мороженого / А.А. Творогова, Т.В. Шобанова, М.А. Цеменовский // *Холодильная техника*. – 2020. – № 4. – С. 36–39.
4. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 67.
5. *Творогова А.А.* Исследование влияния концентрата белка на консистенцию молочного мороженого / А.А. Творогова, Р.Р. Закирова // *Переработка молока*. – 2018. – № 11. – С. 44–45.
6. *Danesh E.* Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream / E. Danesh, M. Goudarzi // *Jooyandeh Dairy Sci.* – 2017. – 100. – 5206–5211. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>.
7. *Daw E.* Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content / E. Daw, R.W. Hartel. // *International Dairy Journal*. – 2015. – Vol. 43. – Pp. 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.001>.
8. *Alvarez V.B.* Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates / V.B. Alvarez, C.L. Wolters, Y. Vodovotz and T. Ji // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88. – № 3. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72752-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1).
9. *Meena G.S.* Milk protein concentrates: opportunities and challenges / G.S. Meena, A.K. Singh, N.R. Panjagari, S. Arora // *Journal of food science and technology*. – 2017. – № 54 (10). – Pp. 3010–3024. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2796-0>.
10. *Творогова А.А.* Биологические показатели качества белков обогащенного сливочного мороженого / А.А. Творогова, И.А. Гурский, Т.В. Шобанова // *Молочная промышленность*. – 2022. – № 3. – С. 39–41.
11. *Творогова А.А.* Влияние СОМО на качество мороженого // *Переработка молока*. – 2009. – № 6. – С. 26–27.
12. *Moschopoulou E.* Ovine ice cream made with addition of whey protein concentrates of ovine-caprine origin / E. Moschopoulou, D. Dernikos, E. Zoidou // *International Dairy Journal*. – 2021. – 122 (105146). – Pp. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105146>.
13. *Akalin A.S.* Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin / A.S. Akalin, C. Karagözlü, Ünal // *G. Eur Food Res Technol.* – 2008. – № 227. – Pp. 889–895. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>.
14. *Bund R.K.* Blends of delactosed permeate and pro-cream in ice cream: effects on physical, textural and sensory attributes / R.K. Bund & R.W. Hartel // *International Dairy Journal*. – 2013. – № 31. – Pp. 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.02.010>.
15. *Regand A.* Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems / A. Regand, and H.D. Goff // *Food Hydrocoll.* – 2003. – № 17. – Pp. 95102. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00042-5).
16. *Tomer V.* Development of high protein ice-cream using milk protein concentrate / V. Tomer & A. Kumar // *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. – 2013. – № 6. – Pp. 71–74. DOI: 10.9790/2402-0657174.

17. Zhang Z. Protein distribution at air interfaces in dairy foams and ice cream as affected by casein dissociation and emulsifiers / Z. Zhang & H.D. Goff // International Dairy Journal. – 2004. – № 14. – Pp. 647–657. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.12.007>.

EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF MILK SOLIDS NON-FAT (MSNF) WITH WHEY PROTEIN CONCENTRATES AND HYDROLYSATES ON THE QUALITY PARAMETERS OF PLOMBIÈRES ICE CREAM

A.A. TVOROGOVA¹, T.V. SHOBANOVA¹, N.V. KAZAKOVA¹, K.A. KANINA²

(¹All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science,

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The relevance of the research is due to the tendency of using concentrated forms of milk and whey proteins in food products, ice cream in particular; to increase protein content and reduce raw material costs. The purpose of this work was to study the quality indicators of the most produced in Russia Plombières ice cream with partial replacement of milk solids non-fat (MSNF) with whey protein concentrates and hydrolysates.

A significant effect of whey protein concentrates and hydrolysates on the dynamic viscosity and air saturation ability of the mixture was found. Compared to the control sample, the viscosity of mixtures with whey protein concentrates decreased by a factor of 2, while the hydrolysates increased by at least 1.5. The ability of the mixture to saturate with air by whipping index decreased by 1.9 and 1.6 times compared to the control, respectively. When using concentrates, the average diameter of air bubbles increased by 1.23–1.26 times compared with control. The negative effect of whey protein hydrolysates on thermal stability and positive effect on ice crystal dispersion was noted. The fraction of float after 60 min of incubation was 16%, while it was absent in the control, and the average size of ice crystals was larger; 1.4 times larger; than in the control.

Whey protein concentrates and hydrolysates, when partially replacing milk solids non-fat in ice cream, affect the dynamic viscosity of the mixture, the beatability and thermal stability of the product, as well as the dispersion of the air phase and ice crystals. In this regard, the research results will be useful in the development of industrial ice cream technologies with their use.

The article was prepared within the framework of research under the state assignment of All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science.

Key words: *Plombières ice cream, replacement of milk solids non-fat, whey protein concentrates and hydrolysates.*

References

1. Shobanova TV, Tvorogova AA. Vliyanie zameny sakharozy glyukožno-fruktoznym siropom na pokazateli kachestva morozhenogo plombir [The Effect of Replacing Sucrose with Glucose-Fruit Syrup on the Quality Indicators of Plombières Ice-Cream]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv.* 2021; 51(3): 604–614. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-604-614> (In Russ.)

