

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-198-205>

Поступила 29.01.2024

Поступила после рецензирования 22.04.2024

Принята в печать 25.04.2024

© Творогова А. А., Гурский И. А., Богданова Ю. И., 2024

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

Научная статья

Open access

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА НИЗКОЛАКТОЗНОГО МОРОЖЕНОГО С КОНЦЕНТРАТАМИ МОЛОЧНЫХ И СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

Творогова А. А.¹, Гурский И. А.^{1*}, Богданова Ю. И.²¹ Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности, Москва, Россия² Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

вязкость, окисление,
твёрдость, цвет,
пузырьки воздуха,
кристаллы льда

Концентраты белков обладают высокой биологической ценностью и по сравнению с сухим обезжиренным молоком содержат значительно меньше лактозы. Применение концентратов белков в мороженом без содержания сухого обезжиренного молочного остатка позволяет не только восполнить белковый состав, но и разработать компонентный состав продукта с низким содержанием лактозы. В связи с этим изучение технологически значимых показателей качества мороженого с низким содержанием лактозы без сухого обезжиренного молочного остатка при использовании концентратов молочных и сывороточных белков является актуальной задачей. При проведении исследований были определены реологические, микроструктурные, цветовые и термостатические характеристики опытных образцов, а также окислительная стабильность жира. Было выявлено снижение вязкости при использовании сывороточных белков в 1,8–2,6 раза. Применение белковых концентратов привело к повышению твердости в 2,2–4,1 раза и клейкости в 1,6–5,0 раз, но заметно не отразилось на показателях термоустойчивости. Наибольшее влияние на данные характеристики оказала массовая доля жира. Оценка цветовых характеристик мороженого позволила выявить снижение индекса желтизны при использовании концентрата молочных белков. Было установлено, что цветовые различия у большинства образцов не распознаются человеческим глазом. Индукционный период характеризовался наименьшим значением в образцах с сывороточными белками, что указывает на более быструю вероятность протекания в них процессов окисления. Применение белковых концентратов не оказало существенного влияния на кристаллы льда. При использовании сывороточных белков стабильность воздушной фазы была значительно снижена. Проведенный многофакторный анализ исследуемых образцов разделил их на контрольные и содержащие белковые концентраты. По совокупности технологически значимых показателей качества применение концентратов молочных белков в производстве низколактозного мороженого более предпочтительно, чем использование концентратов сывороточных белков.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию No FGUS-2022-0013 ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Received 29.01.2024

Accepted in revised 22.04.2024

Accepted for publication 25.04.2024

© Tvorogova A. A., Gurskiy I. A., Bogdanova Y. I., 2024

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

Original scientific article

Open access

TECHNOLOGICALLY IMPORTANT QUALITY INDICATORS OF LOW-LACTOSE ICE CREAM WITH MILK AND WHEY PROTEIN CONCENTRATES

Antonina A. Tvorogova¹, Igor A. Gurskiy^{1*}, Yuliya I. Bogdanova²¹ All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry, Moscow, Russia² V. M. Gorbатов Federal Research Centre for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

KEY WORDS:

viscosity, oxidation,
hardness, color, air
bubbles, ice crystals

ABSTRACT

Protein concentrates have a high biological value and contain significantly less lactose in comparison with dry skimmed milk. The use of protein concentrates in ice cream without the content of non-fat milk solids allows not only making up for protein but also developing the component composition of a product with the low content of lactose. In this regard, the study of technologically significant quality indicators of ice cream with the low content of lactose without non-fat milk solids when using milk and whey protein concentrates is an urgent task. The rheological, microstructural, color and thermostatic characteristics, as well as the oxidative stability of fat of the test samples were determined in the research. It has been found that viscosity decreased by 1.8–2.6 times when using whey proteins. The use of protein concentrates led to an increase in hardness and adhesiveness by 2.2–4.1 and 1.6–5.0 times, respectively, but did not significantly affect the thermal stability. The mass fraction of fat had the greatest influence on these characteristics. The study of color characteristics of ice cream made it possible to reveal a decrease in the yellowness index when using milk protein concentrate. It has been established that color differences in most of the samples were not recognizable to the human eye. The induction period was characterized by the lowest value in the samples with whey proteins, thus indicating a probability of a faster oxidation process in them. The use of protein concentrates did not have a significant effect on ice crystals. The stability of the air phase was significantly reduced when using the whey proteins. A multivariate analysis of the studied samples divided them into the control and the samples containing protein concentrates. Based on the technologically significant quality indicators, the use of milk protein concentrates in the production of low-lactose ice cream is more preferable than the use of whey protein concentrates.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FGUS-2022-0013 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Творогова, А. А., Гурский, И. А., Богданова, Ю. И. (2024). Технологически значимые показатели качества низколактозного мороженого с концентратами молочных и сывороточных белков. *Пищевые системы*, 7(2), 198–205. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-198-205>

FOR CITATION: Tvorogova, A. A., Gurskiy, I. A., Bogdanova, Yu. I. (2024). Technologically important quality indicators of low-lactose ice cream with milk and whey protein concentrates. *Food Systems*, 7(2), 198–205. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-198-205>

1. Введение

Приоритетными направлениями в производстве пищевой продукции экономически развитых стран, включая Российскую Федерацию, являются профилактика заболеваний и улучшение качества жизни. Повышение осведомленности потребителя о показателях качества пищевой продукции обязывает предприятия осознанно подходить к выбору компонентов для ее производства. Концентраты белков за счет своей биологической ценности и технологической функциональности представляют особый интерес для изготовителей. В молочной промышленности используют концентраты молочных (КМБ) и сывороточных (КСБ) белков. КСБ содержат фракции β -лактоглобулина, α -лактальбумина и сывороточные белки [1]. В КМБ помимо сывороточных белков входят фракции казеина, а общее соотношение казеина к сывороточным белкам, как и в натуральном коровьем молоке, находится в соотношении 80:20 соответственно [2]. Белковые концентраты не только являются источником высококачественного белка, но и улучшают показатели качества готовых продуктов, включая мороженое.

Мороженое — один из самых распространенных замороженных десертов, в котором содержится от 1,7 до 4,7% белка [3]. Его структура представляет собой комплекс взаимосвязанных фаз (кристаллы льда, пузырьки воздуха, жировые глобулы), распределенных в плазме. Устойчивое состояние структуры мороженого в значительной степени определяется нутриентным составом, в частности количественным и качественным составом белков. Белковые концентраты позволяют заметно повысить массовую долю белка в мороженом. Их используют дополнительно с сухим обезжиренным молочным остатком (СОМО) [4] или для замены белков СОМО [5]. Проведенные исследования различных специалистов в данной области позволили установить влияние физико-химических показателей белковых компонентов на показатели качества мороженого. Было выявлено, что наиболее значимыми свойствами белков молока для обеспечения качества мороженого являются их пенообразующие, поверхностно-активные и влагоудерживающие способности. Способность к образованию пен белками связана с их адсорбцией на границе раздела фаз воздух–жидкость с образованием эластичных пленок на поверхности пузырьков воздуха. В своей работе Xiong др. подтвердили большее влияние казеина на стабильность воздушной фазы в сравнении с сывороточными белками [6]. Удержание воды белками происходит за счет взаимодействия их полярных гидрофильных групп, содержание которых может отличаться в различных видах белковых концентратов [7]. Способность белков взаимодействовать с водой (связывать ее) влияет на характеристики готовых продуктов, таких как вязкость [8], термоустойчивость [9] и размеры кристаллов льда [10].

