Научная статья/Research Article
УДК 663.674
DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-180-187

Полина Геннадьевна Задергина[1], **Ксения Александровна Череватова**[2], **Анна Викторовна Борисова**[3]✉
[1,2,3]Самарский государственный технический университет, Самара, Россия
[1]polina105501@gmail.com
[2]ksenia2001a@icloud.com
[3]anna_borisova_63@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОЖИРНОГО МОРОЖЕНОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ МАТРИЦ

Цель исследования – разработка рецептур мороженого с пониженным содержанием жира и сахара. Была рассмотрена трехкомпонентная матрица из яблочного пюре, молочной сыворотки и альгината натрия в качестве заменителя сахара и жира в мороженом. Полученная матрица отличается содержанием в своем составе белковой, липидной и углеводной фракции. В образцах мороженого заменяли 0 %, 50 и 100 % сливок и сахара трехкомпонентной матрицей. Определяли органолептические показатели, взбитость мороженого, скорость таяния, время появления первой капли, время накопления 10 мл. Образцы мороженого отличались хорошими органолептическими показателями, приятным вкусом, ароматом и консистенцией. Несмотря на отсутствие сливок и сахара, образец со 100 % заменой сливок и сахара имел приятный молочный вкус, консистенция также напоминала сливочное мороженое, хотя была наиболее пенообразной. Также из-за более пенообразной консистенции данный образец мороженого был менее устойчив и быстро терял свою форму. Показатель взбитости в опытном образце со 100 % заменой сливок и сахара (251 %) в два раза выше по сравнению с опытным образцом с 50 % заменой сливок и сахара (121 %) и почти в 5 раз больше, чем у контрольного образца (57 %), это указывает на то, что отсутствие жирных сливок и добавление трехкомпонентной матрицы способствуют большему насыщению смеси при ее взбивании. Взбитость опытных образцов находится в диапазонах взбитости мороженого пломбира, что свидетельствует о высоком потенциале применения трехкомпонентной матрицы для замены жира в мороженом без ухудшения его характеристик взбитости.

***Ключевые слова**: яблочное пюре, молочная сыворотка, альгинат натрия, взбитость, замена сахара, диетический продукт*

***Для цитирования**: Задергина П.Г., Череватова К.А., Борисова А.В.* Получение низкожирного мороженого с использованием трехкомпонентных матриц // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 180–187. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-180-187.

Polina Gennadievna Zadergina[1], **Ksenia Alexandrovna Cherevatova**[2], **Anna Viktorovna Borisova**[3]✉
[1,2,3]Samara State Technical University, Samara, Russia
[1]polina105501@gmail.com
[2]ksenia2001a@icloud.com
[3]anna_borisova_63@mail.ru

© Задергина П.Г., Череватова К.А., Борисова А.В., 2023
Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 180–187.
Bulliten KrasSAU. 2023;(4):180–187.

LOW-FAT ICE CREAM PRODUCTION USING THREE-COMPONENT MATRICES

The purpose of the study is to develop ice cream formulations with reduced fat and sugar content. A three-component matrix of applesauce, whey and sodium alginate was considered as a substitute for sugar and fat in ice cream. The resulting matrix differs in the content of protein, lipid and carbohydrate fractions in its composition. In ice cream samples, 0 %, 50 %, and 100 % cream and sugar were replaced with a three-component matrix. The organoleptic parameters, whipping ice cream, melting rate, time of appearance of the first drop, accumulation time of 10 ml were determined. Ice cream samples were distinguished by good organoleptic characteristics, pleasant taste, aroma and texture. Despite the absence of cream and sugar, the sample with 100 % cream and sugar replacement had a pleasant milky taste, the consistency was also similar to ice cream cream, although it was the most foamy. Also, due to the more foamy consistency, this ice cream sample was less stable and quickly lost its shape. The whipping rate in the test sample with 100 % cream and sugar replacement (251 %) is twice as high as in the test sample with 50 % cream and sugar replacement (121 %) and almost 5 times higher than in the control sample (57 %), which indicates that the absence of heavy cream and the addition of a three-component matrix contribute to a greater saturation of the mixture when it is whipped. The test samples whipping is in the range of the ice cream sundae whipping which indicates a high potential for using a three-component matrix to replace fat in ice cream without deteriorating its whipping characteristics.

