

ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОРОЖЕНОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНЦЕНТРАТОВ И МИКРОПАРТИКУЛЯТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Игорь Алексеевич Гурский, аспирант, младший научный сотрудник

E-mail: iixrug@yandex.ru

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

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

Мороженое является одним из востребованных во всем мире десертов, что обусловлено его высокими органолептическими показателями и пищевой ценностью. Для повышения биологической ценности мороженого целенаправленно используют сыВОРОТОЧНЫЕ БЕЛКИ. Иногда их вводят в сухое обезжиренное молоко с целью снижения его стоимости. Цвета сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ и казеина отличаются, в связи с этим, целью исследований было изучение цветовых характеристик мороженого с различным соотношением сухого обезжиренного молока, микропартикулАТОВ и концентратов сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ. Для оценки основных цветовых характеристик использовался спектрофотометрический метод. Рассчитывались индексы желтизны и белизны, а также общая цветовая разница. Установлено, что замена сухого обезжиренного молока на белковые концентраты ведет к формированию более темных оттенков цвета, яркость образцов снижалась с 96 до 91,5. При этом одновременное использование микропартикулАТОВ и концентратов сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ не оказало существенного влияния на цветовые оттенки готового продукта, в то время как влияние отдельно взятого компонента и другие взаимодействия были значимы. Замена белков сухого молока привела к снижению индекса белизны до 85 и повышению индекса желтизны готового продукта до 18. При всех изменениях цветовых характеристик общая цветовая разница показала, что для потребителя будет заметна замена сухого молока на концентраты сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ. Однако разница между образцами с различным соотношением компонентов будет либо не видна, либо не будет иметь существенных различий. Полученные результаты исследований можно рекомендовать для использования при качественной оценке присутствия сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ в составе белков мороженого.

Ключевые слова: цвет, индекс желтизны, индекс белизны, мороженое, сыВОРОТОЧНЫЕ БЕЛКИ, микропартикулАТЫ, сухой обезжиренный молочный остаток

Для цитирования: Цветовые характеристики мороженого при использовании концентратов и микропартикулАТОВ сыВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ / И. А. Гурский, А. А. Творогова // Молочная промышленность. 2024. № 1. С. 19–23. <https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-1-4>

ВВЕДЕНИЕ

Мороженое – один из самых популярных замороженных десертов. Потребители высоко ценят его органолептические свойства [1]. Органолептические характеристики продукта – одни из основных показателей, нормируемые Техническими Регламентами [2] и стандартами [3].

Сенсорная привлекательность продуктов в значительной степени предопределяется их первоначальным восприятием посредством зрения. Цвет – первое свойство пищевой продукции, на которое обращает внимание потребитель при ее выборе. Основное влияние на цвет мороженого оказывают красители и пищевые добавки. Если эти компоненты не используются, то потребитель оценивает продукт по привычной для молочных продуктов белизне, при ее несоответствии представлениям потребителя это может повли-

ять на желание приобрести продукт. Известно, что даже основные компоненты, используемые для изготовления продуктов, могут повлиять на его цвет [4].

Формирование цвета в мороженом происходит не только в зависимости от компонентного состава, но и от технологических аспектов (температура и длительность пастеризации). В процессе пастеризации может наблюдаться реакция Майяра при взаимодействии α -аминогрупп в аминокислотах белков с карбонильными функциональными группами сахаров, проявляющаяся как потемнение [5].

Основные компоненты в мороженом, формирующие его цвет, являются молочными. За счет содержащихся в молочном жире таких веществ, как каротин, ксантофиллы и рибофлавин мороженое приобретает теплые оттенки – желтый, красный, оранжевый [6, 7].

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



Фото предоставлено авторами статьи

Входящие же в состав молочных компонентов белки, в частности казеин, придают продуктам белый цвет благодаря своим свойствам рассеивать свет [8].

Наиболее часто в многокомпонентных продуктах используются сывороточные белки в связи с их высокой биологической ценностью [9]. Влияние белковых концентратов на цветовые характеристики было установлено в печенье [10], мороженом [11], йогурте [12] и др. продуктах, а изменение данных показателей чаще связывают с реакцией Майяра. Но кроме этого явления на цвет мороженого может повлиять соотношение белковых фракций и содержание лактозы. В частности, при замене сухого обезжиренного молока (СОМ) на концентраты белков, как это было отмечено в работе [13], было выявлено, что реакция Майера замедляется в связи со снижением содержания лактозы по отношению к белку. Помимо традиционных концентратов сывороточных белков (КСБ), в технологии мороженого возможно применение микропартикулятов (МПСБ) [14]. Однако влияние микропартикулятов, а также их взаимодействие с концентратами и сухим молоком не рассматривалось.