При использовании белковых концентратов также важно учитывать их влияние на жировые глобулы. На стадии гомогенизации на жировой частице формируется новая оболочка, которая в дальнейшем изменяется при созревании и фризеровании [11]. В своей работе Sharma и др. [12] выявили, что на поверхности жировых глобул преимущественно осаждается около 7 мг/см² белка, при этом казеина в 4–6 раз больше, чем сывороточных белков, следовательно, меньшее содержание казеина ведет к формированию менее прочной оболочки. При формировании оболочки важно знать ее прочность, поскольку от этого показателя зависит устойчивость жировой фазы к окислению. Это особенно важно учитывать при изготовлении взбитых продуктов, где жир находится в постоянном контакте с воздухом. Учитывая различные свойства казеиновых и сывороточных

белков, при изменении их соотношения на поверхности жировой частицы прочность оболочки будет отличаться.

При использовании концентратов сывороточных и молочных белков в мороженом важно принимать во внимание, что более низкое содержание в их составе лактозы и высокое содержание белка при полной замене СОМО позволит производить низколактозное мороженое, не прибегая к ферментативному гидролизу. Ферментативный гидролиз лактозы в производстве низколактозного мороженого с содержанием жира использован на стадии созревания [13]. Осуществление этого способа вызывает необходимость учета присутствия фермента лактазы в активной форме в готовом продукте.

В некоторых работах, посвященных изучению влияния белковых компонентов на качество мороженого, рассматривалась не только замена ими СОМО, но и частичная замена жира [14]. Однако работы, посвященные разработке низколактозного мороженого с концентратами молочных и сывороточных белков в случае замены СОМО при различной массовой доле жира в мороженом, отсутствуют. Учитывая большое влияние жира на показатели качества мороженого за счет теплофизических, органолептических и структурирующих свойств, его количество при использовании КСБ или КМБ может в различной степени повлиять на показатели готового продукта.

Популярность мороженого среди потребителей и возможность улучшения его потребительских свойств за счет низкого содержания лактозы и изменения состава белков определяют актуальность исследований по изучению показателей качества этого продукта с концентратами молочных и сывороточных белков. Таким образом, целью данной работы являлось исследование влияния замены СОМО при использовании КСБ и КМБ на показатели качества низколактозного мороженого с различной массовой долей жира.

2. Объекты и методы

2.1. Объекты

Объектами исследования в данной работе являлись образцы мороженого с различной массовой долей жира, в которых СОМО было частично заменено на КСБ и КМБ в количестве 5%. Для восполнения СОМО дополнительно применяли инулин (3%) и мальтодекстрин (2%). Массовая доля жира составляла 5% в образцах № 1–3, 10% — в образцах № 4–6 и 15% — в образцах № 7–9. Содержание СОМО в контрольных образцах (№ 1, № 4 и № 7) составляло 10%. Компонентный состав на 1 кг исследуемых образцов представлен в Таблице 1.

Образцы мороженого были изготовлены по традиционной схеме: в первую очередь осуществлялось смешивание компонентов, после чего смесь подогревали до 65 °С. Затем проводилась гомогенизация на первой ступени: для образцов с 5% жира — при давлении 180 бар; с 10% жира — при давлении 160 бар; с 15% жира — при давлении 100 бар. Гомогенизация на второй ступени осуществлялась при давлении 40 бар. Пастеризация проводилась при температуре 75 °С в течение 20 мин. Образцы охлаждали до температуры 4 °С, после чего отправляли на созревание в течение 20 ч. Температура фризирования составила до минус 5 °С, закаливании проводилось при минус 30 °С в течение 24 ч. Образцы хранились при температуре минус 18 °С.

2.2. Методы

Динамическую вязкость смесей определяли до и после их созревания согласно методу, описанному Akalin и др. [15], на вискозиметре DV2 + Pro (BrookField, США) с программным обеспечением Rheocalc V3 1–1 (BrookField, США) и с применением шпинделя SC4–31 с частотой вращения 30 об/мин.

Таблица 1. Состав исследуемых образцов мороженого

Table 1. Composition of the tested ice cream samples

Компоненты мороженого	Количество компонента в образце на 1 кг, г								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
Масло сливочное (м. д. ж. 82,5%)	60,7	60,7	60,7	121,3	121,3	121,3	181,9	181,9	181,9
СОМ*	105,3	x	x	105,3	x	x	105,3	x	x
Сахар	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Стабилизатор эмульгатор (Cremodan SE334 VEG)	6,5	6,5	6,5	5,5	5,5	5,5	4,5	4,5	4,5
КСБ	x	52,7	x	x	52,7	x	x	52,7	x
КМБ	x	x	52,7	x	x	52,7	x	x	52,7
Инулин	x	30	30	x	30	30	x	30	30
Мальтодекстрин	x	20	20	x	20	20	x	20	20
Вода	677,5	680,1	680,1	617,9	620,5	620,5	558,3	560,9	560,9

Примечание: * сухое обезжиренное молоко.

Титруемую кислотность смесей выявляли по ГОСТ 3624–92¹.

Для определения криоскопической температуры смесей применяли осмометр-криоскоп ОСКР-1 («КИВИ осмометрия», Россия).

Взбитость мороженого определяли согласно ГОСТ 31457–2012² по формуле (1):

$$\text{Взбитость, \%} = \frac{\text{масса смеси} - \text{масса мороженого}}{\text{масса мороженого}} \times 100 \quad (1)$$

Показатели текстуры (твердость и клейкость) определяли при погружении зонда на глубину 5 мм со скоростью 1 мм/с. Для этого использовали Texture Analyzer (Brookfield, США) с зондом TA28 и с программным обеспечением TexturePro Lite v1.1 Bld 4 (Brookfield, США).

Термостойчивость образцов мороженого оценивали по скорости таяния и по времени падения первой капли. Исследование проводили согласно методике Muse M. и Hartel R. W. [16]. Скорость таяния была определена по графической зависимости массовой доли плава от продолжительности выдерживания образца как угловой коэффициент основного этапа плавления образца.

Цветовые характеристики (L^* , a^* , b^*) исследуемых образцов были определены с помощью спектрофотометра CM-2300d (Konica Minolta, Япония). Значение L^* изменяется от темного оттенка (0) до светлого (100), a^* отображает оттенки от зеленого ($a^* < 0$) до красного ($a^* > 0$), b^* — от синего ($b^* < 0$) до желтого ($b^* > 0$).

Индексы белизны (WI) и желтизны (YI) были определены согласно формулам (2) и (3):

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$YI = 142,86 \times b^* \times L^{*-1} \quad (3)$$

Для расчета интенсивности цвета (C^*) и угла тональности (h°) использовали формулы (4) и (5):

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (5)$$

При расчете общей цветовой разницы (ΔE^*) применяли формулу (6):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (6)$$

Согласно [17], при $\Delta E^* < 1$ цветовые различия не распознаются глазом человека, при $1 \leq \Delta E^* \leq 3$ наблюдаются незначительные цветовые различия, которые могут быть заметными, при $3 < \Delta E^*$ цветовые различия являются очевидными.

Способность образцов к окислению была определена по показателю индукционного периода (IP) с использованием анализатора окислительной стабильности OXITEST (Velp Scientifica, Италия) при давлении в реакторе 6 бар и при температуре 90 °C. Масса пробы для анализа составляла 30 г.

Анализ микроструктуры мороженого (кристаллы льда и пузырьки воздуха) был проведен на световом микроскопе CX41 (OLYMPUS, Япония) с системой Пельтье PE120 (Linkam Scientific Instruments Ltd., Великобритания) согласно [18]. Структурные элементы были распределены по размерам с шагом 5 мкм, на графике также отображались кумулятивы и квантили (D10, D50 и D90).