Keywords: *applesauce, whey, sodium alginate, whipping, sugar replacement, dietary product*

For citation: *Zadergina P.G., Cherevatova K.A., Borisova A.V.* Low-fat ice cream production using three-component matrices // Bulliten KrasSAU. 2023;(4): 180–187. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-180-187.

Введение. Мороженое представляет собой сложный многофазный пищевой продукт, состоящий из кристаллов льда, пузырьков воздуха, шариков жира и частично сросшихся скоплений жировых глобул, диспергированных в незамерзшей вязкой сыворотке. Как правило, мороженое содержит примерно 10–16 % жира, а жировая структура играет важную роль в определении качества мороженого. Жировая структура объясняет сухость мороженого при выдавливании из фризера, отвечает за формуемость, сохранение формы при растапливании, гладкость консистенции и выполняет роль носителя вкуса. Следовательно, устранение или уменьшение содержания жира в мороженом приводит к нарушению сети жировых глобул и изменению качества продукта. Напротив, потребители, заботящиеся о своем здоровье, используют пищевые продукты с пониженным или низким содержанием жира, поскольку чрезмерное потребление жира увеличивает риск связанных с ожирением заболеваний, таких как сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет [1].

Таким образом, для смягчения дефектов, возникающих в готовом мороженом из-за пониженного содержания жира, используют различные заменители жира. Заменители жира – это вещества, которые могут имитировать физические и органолептические свойства жиров в пищевых продуктах, но содержат меньше калорий. В зависимости от состава заменители жира обычно делят на три группы: липидные, белковые и углеводные. Хотя используются заменители жира на основе липидов, содержащие эмульгаторы или структурированные липиды, заменители жира на белковой и углеводной основе чаще встречаются в продуктах с пониженным содержанием жира, каждый из которых имеет разные функциональные свойства и может использоваться отдельно или в виде смеси [2]. Индустрия мороженого должна реагировать на требования потребителей с точки зрения хорошего качества и органолептических характеристик. В связи с этим было разработано множество составов для замены жира или сахара для производства более полезного мороженого с низкой калорийностью, такого как мороженое с пищевыми волокнами, пробиотиками, белками, гелями [3–8]. В основном отечественные разработки направлены на замену жира или сахара одно-, реже двухкомпонентными системами, что не всегда приводит к требуемому результату. К примеру, использование продуктов переработки крахмала для восполнения сухих веществ в мороженом одновременно повышает энергетическую ценность мороженого, что несколько нивелирует затраченные усилия на исключение или снижение содержания жира в мороженом [6].

Снижение калорийности за счет включения воздуха в пищевые матрицы приводит к заметному снижению энергетической ценности, замедлению скорости опорожнения желудка и продолжительности чувства сытости. Потребление пищи сильно зависит от ее объема, и аэрированные пищевые продукты могут давать ощущение сытости по сравнению с неаэрированными эквивалентами [9, 10]. В качестве новых структур, способных заменить жир и сахар в мороженом, большой интерес представляют трехкомпонентные матрицы, содержащие в своем составе белковую, углеводную и липидную фракцию. В этом исследовании мы использовали стабильную пену на основе яблочного пюре/молочной сыворотки/альгината натрия в качестве заменителя жира и сахара в модели мороженого.