Целью исследования являлось изучение цветовых характеристик мороженого с различным соотношением сухого обезжиренного молока, микропартикулятов и концентратов сывороточных белков. Задачами исследований являлись инструментальное определение и установление зависимостей цветовых характеристик мороженого от источников белков молока (СОМ, КСБ и МПСБ).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись образцы мороженого, содержащие 5 % молочного жира, 15 % сахара, 0,65 % комплексной пищевой добавки стабилизатора – эмульгатора и 10 % сухого обезжиренного молока (СОМ), или концентратов сывороточных белков (КСБ), или микропартикулятов сывороточных белков (МПСБ) или их композиций в разных соотношениях, представленных в таблице 1. Образцы с приведенными характеристиками были выработаны по традиционной схеме изготовления мороженого. Цветовые характеристики определяли с использованием спектрофотометра СМ-2300d. Обработку полученных результатов проводили с использованием RStudio.

Таблица 1

Содержание компонентов в 10 % композиции сухого обезжиренного молока/концентратов сывороточных белков/микропартикулятов сывороточных белков

Образец	СОМ	КСБ	МПСБ
1	1,00	0	0
2	0	1,00	0
3	0	0	1,00
4	0,33	0,33	0,33
5	0,50	0,50	0
6	0	0,50	0,50
7	0,50	0	0,50
8	0,16	0,66	0,16
9	0,66	0,16	0,16
10	0,16	0,16	0,66

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для основных цветовых характеристик (L^* , a^* , b^*) были установлены математические и графические зависимости согласно уравнению (1).

$$y = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_{12} X_1 X_2 + \alpha_{13} X_1 X_3 + \alpha_{23} X_2 X_3 + \alpha_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (1)$$

где α – коэффициенты уравнения, x_1 – x_3 – доля сухого обезжиренного молока (СОМ), концентратов сывороточных белков (КСБ), и микропартикулятов сывороточных белков (МПСБ). Полученные коэффициенты уравнения приведены в таблице 2.

Согласно данным представленным в таблице 2, моделью, описываемой уравнением (1), объясняется более 78 % всей изменчивости цвета. Для показателя L^* и b^* совместное использование КСБ и МПСБ не оказывало значимого воздействия на цветовые характеристики продукта. Из представленной на рисунке 1а графической модели видно, что при замене СОМ на белковые концентраты яркость цвета образцов снижается с 96 до 91,5

Таблица 2
Кoeffициенты уравнения (1) и коэффициенты детерминации

Показатель	L^*	a^*	b^*
α_1	96,32 ($p < 0,001$)	-0,62 ($p < 0,001$)	7,52 ($p < 0,001$)
α_2	91,60 ($p < 0,001$)	-0,1 ($p < 0,001$)	11,78 ($p < 0,001$)
α_3	93,67 ($p < 0,001$)	0,28 ($p < 0,001$)	10,14 ($p < 0,001$)
$\alpha_1 : \alpha_2$	-4,89 ($p < 0,001$)	-0,24 ($p < 0,001$)	5,3 ($p < 0,001$)
$\alpha_1 : \alpha_3$	-2,92 ($p < 0,05$)	-0,37 ($p < 0,001$)	6,58 ($p < 0,001$)
$\alpha_2 : \alpha_3$	-2,38	0,28 ($p < 0,001$)	0,47
$\alpha_1 : \alpha_2 : \alpha_3$	34,85 ($p < 0,001$)	1,19 ($p < 0,05$)	-27,88 ($p < 0,001$)
R^2	0,78	0,98	0,88



Фото предоставлено авторами статьи

или 93,5 при полной замене на белковые концентраты. При этом наиболее темный цвет образцов отмечается при использовании КСБ. Использование белковых компонентов, как представлено на рисунках 1б и 1в, привело к смещению оттенков цвета образцов в сторону более теплых цветов – красного ($a^* > 0$) и желтого ($b^* > 0$). Наиболее интенсивное значение красного было присуще образцам с МПСБ и доходило до 0,3. Наиболее интенсивное значение желтого, которое составляло 11, было установлено при использовании КСБ. Изменение данных характеристик связано с существенным влиянием казеина на цвет готового продукта. При использовании сывороточных белков (не содержащих в своем составе казеин) способность поглощать свет увеличивается, а рассеивать – снижается.

Наиболее характерные оттенки цвета для классических разновидностей мороженого, белый и желтый, связаны в основном с содержащимися в продукте белками и жирами. Для оценки этих оттенков в образцах мороженого были рассчитаны индексы белизны и желтизны.