Обработку полученных результатов проводили в среде анализа данных RStudio (RStudio PBC, США). Уровень статистической значимости $P = 0,05$.

3. Результаты и обсуждение

При исследовании динамической вязкости, титруемой кислотности и криоскопической температуры смесей для мороженого установлены существенные различия в образцах с традиционным составом и в низколактозных образцах, не содержащих СОМО. Полученные результаты исследования образцов представлены в Таблице 2.

Установленное увеличение вязкости (Таблица 2) при повышении массовой доли жира в образцах связано с ростом количества жировых глобул после гомогенизации при незначительном различии в размерах частиц, влияющих на площадь соприкосновения измерительного устройства. Эти факторы определяют напряжение сдвига и вязкость среды. Наименьшие значения вязкости были выявлены в образцах с КСБ. Образцы с КМБ имели схожую вязкость с контрольными образцами. Различия вязкости между данными белками можно объяснить разницей их влагосвязывающих способностей, проде-

монстрированной в работе Ziarno и др. на примере образцов кефира [19]. Полученные результаты коррелируют с данными Hossain и др. [20] и Mostafavi и др. [21].

Таблица 2. Физико-химические показатели смесей

Table 2. Physico-chemical indicators of mixtures

Образец №	Динамическая вязкость, мПа·с		Титруемая кислотность, °Т	Криоскопическая температура, °С
	до созревания	после созревания		
1	502 ± 32 ^a	587 ± 34 ^a	23 ± 1 ^a	–2,4 ± 0,02
2	278 ± 21 ^b	245 ± 23 ^b	16 ± 1 ^b	–1,8 ± 0,01 ^c
3	395 ± 26 ^{ac}	415 ± 29	14 ± 1 ^{cd}	–1,8 ± 0,01 ^c
4	898 ± 64 ^d	858 ± 66 ^d	24 ± 1 ^a	–2,7 ± 0,01
5	406 ± 30 ^{acc}	290 ± 18 ^{be}	16 ± 1 ^{bc}	–1,9 ± 0,01 ^a
6	657 ± 36	568 ± 35 ^{af}	15 ± 1 ^{bc}	–1,9 ± 0,01 ^a
7	961 ± 58 ^{dg}	855 ± 42 ^d	23 ± 1 ^a	–2,9 ± 0,01
8	364 ± 19 ^{bce}	273 ± 17 ^{be}	14 ± 1 ^d	–2,1 ± 0,00 ^b
9	939 ± 51 ^{dg}	642 ± 37 ^{af}	15 ± 1 ^{cd}	–2,1 ± 0,01 ^b

Примечание: значения с одинаковой буквой значимых различий не имеют ($P > 0,05$).

После созревания наибольшие значения вязкости также наблюдались в контрольных образцах. В образцах с 10% и 15% жира с концентратами белков вязкость после созревания снизилась. Снижение вязкости связано с разделением фаз между стабилизатором и молочными белками, что коррелирует с результатами, полученными Thaiudom и др. [22].

Установлено снижение титруемой кислотности (Таблица 2) в образцах с КСБ и КМБ, что связано с сокращением количества в них минеральных солей.

Повышение криоскопической температуры (Таблица 2) обусловлено меньшим содержанием лактозы в образцах с КСБ и КМБ, что коррелирует с результатами более ранних исследований Moschouroulou и др. [23] и El-Zeini Hoda и др. [24]. Понижение криоскопической температуры при увеличении массовой доли жира в образцах было вызвано повышением концентрации растворенных низкомолекулярных веществ из-за снижения влаги.

Для объективной оценки структуры и консистенции мороженого установлены значения физических показателей, таких как взбитость, твердость, клейкость, скорость таяния и время падения первой капли. Результаты представлены в Таблице 3.

Таблица 3. Физические показатели качества мороженого

Table 3. Physical indicators of ice cream quality

Образец №	Взбитость, %	Твердость, Н	Клейкость, Н	Скорость таяния, %/мин	Падение первой капли, мин
1	93 ± 7 ^{ab}	5,2 ± 0,8 ^c	0,3 ± 0,08 ^f	1,18 ± 0,05 ^a	26 ± 6 ^a
2	60 ± 5 ^c	18,2 ± 3,2 ^a	1,0 ± 0,2 ^c	1,12 ± 0,03 ^a	36 ± 4 ^a
3	67 ± 3 ^c	11,9 ± 3,7 ^b	0,7 ± 0,3 ^{de}	1,21 ± 0,05 ^a	32 ± 3 ^a
4	106 ± 5 ^a	4,8 ± 1,2 ^c	0,6 ± 0,2 ^{de}	0,75 ± 0,06 ^b	52 ± 3 ^b
5	62 ± 6 ^c	20,1 ± 2,4 ^a	1,5 ± 0,3 ^b	0,85 ± 0,06 ^b	62 ± 5 ^{bd}
6	67 ± 6 ^c	12,5 ± 2,5 ^b	1,0 ± 0,1 ^{cd}	0,76 ± 0,04 ^b	52 ± 4 ^b
7	87 ± 8 ^b	4,5 ± 0,7 ^c	0,4 ± 0,1 ^{ef}	0,12 ± 0,05 ^c	78 ± 8 ^c
8	56 ± 7 ^c	11,1 ± 2,8 ^b	2,0 ± 0,3 ^a	0,13 ± 0,05 ^c	66 ± 5 ^{cd}
9	65 ± 8 ^c	12,1 ± 2,8 ^b	1,8 ± 0,2 ^{ab}	0,20 ± 0,04 ^c	93 ± 6 ^c

Примечание: значения с одинаковой буквой значимых различий не имеют ($P > 0,05$).

Было установлено снижение взбитости при замене СОМО на белковые концентраты, что свидетельствует о снижении способности смеси к насыщению воздухом. Среднее значение взбитости данных образцов находилось в диапазоне от 56% до 67%, независимо от массовой доли жира. Средние значения взбитости контрольных образцов составляли 87–106%. Полученные различия связаны с аддитивностью ряда свойств белков и смеси. Во-первых, низкая вязкость смесей с белковыми концентратами усложняет сохранение включенного воздуха в толще продукта на этапе фризирования. В работе Stanley и др. было показано, что при увеличении вязкости повышается стабильность воздушной фазы [25]. Во-вторых, сказываются стабилизирующие и пенообразующие свойства фракций белков. В частности, несмотря на то, что КСБ обладают большей пенообра-

¹ ГОСТ 3624–92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности». Москва, Стандартинформ, 2009. — 8 с.

² ГОСТ 31457–2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия». — Москва: Стандартинформ, 2014. — 28 с.

зующей способностью в сравнении с КМБ, пена, образованная сывороточными белками, менее стабильна, что было определено в работе Xiong и др. [6]. Кроме того, КСБ оказывают меньшее влияние на стабильность жировой фазы, участвующей в стабилизации воздушных пузырьков. Полученные результаты коррелируют с данными исследований Danesh и др. [26] и Roy и др. [27].