2. Tvorogova A.A. Morozhenoe v Rossii i SSSR: Teoriya. Praktika. Razvitie tekhnologii [Ice cream in Russia and the USSR: Theory. Practice. Development of technologies]. SPB.: ID “Professiya”. 2021: 249. (In Russ.)

3. *Tvorogova A.A., Shobanova T.V., Tsemenovskiy M.A.* Issledovanie vliyaniya istochnikov belka na pokazateli kachestva morozhenogo [Study of the influence of protein sources on ice cream quality indicators]. *Kholodil'naya tekhnika*. 2020; 4: 36–39. (In Russ.)
4. O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii [On the safety of milk and dairy products]. Technical regulation of the customs union TR TS033/2013. Adopted by the decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated October 9, 2013. No. 67. (In Russ.)
5. *Tvorogova A.A., Zakirova R.R.* Issledovanie vliyaniya kontsentrata belka na konsistentsiyu molochnogo morozhenogo [Study of the effect of protein concentrate on the consistency of milk ice cream]. *Pererabotka moloka*. 2018; 11: 44–45. (In Russ.)
6. *Danesh E., Goudarzi M., Jooyandeh H.* 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*. 2017; 100; 7: 5206–5211. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12537>
7. *Daw E., Hartel R.W.* Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *International Dairy Journal*. 2015; 43: 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.001>
8. *Alvarez V.B., Wolters C.L., Vodovotz Y., Ji T.* Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88; 3: 862–871 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72752-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1)
9. *Meena G.S., Singh A.K., Panjagari N.R., Arora S.* Milk protein concentrates: opportunities and challenges. *Journal of food science and technology*. 2017; 54 (10): 3010–3024. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2796-0>
10. *Tvorogova A.A., Gurskiy I.A., Shobanova T.V.* Biologicheskie pokazateli kachestva belkov obogashchennogo slivochnogo morozhenogo [Biological indicators of the quality of proteins of enriched creamy ice cream]. *Molochnaya promyshlennost'*. 2022; 3: 39–41. (In Russ.)
11. *Tvorogova A.A.* Vliyanie SOMO na kachestvo morozhenogo [Influence of MSNF on the quality of ice cream]. *Pererabotka moloka*. 2009; 6: 26–27. (In Russ.)
12. *Moschopoulou E., Dernikos D., Zoidou E.* Ovine ice cream made with addition of whey protein concentrates of ovine-caprine origin. *International Dairy Journal*. 2021; 122; 105146. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105146>
13. *Akalin A.S., Karagözü C., Ünal G.* Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*. 2008; 227: 889–895. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>
14. *Bund R.K., Hartel R.W.* Blends of delactosed permeate and pro-cream in ice cream: effects on physical, textural and sensory attributes. *International Dairy Journal*. 2013; 31: 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.02.010>
15. *Regand A., Goff H.D.* Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems. *Food Hydrocoll*. 2003; 17: 95–102. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00042-5)
16. *Tomer V., Kumar A.* Development of high protein ice-cream using milk protein concentrate. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 2013; 6: 71–74. DOI: 10.9790/2402-0657174
17. *Zhang Z., Goff H.D.* Protein distribution at air interfaces in dairy foams and ice cream as affected by casein dissociation and emulsifiers. *International Dairy Journal*. 2004; 14: 647–657.

Творогова Антонина Анатольевна, д-р техн. наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова (127422,

Российская Федерация, г. Москва, ул. Костякова, 12; e-mail: antvorogova@yandex.ru; тел.: (495) 610–83–85).

Шобанова Татьяна Владимировна, канд. техн. наук, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова (127422, Российская Федерация, г. Москва, ул. Костякова, 12; e-mail: t.shobanova@yandex.ru; тел.: (495) 610–83–85).

Казакова Наталия Владимировна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова (127422, Российская Федерация, г. Москва, ул. Костякова, 12; e-mail: kazakova-n-v@mail.ru; тел.: (495) 610–83–85).

Канина Ксения Александровна, канд. техн. наук, заведующий лабораторией, ФГБОУ «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 48; e-mail: kseniya.kanina.91@mail.ru; тел.: (499) 976–46–12).

Antonina A. Tvorogova, DSc (En), Chief Research Associate, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science (12 Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russian Federation; phone: (495) 610–83–85; E-mail: antvorogova@yandex.ru).

Tat'yana V. Shobanova, PhD (En), Research Associate, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science (12 Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russian Federation; phone: (495) 610–83–85; E-mail: t.shobanova@yandex.ru).

Nataliya V. Kazakova, PhD (En), Senior Research Associate, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science (12 Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russian Federation; phone: (495) 610–83–85; E-mail: kazakova-n-v@mail.ru).

Kseniya A. Kanina, PhD (En), Head of the laboratory, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–46–12; E-mail: kseniya.kanina.91@mail.ru).