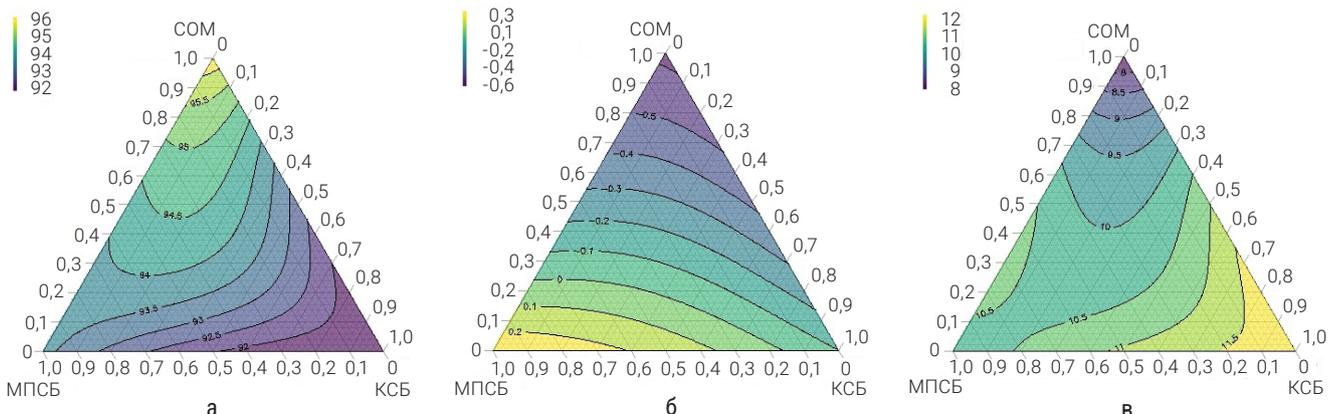


Рисунок 1. Зависимости основных цветовых характеристик L^* (а), a^* (б), b^* (с) от содержания СОМ, КСБ и МПСБ

Для каждого образца в соответствии с формулами (2) и (3) были определены индексы белизны (WI) и желтизны (YI) по полученным значениям L^* , a^* и b^* :

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

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

Установлено, что при замене СОМ на белковые концентраты, мороженое становится менее белым и более желтым: индекс белизны снижается с 92 до 85–89, а индекс желтизны увеличивается с 11 до 15–18. Наибольшее влияние на эти показатели оказывает использование КСБ, однако, его совместное использование с СОМ и/или МПСБ усредняет эти показатели.

Для установления видимости цветовых различий для глаза человека была рассчитана общая цветовая разница образцов, согласно [15] по формуле (4).

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

Сравнение образцов 2–10 с образцом 1 показало, что все образцы имеют существенную разницу цвета, которая видна глазом человека ($3 < \Delta E^*$). Также видимая разница была установлена при сравнении образцов 7, 9, 10 с образцом 2. Другие сравнения образцов показали, что разницы цвета не будет видно или она будет едва различима – $\Delta E^* < 1$ или $1 \leq \Delta E^* \leq 3$.

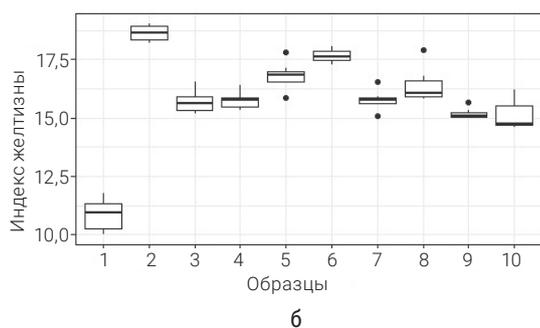
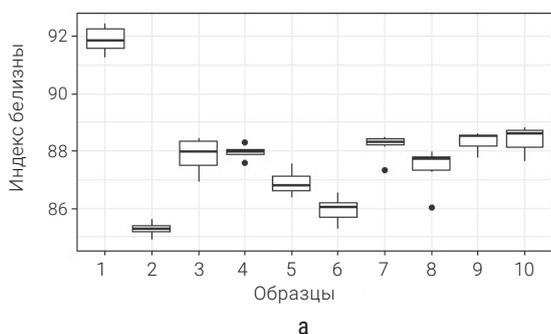


Рисунок 2. Значения индекса белизны (а) и желтизны (б) исследуемых образцов



фото предоставлено авторами статьи

Выводы

Проведенное исследование позволило выявить влияние внесения концентратов сывороточных белков и их микропартикулятов в традиционное мороженое с белками сухого обезжиренного молока на цветовые характеристики мороженого. Наибольшее снижение индекса белизны (до 85) и увеличение индекса желтизны (до 18) наблюдалось при полной

замене сухого обезжиренного молока на концентрат сывороточных белков. При замене сухого обезжиренного молока на белковые компоненты изменение цвета всегда будет очевидно потребителю, значение общей цветовой разницы более 3. Результаты исследований при необходимости могут быть использованы при установлении присутствия сывороточных белков в составе белков мороженого. ■