Показатели термоустойчивости (скорость таяния и падение первой капли), приведенные в Таблице 3, указывают на большее влияние массовой доли жира, чем замены части СОМО белковыми концентратами. При увеличении массовой доли жира с 5% до 15% скорость таяния была снижена в 6,1–9,8 раза, а время падения первой капли увеличилось в среднем на 34–61 минуту. Полученные результаты сопоставимы с данными зарубежных авторов Roland и др. [28] о прямо пропорциональной зависимости термоустойчивости и массовой доли жира в мороженом, что связано с влиянием количества жира на прочность жировой сети и на содержание дестабилизированного жира. Значимых различий скорости таяния между образцами с одинаковой массовой долей жира установлено не было. Существенно отличался по времени падения первой капли образец с 15% жира и КМБ в составе.

Оценка текстурных характеристик исследуемых образцов показала большее влияние используемых компонентов (СОМ, КСБ и КМБ), чем массовой доли жира. Наибольшие значения твердости были получены в образцах с КСБ при 5% и 10% жира, что связано с более высокой криоскопической температурой и с низкой взбитостью. Несмотря на схожие значения данных показателей, в образцах с КМБ значения твердости были существенно ниже, что может быть связано с образованием коллоидных растворов белков различной прочности и с более высокой взбитостью. Полученные значения твердости при использовании белковых концентратов сопоставимы с результатами, полученными Moschopoulou и др. [23].

Установленные значения клейкости также были выше в образцах с белковыми концентратами, что могло быть связано с их низкой молекулярной массой и с влиянием свойств коллоидных растворов, в частности с компактной глобулярной структурой и со способностью более прочно удерживать воду в структуре геля [29,30]. Полученные результаты коррелируют с данными Paglia и др. [31]. Массовая доля жира не оказала столь значимого воздействия на данный показатель.

Оценка цвета образцов мороженого позволила установить влияние замены СОМО на КСБ и КМБ в образцах мороженого с разным количеством жира на исследуемые цветовые характеристики, представленные в Таблице 4.

Образцы, содержащие КСБ, были наиболее темными, при этом количество жира не оказало влияния на цветовую характеристику. Контрольные образцы с 5% и 10% жира были значительно светлее по сравнению с контролем с 15% жира. Образцы с содержанием 10% и 15% жира, в состав которых был включен КМБ, были темнее образца с 5% жира.

Контрольные образцы имели низкое значение показателя a^* , интенсивность которого снижалась по мере увеличения массовой доли жира. Образцы с концентратами белков имели более высокое значение показателя a^* , интенсивность которого также увеличивалась по мере увеличения содержания жира. Увеличение показателя a^* связано с присутствием каротина в молоке, который имеет оттенки от желтого до оранжевого и вермилионового [32].

Образцы с КМБ имели более низкое значение показателя b^* по сравнению с остальными образцами, при этом интенсивность желтого оттенка увеличивалась при повышении количества жира, что подтверждается значениями b^* и YI. Увеличение показателя b^* в образцах при увеличении количества жира связано с содержанием в нем пигментов, как каротина, так и ксантофиллов и рибофлавина, имеющих желтые оттенки, что было сообщено в работе Doan [33].

Индекс белизны показал, что образцы с КМБ были более белыми. Большие значения WI в данных образцах связаны с большим количеством казеина в составе образцов с КМБ и с его свойством рассеивать падающий свет [34].

В исследуемых образцах было установлено значимое отличие угла тональности, который представляет доминирующий цвет образцов № 1 и № 4, от остальных образцов. Наименьшая интенсивность цвета наблюдалась у образцов с КМБ, что может быть связано с большим содержанием казеина. При увеличении количества жира увеличивалась интенсивность цвета, что связано с сильным влиянием содержащихся в нем пигментов, имеющих желто-красный оттенок.

Оценка общей цветовой разницы показала, что в образцах с 5% жира очевидные различия в цвете для глаза человека будут между образцами с КСБ и КМБ ($\Delta E^* = 3,7$), в образцах с 10% и 15% жировые различия будут слабыми ($1,4 \leq \Delta E^* \leq 3,0$). Среди контрольных образцов слабые различия будут наблюдаться между образцами с 5% и 10% жира ($\Delta E^* = 1,4$), при этом между образцами с 5% и 15%, а также с 10% и 15% жира цвет будет явно отличаться ($\Delta E^* = 4,9$ и $3,7$ соответственно). В образцах с КСБ разница по оттенку не будет видна между образцами с 5% и 10% жира ($\Delta E^* = 0,9$), однако будут слабые различия между образцами с 5% и 15% и 10% и 15% ($\Delta E^* = 2,5$ и $2,6$ соответственно). В образцах с КМБ очевидная разница цвета между образцами с 5% и 10% ($\Delta E^* = 4$).

Полученные цветовые различия указывают на доминирующую роль жира в формировании цвета мороженого, а не белковых концентратов, используемых в качестве замены СОМО.

Из-за небольшого количества жира в образцах № 1–3 исследование способности к окислению в них не проводили. В образцах с 10% и 15% жира способность жира к окислению была определена по величине индукционного периода. Результаты представлены на Рисунке 1.