Сывороточные белки часто используются в пищевых продуктах благодаря их технологической функциональности и питательным свойствам. Они содержат в основном β-лактоглобулин и α-лактальбумин с уникальными функциональными характеристиками и межфазной активностью для стабилизации границ раздела воздух/вода и масло/вода в различных пищевых продуктах. Альгинат натрия представляет собой анионный, биоразлагаемый, биосовместимый, неиммуногенный и нетоксичный биополимер со звеньями маннуроновой кислоты и гиалуроновой кислоты, присоединенными к (1→4) связи. Он часто используется в пищевой промышленности в качестве стабилизатора и загустителя [11]. Яблочное пюре – пищевой продукт, содержащий в своем составе натуральный пектин, благодаря которому яблочное пюре обладает пенообразующей и пеноудерживающей способностью, что используется в производстве зефира.

Цель исследования – разработка рецептур мороженого с пониженным содержанием жира.

Задачи: рассчитать рецептуры мороженого с пониженным содержанием жира с 0, 50, 100 % заменой вносимых сливок трехкомпонентной матрицей, включающей яблочное пюре, молочную сыворотку, альгинат натрия; изучить органолептические и физико-химические свойства мороженого с пониженным содержанием жира; оценить эффект снижения и замены жира в мороженом.

Объекты и методы. Материалами, использованными в этом исследовании, были альгинат натрия, сыворотка молочная свежая, молоко коровье (3,2% жирности), стерилизованные и гомогенизированные сливки (33% жирности), сухое обезжиренное молоко (40 % белка), пюре яблочное детское (19% углеводы), сахар.

Приготовление трехкомпонентной матрицы. Альгинат натрия смешивали с молочной сывороткой. Затем к раствору добавляли пюре яблочное и конечный биополимерный раствор взбивали миксером в течение 5 мин на максимальной скорости. Объем смеси увеличился в 4 раза.

В качестве объектов исследования выступали образцы мороженого: 1) контрольный образец, полученный по классической рецептуре сливочного мороженого; 2) опытный образец 1, где 50 % сливок и сахара было заменено на трехкомпонентную матрицу; 3) опытный образец 2, в котором 100 % сливок и сахара было заменено на трехкомпонентную матрицу (табл. 1).

Таблица 1

Рецептура мороженого, г

Сырье	Масса сырья	В т. ч.			
		сахарозы	жира	СОМО	сухих веществ
1	2	3	4	5	6
Контрольный образец					
Молоко коровье цельное	55,5	–	1,8	4,5	6,3
Сливки	18,5	–	6,1	1,1	7,2
Молоко сухое обезжиренное	7,0	–	0,1	6,2	6,3
Сахар-песок	13,0	13,0	–	–	13,0
Альгинат натрия	0,5	–	–	–	0,5
Вода	5,5	–	–	–	–
Всего	100	13,0	8,0	11,8	33,3

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Опытный образец 1					
Молоко коровье цельное	55,5	–	1,8	4,5	6,3
Сливки	9,3	–	3,0	0,6	3,6
Молоко сухое обезжиренное	7,0	–	0,1	6,2	6,3
Сахар-песок	6,5	6,5	–	–	6,5
Трехкомпонентная матрица	21,7	–	–	0,5	3,1
Всего	100	6,5	4,9	11,8	25,8
Опытный образец 2					
Молоко коровье цельное	55,5	–	1,8	4,5	6,3
Молоко сухое обезжиренное	7,0	–	0,1	6,2	6,3
Трехкомпонентная матрица	37,5	–	–	0,9	5,4
Всего	100	0,0	1,9	11,6	18,0

Технология приготовления контрольного образца. Альгинат растворяют в воде и смешивают с молоком и сливками, затем смесь нагревают до 40 °С. Вносят сухие компоненты. Далее смесь пастеризуют при 68 °С в течение 10 мин, затем охлаждают до 4 °С, при этой же температуре проводят созревание смеси в течение 12 ч. Затем смесь переносят в мороженицу периодического действия и замораживают в течение 20 мин.

Технология приготовления опытного образца 1. Сахар и сухое обезжиренное молоко смешивают с подогретым молоком и сливками при 40 ºС. Смесь пастеризуют при 68 ºС в течение 10 мин, затем охлаждают и хранят при 4 °С в течение 12 ч для созревания. Перед помещением во фризер к смеси добавляют взбитую трехкомпонентную матрицу. Смесь замораживают в течение 20 мин.