COLOR PROFILE OF ICE CREAM WITH CONCENTRATES AND WHEY PROTEIN MICROPARTICLES

Igor A. Gursky, Antonina A. Tvorogova

All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food System, Moscow

ORIGINAL ARTICLE

Ice cream is one of the most popular desserts all over the world because it possesses excellent sensory characteristics and is highly nutritional. Whey proteins can increase the biological value of ice cream. They are often used in non-fat dry milk powder to reduce its cost. However, whey proteins and casein differ in color. Therefore, replacing milk solids of non-fat proteins with whey proteins may affect the color profile of the final product. The study registered the color changes in ice cream with different ratios of non-fat dry milk powder, microparticles, and whey protein concentrates. The spectrophotometric method made it possible to assess the key color characteristics, i.e., yellowness, whiteness, and overall color difference. Larger quantities of protein concentrates darkened the final product from 96 to 91.5. A mix of microparticles and whey protein concentrates had no effect on the color profile while each component applied on its own proved significant, as did some other variables. After replacing dry milk proteins, the whiteness index dropped to 85 whereas the yellowness index reached 18. The overall color difference showed that the consumer is likely to notice the replacement of dry milk powder with whey protein concentrates. However, the differences between samples with different ratios were either undetectable or insignificant. The obtained results can be used in qualitative tests to detect the presence of whey proteins in the ice cream protein composition.

Keywords: color, yellowness index, whiteness index, ice cream, whey protein

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Marshall, R. T. Ice Cream / R. T. Marshall, H. D. Goff, R. W. Hartel. – Boston: Springer, 2003. – 366 p. – ISBN 978-0306477003.
2. ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 67.
3. ГОСТ 31457-2012. Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия: межгосударственный стандарт. Введ. 2013-07-01. – М: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
4. Forde, C. G. Influence of Sensory Properties in Moderating Eating Behaviors and Food Intake / C. G. Forde, K. de Graaf // *Frontiers in nutrition*. 2022. № 9. <https://www.doi.org/10.3389/fnut.2022.841444>
5. Xiang, J. A. Literature Review on Maillard Reaction Based on Milk Proteins and Carbohydrates in Food and Pharmaceutical Products: Advantages, Disadvantages, and Avoidance Strategies / J. Xiang [et al.] // *Foods*. 2021. Vol. 10, № 9. 1998. <https://www.doi.org/10.3390/foods10091998>
6. Chudy, S. Colour of milk and milk products in CIE L*a*b* space / S. Chudy [et al.] // *Medycyna Weterynaryjna*. 2020. Vol. 76, № 2. P. 77–81. <https://www.doi.org/10.21521/mw.6327>
7. Doan, F. J. The Color of Cow's Milk and its Value / F. J. Doan // *Journal of Dairy Science*. 1924. № 7. P. 147–153. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(24\)94004-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(24)94004-5)
8. Rui, M. S. Cruz. Practical Food Research / M. S. Cruz Rui. – Portugal: Nova Science Publisher, 2011. – 485 p. – ISBN 9781617285066
9. Henriques, M. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels / M. Henriques, D. Gomes, C. Pereira // *Food Technology and Biotechnology*. 2017. Vol. 55, № 4. P. 454–463. <https://www.doi.org/10.17113/ftb.55.04.17.5248>
10. Wani, S. H. Effects of incorporation of whey protein concentrate on physicochemical, texture, and microbial evaluation of developed cookies / S. H. Wani [et al.] // *Cogent Food & Agriculture*. 2015. Vol. 1, № 1. <https://www.doi.org/10.1080/23311932.2015.1092406>
11. Barros, E. L. Effect of replacement of milk by block freeze concentrated whey in physicochemical and rheological properties of ice cream / E. L. Barros [et al.] // *Food Science and Technology International*. 2021. Vol. 42. <https://www.doi.org/10.1590/fst.12521>
12. González-Martínez, C. Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality / C. González-Martínez [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. 2002. Vol. 13, №9–10. P. 334–340.
13. Morgan, F. Lactose crystallisation and early Maillard reaction in skim milk powder and whey protein concentrates / F. Morgan [et al.] // *Lait*. 2005. № 85. P. 315–323.
14. Hossain, M. K. Microstructure and Physicochemical Properties of Light Ice Cream: Effects of Extruded Microparticulated Whey Proteins and Process Design / M. K. Hossain [et al.] // *Foods*. 2021. Vol. 10, № 6. <https://doi.org/10.3390/foods10061433>
15. Quintanilla, P. Characteristics of ripened Tronchón cheese from raw goat milk containing legally admissible amounts of antibiotics / P. Quintanilla [et al.] // *Journal of dairy science*. 2019. Vol.102, № 4. P. 2941–2953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15532>