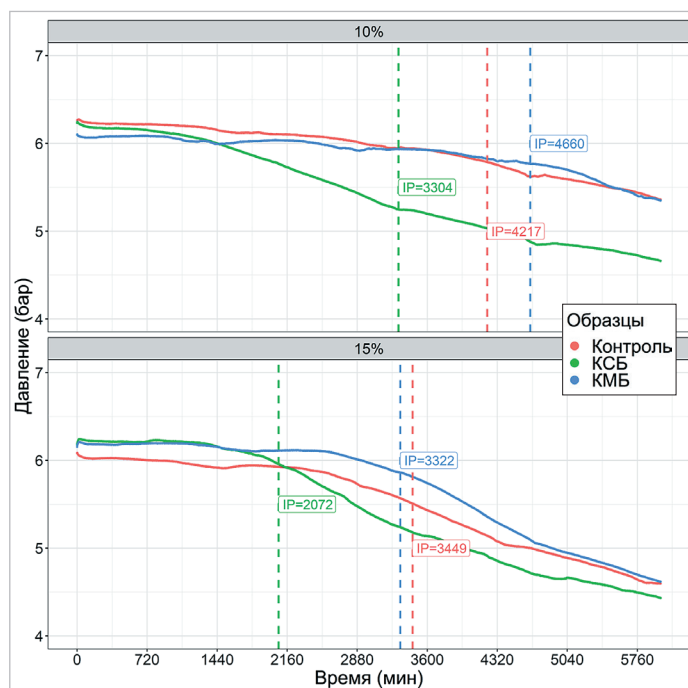


Рисунок 1. Способность к окислению исследуемых образцов мороженого

Figure 1. Oxidizing capacity of the tested ice cream samples

Таблица 4. Цветовые характеристики мороженого

Table 4. Color indicators of ice cream

Образец №	L^*	a^*	b^*	C^*	h°	WI	YI
1	96,6 ± 0,2 ^a	-0,6 ± 0,1	7,3 ± 0,5 ^b	7,4 ± 0,5 ^a	178,5 ± 0 ^a	91,9 ± 0,5 ^a	10,9 ± 0,7 ^b
2	94,0 ± 0,3 ^c	0,0 ± 0,0 ^{de}	8,3 ± 0,1 ^a	8,3 ± 0,1 ^b	181,6 ± 0 ^b	89,8 ± 0,2 ^c	12,6 ± 0,2 ^a
3	96,1 ± 0,5 ^a	0,1 ± 0,0 ^d	5,2 ± 0,1	5,2 ± 0,1	181,6 ± 0 ^b	93,5 ± 0,3	7,8 ± 0,1
4	95,9 ± 0,4 ^{ab}	-0,3 ± 0,0	8,4 ± 0,3 ^a	8,4 ± 0,3 ^b	178,5 ± 0 ^a	90,6 ± 0,4 ^b	12,5 ± 0,5 ^a
5	94,7 ± 0,7 ^{cde}	0,3 ± 0,0	8,3 ± 0,1 ^a	8,3 ± 0,1 ^b	181,5 ± 0 ^b	90,1 ± 0,4 ^{bc}	12,5 ± 0,2 ^a
6	95,3 ± 0,4 ^{bc}	0,4 ± 0,01	7,2 ± 0,1 ^b	7,2 ± 0,1 ^a	181,5 ± 0 ^b	91,4 ± 0,2 ^a	10,7 ± 0,1 ^b
7	94,9 ± 0,6 ^{cd}	0,01 ± 0,0 ^c	11,9 ± 0,5	11,9 ± 0,5	181,1 ± 1,2	87,0 ± 0,7	17,9 ± 0,9
8	94,1 ± 0,5 ^{de}	0,7 ± 0,1 ^a	10,6 ± 0,1	10,7 ± 0,1	181,5 ± 0,0 ^b	87,8 ± 0,3	16,2 ± 0,2
9	95,1 ± 0,2 ^c	0,7 ± 0,0 ^a	9,0 ± 0,2	9,0 ± 0,2	181,5 ± 0 ^b	89,7 ± 0,2 ^c	13,5 ± 0,3

Примечание: значения с одинаковой буквой значимых различий не имеют ($P > 0,05$)

Было установлено, что при замене части СОМО на КСБ сокращается индукционный период по сравнению с другими образцами на 900–1300 мин, что указывает на более быстрый процесс окисления. Снижение данного показателя могло быть вызвано снижением стабильности оболочки жировых шариков на стадии их формирования при гомогенизации и их изменения при созревании смеси. При гомогенизации общая площадь поверхности глобул увеличивается в 4–10 раз [35]. При этом на границе раздела фаз жир–вода преимущественно адсорбируется казеин, повышающий стабильность жировых глобул. Следовательно, при изменении количества казеина при замене СОМО на КСБ происходит снижение стабильности жировых шариков в связи с формированием оболочки преимущественно за счет сывороточных белков. Кроме того, в процессе созревания происходит частичная десорбция сывороточных белков с поверхности жировых частиц в связи с отвердеванием жира, что и стало результатом более быстрого окисления.

Результаты определения способности к окислению показали, что увеличение количества жира ведет к сокращению индукционного периода на 800–1300 мин, что связано с увеличением общей площади поверхности жировых глобул и с уменьшением количества казеина на их поверхностях.

Исследование дисперсности воздушной фазы позволило установить влияние разновидностей белков на ее стабильность. График распределения пузырьков воздуха представлен на Рисунке 2.

Установлено, что в образцах (кроме образца № 8) показатель D10 имел схожие значения, варьирующиеся в диапазоне от 10,5 до 13,3 мкм. Наибольшие значения D50 и D90 установлены в образцах с КСБ. Показатель D50 в контрольных образцах и в образцах с КМБ

отличался при массовой доле жира 15%. Различия квантилей между образцами с КСБ и КМБ подтверждают большую роль казеина в стабилизации воздушной фазы. Большая стабильность воздушной фазы образцов контрольных и с КМБ связана со способностью мицеллярного казеина стабилизировать пены за счет адсорбции на границе фаз и формировать более жесткие пленки, что установили Danesh и др. [6].

Наибольшее увеличение показателя D90 было установлено в образцах с массовой долей жира 15%. Большой размер пузырьков воздуха в этих образцах может быть обусловлен меньшим количеством эмульгатора и большим количеством жира. В работе Ludvigsen [36] было описано, что под влиянием эмульгаторов снижается прочность оболочки жировых шариков на стадии созревания, при фризировании они агломерируют и формируют жировую сеть, стабилизирующую воздушную фазу. Высокое содержание жира при одинаковом количестве белка привело к формированию более тонкой, а следовательно, и менее прочной оболочки на жировых частицах. Полученные результаты схожи с данными Liu и др., установленными при исследовании количества жира вокруг пузырьков воздуха при его различной массовой доле [37].

В отличие от воздушной фазы, использование КСБ и КМБ не отразилось на дисперсности кристаллов льда (Рисунок 3).

Замена части СОМО на белковые концентраты не оказала значимого влияния на распределение кристаллов льда в образцах с различной массовой долей жира. Все квантили находились в узких диапазонах значений: D10 — от 12,59 до 18,05; D50 — от 25,9 до 33,2; D90 — от 49,53 до 60,2. Полученные результаты сопоставимы с результатами Patel и др. [38] и Lomolino и др. [39].