Технология приготовления опытного образца 2. Сухое обезжиренное молоко смешивают с подогретым молоком и сливками при 40 °С. Смесь пастеризуют при 68 °С в течение 10 мин, затем охлаждают и хранят при 4 °С в течение 12 ч для созревания. Перед помещением смеси во фризер вносят трехкомпонентную матрицу. Затем смесь замораживают в течение 20 мин.

В образцах мороженого определяли органолептические показатели по ГОСТ 31457-2012; сопротивление мороженого таянию по времени появления первой капли, времени накопления 10 мл. Время появления первой капли и время накопления 10 мл измеряли при помощи секундомера. Скорость таяния мороженого определяли по количеству растаявшего мороженого в течение 1 ч, замеры проводили каждые 5 мин. Взбитость мороженого определяли по ГОСТ 31457-2012.

Результаты и их обсуждение. В таблице 2 представлены результаты органолептической оценки контрольного образца, опытного образца 1 и опытного образца 2.

По результатам оценки можно отметить, что опытный образец 2 больше всех отличался своей консистенцией, имел более специфичный вкус. В нем наиболее было выражено присутствие яблочного пюре, вследствие чего образец приобрел характерную кислинку. Несмотря на отсутствие сливок и сахара, образец имел приятный вкус, молочный цвет, консистенция также напоминала сливочное мороженое, хотя была наиболее пенообразной. Также из-за более пенообразной консистенции данный образец мороженого был менее устойчив и быстро терял свою форму. Два других образца отличались друг от друга в незначительной степени, контрольный образец имел классический сливочный вкус, опытный образец 1, в свою очередь, не потерял сливочность и консистенцию, несмотря на добавку в виде трехкомпонентной матрицы.

Время появления первой капли, накопления 10 мл и взбитость мороженого представлены в таблице 3.

Таблица 2

Органолептический анализ трех видов мороженого

Образец	Органолептические показатели				
	Внешний вид	Вкус и аромат	Цвет	Консистеция	Структура
Контрольный		Сладко-сливочный	Молочный	Плотная	Однородная, без ощутимых комочков жира, стабилизатора и эмульгатора, частичек белка и лактозы, кристаллов льда
Опытный 1		Сладко-сливочный	Молочный	Плотная	
Опытный 2		Молочный, с кислинкой	Молочный	Пенообразная	

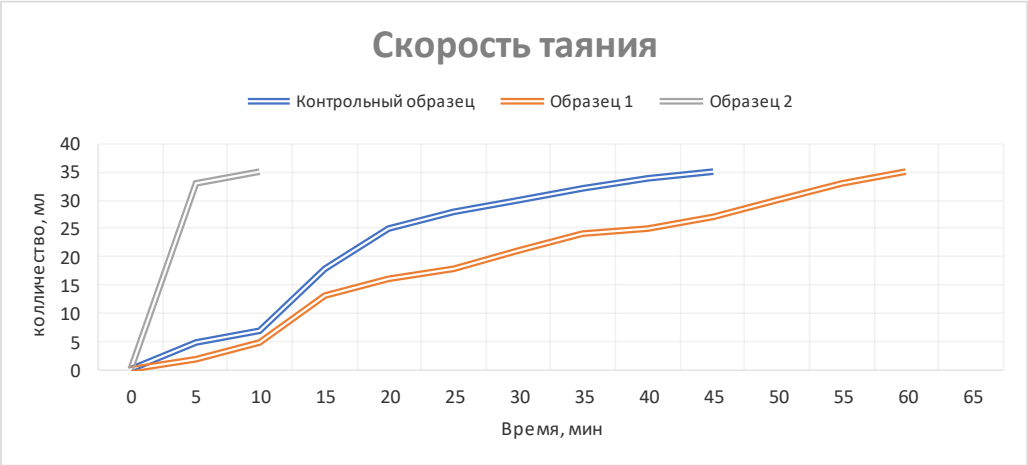
Таблица 3

Физико-химические показатели

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец 1	Опытный образец 2
Время, мин: – появления первой капли	12,46	7,30	4,14
– накопления 10 мл	12	14	2
Взбитость, %	57	121	251