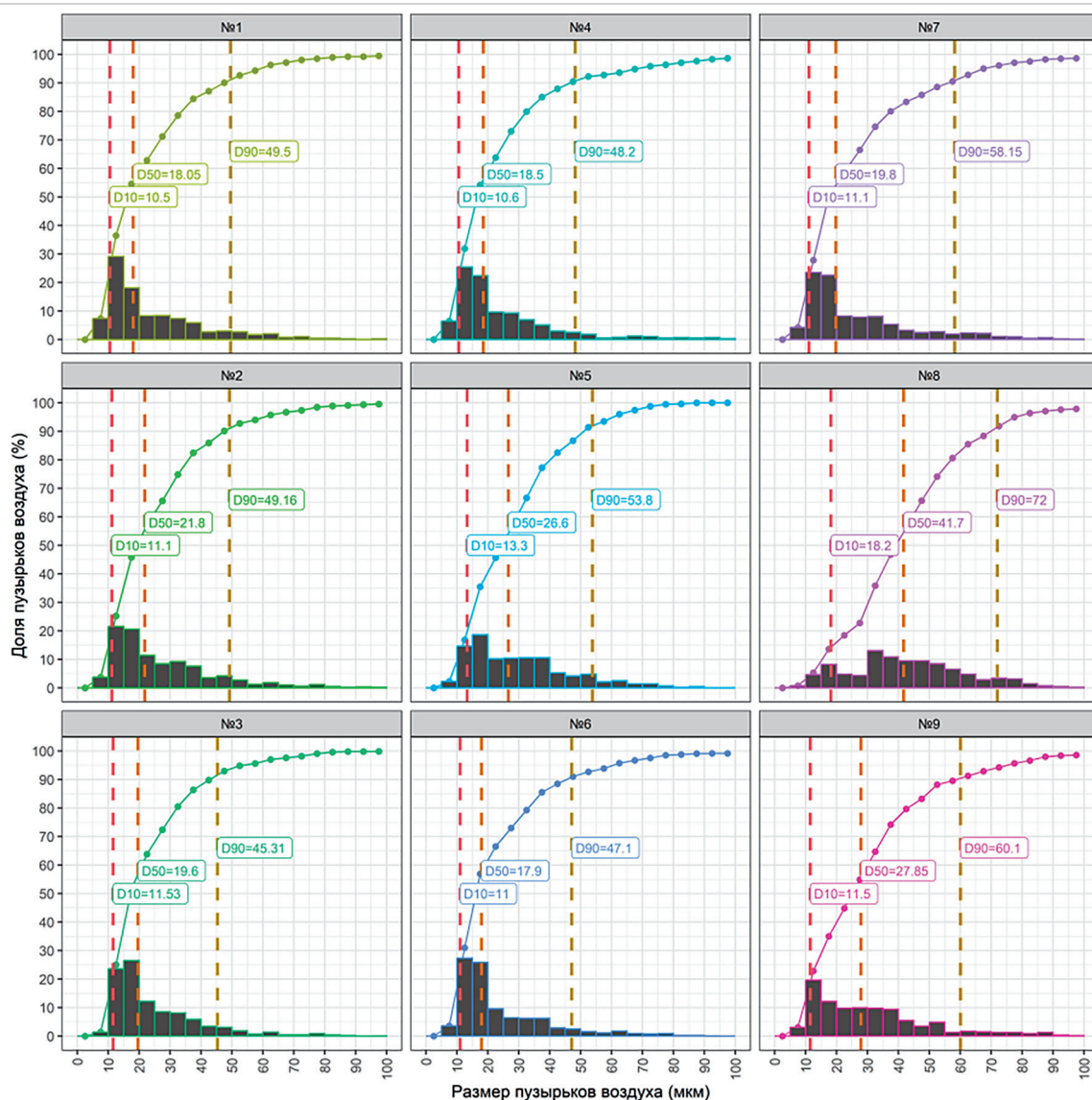


Рисунок 2. Распределение пузырьков воздуха в образцах мороженого

Figure 2. Distribution of air bubbles in the ice cream samples

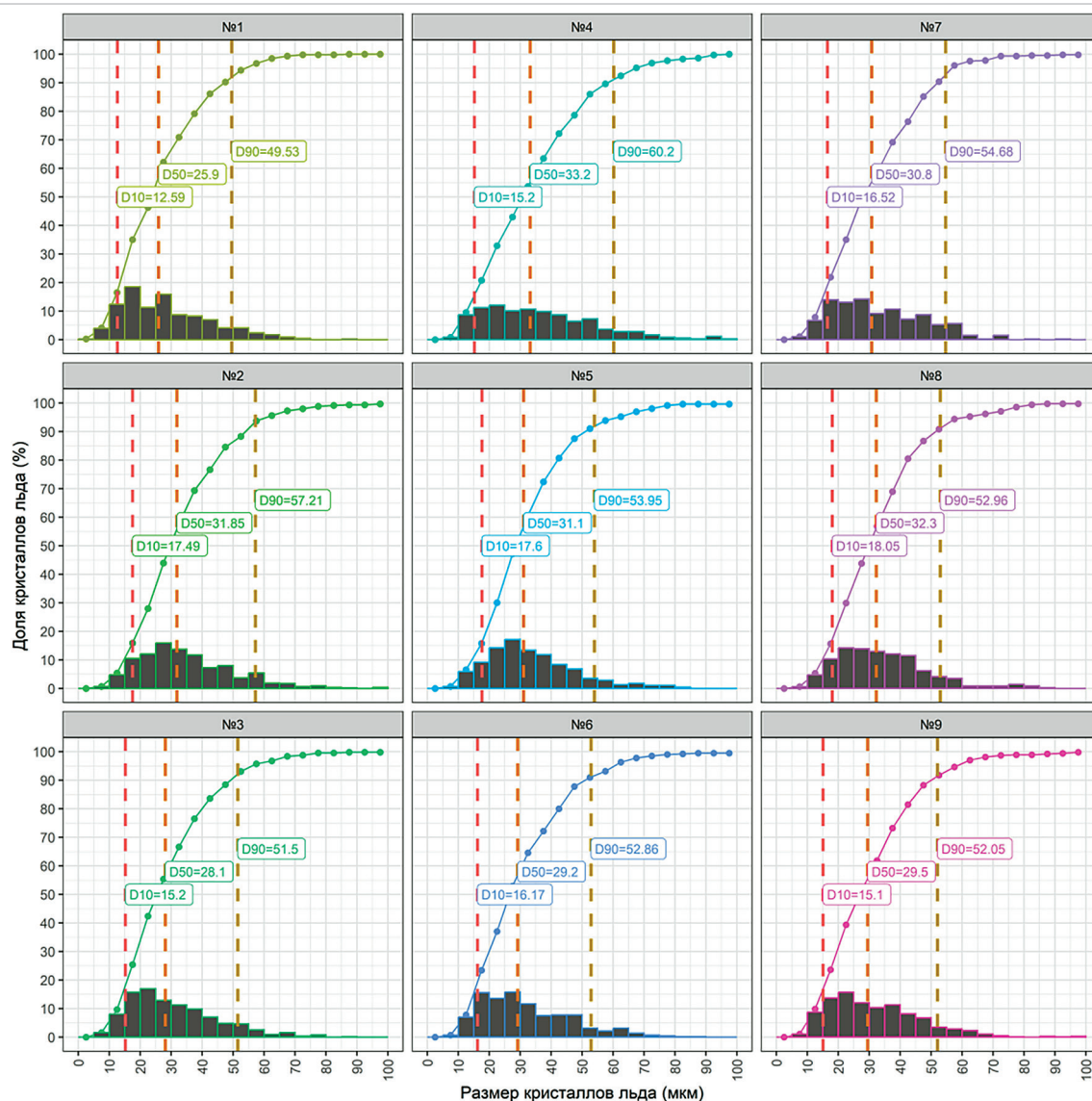


Рисунок 3. Распределение кристаллов льда в образцах мороженого

Figure 3. Distribution of ice crystals in the ice cream samples

Был проведен многофакторный анализ исследуемых образцов, представленный на Рисунке 4. Данные образцы прошли тесты на сферичность Бартлетта ($P < 0,05$) и на адекватность выборки Кайзера — Мейера — Олкина (0,71), что показало их пригодность к анализу методом главных компонент. Количество главных компонент было выбрано согласно правилу Кайзера — Гутмана. Матрица нагрузки главных компонент представлена в Таблице 5.

Таблица 5. Матрица нагрузки главных компонент

Table 5. Loading matrix of principal components

Показатель	PC1	PC2	PC3
L*	-0,279	-0,177	0,439
a*	0,329	0,194	0,304
b*	0,013	0,407	-0,298
Вязкость до созревания	-0,214	0,319	0,326
В после созревания	-0,323	0,223	0,218
Взбитость	-0,373	0,057	-0,103
Титруемая кислотность	-0,366	0,091	-0,282
Криоскопическая температура	0,307	-0,272	0,172
Твердость	0,322	-0,148	-0,126
Клейкость	0,333	0,152	0,119
Скорость таяния	-0,076	-0,447	-0,119
Падение первой капли	0,103	0,407	0,260
Средний размер пузырьков воздуха	0,229	0,259	-0,081
Средний размер кристаллов льда	0,092	0,225	-0,484

Изменение модели PCA (Рисунок 4) объяснялось PC1 (44,3%), PC2 (32,8%) и PC3 (8,6%). На данном рисунке прослеживается детерминация образцов. В PC1 высокие положительные значения нагрузки имели цветность (a^*), криоскопическую температуру, твердость и клейкость. Наименьшие значения нагрузки были у показателя титруемой кислотности, вязкости после созревания и взбитости, что говорит о существенной роли влияния белковых компонентов вместо части СОМО. PC2 имела высокие значения нагрузки по показателю «первой капли» и цветности (b^*); наименьшее значение имел показатель скорости таяния. Это подтверждает более существенную роль жира в способности мороженого сохранять свою форму. В PC3 наибольшее значение нагрузки было у показателя яркости, а наименьшее — у показателя среднего размера кристаллов льда. Доверительные эллипсы, представленные на Рисунке 4, подтверждают разделение образцов главными компонентами по массовой доле жира и на контрольные (№ 1, № 4, № 7) и с белковыми концентратами (№ 2, № 3, № 5, № 6, № 8, № 9).

4. Выводы

Согласно результатам физико-химического, микроструктурного и многофакторного анализов образцов мороженого, обоснована целесообразность замены белков СОМО белковыми концентратами при разработке низколактозных разновидностей данного продукта. В качестве замены предпочтительно использование концентратов молочных белков. Внесение КМБ в состав мороженого способствует получению продукта с более мягкой текстурой и стабильной воздушной фазой, а также с более высокой устойчивостью жира к окислению по сравнению с образцами с КСБ.

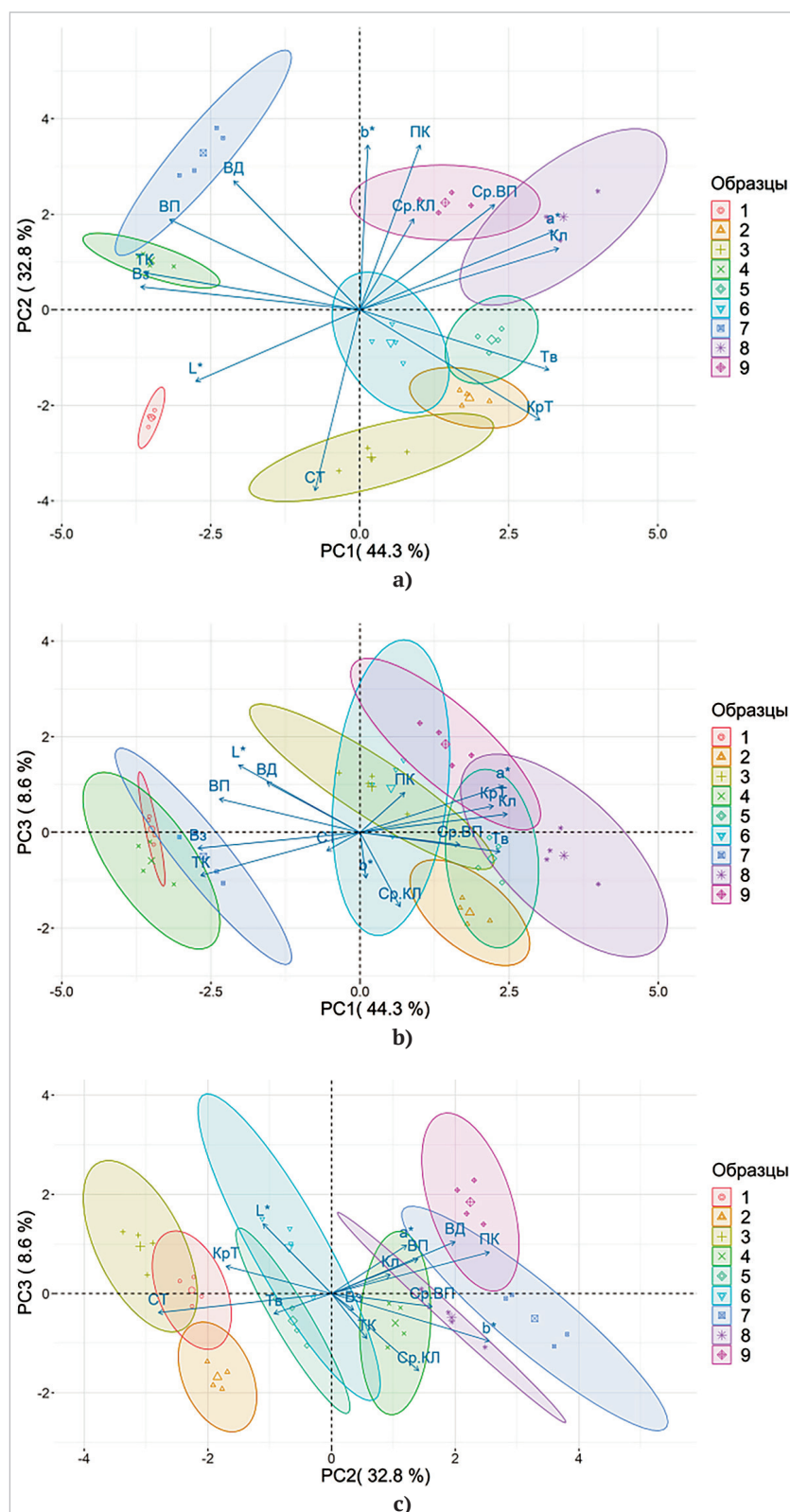


Рисунок 4. Многофакторный статистический и обобщающий анализы показателей качества: анализ главных компонент (PCA); ВП — вязкость после созревания; ВД — вязкость до созревания; ВЗ — взбитость; ПК — падение первой капли; Тв — твердость; ТК — титруемая кислотность; КЛ — клейкость; СТ — скорость таяния; КрТ — криоскопическая температура; Ср.ВП и Ср.КЛ — средний размер пузырьков воздуха и кристаллов льда

Figure 4. Multiple factor statistical and generalization analyses of quality indicators: principal component analysis (PCA); ВП — viscosity after maturation; ВД — viscosity before maturation; ВЗ — overrun; ПК — fall of the first drop; Тв — hardness; ТК — titratable acidity; КЛ — adhesiveness; СТ — melting rate; КрТ — cryoscopic temperature; Ср.ВП and Ср.КЛ — average size of air bubbles and ice crystals

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Delaney, R. A. M. (1976). Composition, properties and uses of whey protein concentrates. *International Journal of Dairy Technology*, 29(2), 91–101. <http://doi.org/10.1111/j.1471-0307.1976.tb00406.x>
- Lara-Villoslada, F., Olivares, M., Xaus, J. (2005). The balance between caseins and whey proteins in cow's milk determines its allergenicity. *Journal of Dairy Science*, 88(5), 1654–1660. <https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302%2805%2972837-X>
- Shafique, B., Mahmood, S., Alam, M. Q., Saeed, W. (2019). Dynamic Concerns of Protein Ice-Cream: An Analysis. *Acta Scientifci Nutritional Health*, 3(11), 73–78. <https://doi.org/10.31080/asnh.2019.03.0490>
- 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>
- Pandiyan, C., Kumaresan, G., Villi, R. A., Rajarajan, G. (2010). Incorporation of whey protein concentrate in ice cream. *International Journal of Chemical Sciences*, 8(5), S563–S567.
- Xiong, X., Ho, M. T., Bhandari, B., Bansal, N. (2020). Foaming properties of milk protein dispersions at different protein content and casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 109, Article 104758. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104758>
- Zayas, J. F. (1997). Water Holding Capacity of Proteins. Chapter in a book: *Functionality of Proteins in Food*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1997.
- Alvárez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., Ji, T. (2005). Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 862–71. <https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302%2805%2972752-1>
- Daw, E., Hartel, R. W. (2015). Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *International Dairy Journal*, 43, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.IDAIRYJ.2014.12.001>
- Liu, Y., Liu, A., Liu, L., Kan, Z., Wang, W. (2021). The relationship between water-holding capacities of soybean–whey mixed protein and ice crystal size for ice cream. *Journal of Food Process Engineering*, 44(7), Article e13723. <https://doi.org/10.1111/JFPE.13723>
- Koxholt, M. M. R., Eisenmann, B., Hinrichs, J. (2001). Effect of the fat globule sizes on the meltdown of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 31–37. <https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302%2801%2974448-7>
- Sharma, R., Singh, H., Taylor, M. W. (1996). Composition and structure of fat globule surface layers in recombined milk. *Journal of Food Science*, 61, 28–32. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1996.TB14719.X>
- Творогова, А. А., Шобанова, Т. В., Гурский, И. А., Казакова, Н. В. (2023). Показатели качества мороженого при проведении ферментативного гидролиза лактозы. *Пищевые системы*, 6(3), 308–316. [Tvorogova, A. A., Shobanova, T. V., Gurskiy, I. A., Kazakova, N. V. (2023). The quality indicators of ice cream upon the enzymatic hydrolysis of lactose. *Food Systems*, 6(3), 308–316. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-308-316>
- Yilsay, T. Ö., Yilmaz, L., Bayazit, A. A. (2006). 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, 171–175. <https://doi.org/10.1007/S00217-005-0018-X>
- Akalın, A. S., Karagözlü, C., Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227, 889–895. <https://doi.org/10.1007/S00217-007-0800-Z>
- Muse, M., Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1–10. <https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302%2804%2973135-5>
- Quintanilla, P., Beltrán, M., Molina, A. I., Escriche, I., Molina, M. (2019). Characteristics of ripened Tronchón cheese from raw goat milk containing legally admissible amounts of antibiotics. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 2941–2953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15532>
- Tvorogova, A. A., Gurskiy, I. A., Shobanova, T. V., Smykov, I. T. (2023). Effect of protein concentrates and isolates on the rheological, structural, thermal and sensory properties of ice cream. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 11(1), 294–306. <https://doi.org/10.12944/crnfsj.11.1.22>
- Ziarno, M., Hasalliu, R., Cwalina, A. (2021). Effect of the addition of milk protein preparations on selected quality parameters and nutritional characteristics of kefir. *Applied Sciences*, 11(3), Article 966. <https://doi.org/10.3390/AP11030966>
- Hossain, M. K., Petrov, M., Hensel, O., Diakit, M. (2021). Microstructure and physicochemical properties of light ice cream: Effects of extruded microparticulated whey proteins and process design. *Foods*, 10(6), Article 1433. <https://doi.org/10.3390/foods10061433>