Из таблицы 3 следует, что показатель взбитости в опытном образце 2 в два раза выше по сравнению с опытным образцом 1 и почти в 5 раз больше, чем у контрольного образца, это указывает на то, что отсутствие жирных сливок и добавление трехкомпонентной матрицы способствуют большему насыщению смеси при ее взбивании. Взбитость опытных образцов находится в диапазонах взбитости мороженого пломбира, что свидетельствует о высоком потенциале применения трехкомпонентной матрицы для замены жира в мороженом без ухудшения его характеристик взбитости.

Динамика таяния мороженого показана на рисунке.



Скорость таяния мороженого

Образцы при таянии сохраняли свою форму и плотную консистенцию в течение продолжительного времени, за исключением опытного образца 2. Из-за своей пенообразности мороженое полностью растаяло за 10 мин, при этом не сохранив свою изначальную структуру. Контрольный образец имеет наименьшую продолжительность таяния и низкий процент взбитости за счет более плотной консистенции.

Выработанное мороженое по данным рецептурам по органолептическим, физико-химическим показателям и показателям безопасности соответствует требованиям Р ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции». Калорийность всех трех видов мороженого представлена в таблице 4.

Таблица 4

Калорийность образцов мороженого, ккал

Образец	Калорийность
Контрольный	167
Опытный 1	121
Опытный 2	66

Из таблицы 4 видно, что благодаря снижению количества жира и сахара в рецептуре калорийность мороженого уменьшается.

Заключение. В результате выполненной работы были разработаны рецептуры мороженого с пониженным содержанием жира – 4,9 и 1,9 %. При этом в мороженом сохранилось содержание СОМО на уровне 11,6–11,8 %, но снизилось содержание сухих веществ до 18 %. Органолептические показатели мороженого с пониженным содержанием жира практически не отличались от контрольного образца. Исключение составил образец со 100 % заменой сливок и сахара на трехкомпонентную матрицу, имеющий более кислый вкус и пенообразную консистенцию. Взбитость мороженого с заменой жира на трехкомпонентную матрицу в дозировке 50 % увеличилась в 2 раза, в дозировке 100 % в 4,4 раза по сравнению с контрольным образцом сливочного мороженого. Однако мороженое с заменой жира отличалось быстрым появлением первой капли и высокой скоростью таяния. В целом замена жира в мороженом трехкомпонентной матрицей, включающей яблочное пюре, молочную сыворотку и альгинат натрия, привела к положительным результатам, в том числе снижению калорийности десерта с 167 ккал до 66 ккал.

Список источников

1. Microstructure and meltdown properties of low-fat ice cream: Effects ofmicroparticulated soy protein hydrolysate/xanthan gum (MSPH/XG) ratioand freezing time / *Lei Yan*

[et al.] // Journal of Food Engineering. 2021. № 291. P. 1–11.
2. Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream / *Ben Yu* [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2021. № 254. P. 1–10.
3. Разработка рецептуры и анализ свойств мороженого с добавлением пива / *М.С. Воронина* [и др.] // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 67–72.
4. *Боголюбова Д.А*. Влияние нетрадиционного сырья на органолептические показатели мороженого и на его пищевую ценность // Наука без границ. 2020. № 3 (43). С. 27–32.
5. *Шобанова Т.В.,Творогова А.А*. Влияние замены сахарозы глюкозно-фруктозным сиропом на показатели качества мороженого пломбир // Техника и технология пищевых производств. 2021. № 3. С. 604–614.
6. *Творогова А.А., Казакова Н.В., Ландиховская А.В*. Применение продуктов переработки крахмала для восполнения концентрации в мороженом с низким содержанием жира // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 5. С. 77–81.
7. *Зайцев К.А., Новокшанова А.Л*. Изучение влияния углеводного компонента на потребительские свойства мороженого // Ползуновский вестник. 2021. № 4. С. 47–51.
8. *Гурский И.А., Творогова А.А*. Влияние концентратов сывороточных белков на технологические и органолептические показатели качества мороженого // Техника и технология пищевых производств. 2022. № 3. С. 439–448.
9. *Lopez-Martínez M.I., Moreno-Fernandez S., Miguel M.* Development of functional ice cream with egg white hydrolysates // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2021. № 25. P. 1–3.
10. *Klojdova I., Stathopoulos C.* W/o/w multiple emulsions: A novel trend in functional ice cream preparations // Food Chemistry: X, 2022. № 16. P. 1–3.
11. *Nooshkam M., Varidi M., Alkobeisi F*. Licorice extract/whey protein isolate/sodium alginate ternary complex-based bioactive food foams as a novel strategy to substitute fat and sugar in ice cream // Food Hydrocolloids. 2022. № 135. P. 1–12.