- [org/10.3390/foods10061433](https://doi.org/10.3390/foods10061433)
21. Mostafavi, F. S., Tehrani, M. M., Mohebbi, M. (2017). Rheological and sensory properties of fat reduced vanilla ice creams containing milk protein concentrate (MPC). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 567–575. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9424-y>
22. Thaiudom, S., Singchan, K., Saeli, T. (2008). Comparison of commercial stabilizers with modified tapioca starches on foam stability and overrun of ice cream. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 1(01), 51–61.
23. Moschopoulou, E., Dernikos, D., Zoidou, E. (2021). Ovine ice cream made with addition of whey protein concentrates of ovine-caprine origin. *International Dairy Journal*, 122, Article 105146. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105146>
24. El-Zeini Hoda, M, Moneir El-Abd, M, Mostafa, A. Z., Yasser El-Ghany, F. H. (2016). Effect of incorporating whey protein concentrate on chemical, rheological and textural properties of ice cream. *Journal of Food Processing and Technology*, 7(2), Article 546. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000546>
25. Stanley, D. W., Goff, H. D., Smith, A. K. (1996). Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. *Food Research International*, 29(10), 1–13. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(96\)2895%2900063-1](https://doi.org/10.1016/0963-9969(96)2895%2900063-1)
26. 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>
27. Roy, S., Hussain, S. A., Prasad, W. G., Khetra, Y. (2021). Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. *Applied Food Research*, 2(1), Article 100029. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100029>
28. Roland, A. M., Phillips, L. G., Boor, K. J. (1999). Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82(1), 32–38. <https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302%2899%2975205-7>
29. Guo, M., Wang, G. (2016). Whey protein polymerisation and its applications in environmentally safe adhesives. *International Journal of Dairy Technology*, 69(4), 481–488. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12303>
30. Guo, M., Wang, G. (2016). Milk protein polymer and its application in environmentally safe adhesives. *Polymers*, 8(9), Article 324. <https://doi.org/10.3390/polym8090324>
31. Paglia, J., Fung, C., Yeung, C. K. (2023). Milk protein concentrate and reduced-calcium milk protein concentrate as natural emulsifiers in clean label high-protein ice cream manufacture. *Journal of Future Foods*, 3(2), 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.12.009>
32. Chudy, S., Bilska, A., Kowalski, R., Teichert, J. (2020). Colour of milk and milk products in CIE L*a*b* space. *Medycyna Weterynaryjna*, 76(2), 77–81. <https://doi.org/10.21521/mw.6327>
33. Doan, F. J. (1924). The color of cow's milk and its value. *Journal of Dairy Science*, 7(2), 147–153. <https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302%2824%2994004-5>
34. Grigioni, G., Biolatto, A., Langman, L., Descalzo, A. M., Irurueta, M., Paez, R. et al. (2011). Colour and pigments in Milk and Dairy. Chapter in a book: Practical Food Research. Portugal: Nova Science Publisher, 2011.
35. Titapiccolo, G. I., Alexander, M., Corredig, M. (2010). Rennet-induced aggregation of homogenized milk: Impact of the presence of fat globules on the structure of casein gels. *Dairy Science and Technology*, 90, 623–639. <https://doi.org/10.1051/DST%2F2010023>
36. Ludvigsen, H. K. (2014). Application of Emulsifiers in Dairy and Ice Cream Products. Chapter in a book: Emulsifiers in Food Technology. John Wiley and Sons, Ltd. 2014. <https://doi.org/10.1002/9781118921265.CH13>
37. Liu, X., Sala, G., Scholten, E. (2022). Effect of fat aggregate size and percentage on the melting properties of ice cream. *Food Research International*, 160, Article 111709. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111709>
38. 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%2806%2972208-1>
39. Lomolino, G., Zannoni, S., Zabara, A., Da Lio, M., De Iseppi, A. (2020). Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation. *International Dairy Journal*, 100, Article 104557. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104557>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Творогова Антонина Анатольевна — доктор технических наук, главный научный сотрудник, Лаборатория технологии мороженого, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 127422, Москва, ул. Костякова, 12 Тел.: +7-495-610-83-85 E-mail: antvorogova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7293-9162	Antonina A. Tvorogova , Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12, Kostyakova Str., 127422, Moscow, Russia Tel.: +7-495-610-83-85 E-mail: antvorogova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7293-9162
Гурский Игорь Алексеевич — кандидат технических наук, младший научный сотрудник, Лаборатория технологии мороженого, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности 127422, Москва, ул. Костякова, 12 Тел.: +7-495-610-83-85 E-mail: iixrug@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8177-3472 * автор для контактов	Igor A. Gurskiy , Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Laboratory of Ice Cream Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry 12, Kostyakova Str., 127422, Moscow, Russia Tel.: +7-495-610-83-85 E-mail: iixrug@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8177-3472 * corresponding author
Богданова Юлия Игорьевна — младший научный сотрудник, отдел Научно-прикладных и технологических разработок, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 Тел.: +7-495-676-95-11 E-mail: yu.bogdanova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7403-6714	Yuliya I. Bogdanova , Junior Researcher, Department of Scientific, Applied and Technological Developments, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 26, Talalikhina Str., 109316, Moscow, Russia Tel.: +7-495-676-95-11 E-mail: yu.bogdanova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7403-6714
Критерии авторства	Contribution
А. А. Творогова — постановка, научное руководство и анализ результатов исследований; И. А. Гурский, Ю. И. Богданова — обзор литературы, проведение и обработка результатов экспериментальных исследований.	А. А. Tvorogova — formulation, scientific guidance and analysis of the research results; I. A. Gurskiy, Y. I. Bogdanova — a review of the scientific literature, conducting and processing of the experimental studies and results.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.