References

1. Microstructure and meltdown properties of low-fat ice cream: Effects ofmicroparticulated soy protein hydrolysate/xanthan gum (MSPH/XG) ratioand freezing time / *Lei Yan* [et al.] // Journal of Food Engineering. 2021. № 291. P. 1–11.
2. Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream / *Ben Yu* [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2021. № 254. P. 1–10.
3. Razrabotka receptury i analiz svojstv morozhenogo s dobavleniem piva / *M.S. Voronina* [I dr.] // Polzunovskij vestnik. 2022. № 1. S. 67–72.
4. *Bogolyubova D.A*. Vliyanie netradicionnogo syr'ya na organolepticheskie pokazateli morozhenogo i na ego pischevuyu cennost' // Nauka bez granic. 2020. № 3 (43). S. 27–32.
5. *Shobanova T.V.,Tvorogova A.A*. Vliyanie zameny saharozy glyukozno-fruktoznym siropom na pokazateli kachestva morozhenogo plombir // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2021. № 3. S. 604–614.
6. *Tvorogova A.A., Kazakova N.V., Landihovskaya A.V*. Primenenie produktov pererabotki krahmala dlya vospolneniya koncentracii v morozhenom s nizkim soderzhaniem zhira // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2020. № 5. S. 77–81.
7. *Zajcev K.A., Novokshanova A.L*. Izuchenie vliyaniya uglevodnogo komponenta na potrebitel'skie svojstva morozhenogo // Polzunovskij vestnik. 2021. № 4. S. 47–51.
8. *Gurskij I.A., Tvorogova A.A*. Vliyanie koncentratov syvorotochnyh belkov na tehnologicheskie i organolepticheskie pokazateli kachestva morozhenogo // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2022. № 3. S. 439–448.
9. *Lopez-Martínez M.I., Moreno-Fernandez S., Miguel M.* Development of functional ice cream with egg white hydrolysates // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2021. № 25. P. 1–3.
10. *Klojdova I., Stathopoulos C.* W/o/w multiple emulsions: A novel trend in functional ice cream preparations // Food Chemistry: X, 2022. № 16. P. 1–3.

11. *Nooshkam M., Varidi M., Alkobeisi F.* Licorice extract/whey protein isolate/sodium alginate ternary complex-based bioactive food foams as a novel strategy to substitute fat and sugar in ice cream // Food Hydrocolloids. 2022. № 135. P. 1–12.

Статья принята к публикации 09.03.2023 / The article accepted for publication 09.03.2023.

Информация об авторах:

Полина Геннадьевна Задергина[1], студент 4-го курса
Ксения Александровна Череватова[2], студент 4-го курса
Анна Викторовна Борисова[3], доцент Высшей биотехнологической школы, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

Polina Gennadievna Zadergina[1], 4th year Student
Ksenia Alexandrovna Cherevatova[2], 4th year Student
Anna Viktorovna Borisova[3], Associate Professor at the Higher School of Biotechnology, Candidate of Technical Sciences, Docent