



ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО С ПОНИЖЕННЫМ ГЛИКЕМИЧЕСКИМ ИНДЕКСОМ

Д. Д. Федоренко, студентка 4-го курса,
e-mail: f.d.d.2000@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

С. В. Агафонова, канд. техн. наук, доцент кафедры
пищевой биотехнологии,
e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Проведены маркетинговые исследования по обоснованию актуальности проектирования нового вида мороженого с пониженным гликемическим индексом, обогащенного пребиотиками инулином и лактулозой. Исследовано их влияние на структурно-механические свойства мороженого, методом математического моделирования установлены их оптимальные дозировки для введения в продукт (1,65 кг и 1,55 кг на 100 кг готовой продукции соответственно). В лабораторных исследованиях установлен химический состав готового мороженого, определены физико-химические и органолептические показатели качества.

Ключевые слова: *кисломолочное мороженое, пребиотики, инулин, лактулоза, эритрит, функциональный продукт*

ВВЕДЕНИЕ

Кисломолочное мороженое — продукт длительного хранения с живой молочнокислой микрофлорой, со специфическими потребительскими свойствами, приобретенными в процессе насыщения воздухом и замораживания во фризере [8]. Одним из важных принципов здорового питания является поддержание нормальной микрофлоры кишечника, которое осуществляется за счет потребления продуктов, содержащих в своем составе определенные живые микроорганизмы [6].

Введение в состав кисломолочного мороженого таких пребиотиков, как инулин и лактулоза, а также замена сахара на подсластитель эритрит способствуют повышению биологической ценности данного продукта [1].

Инулин является растительным полисахаридом и эффективным пребиотиком, который хорошо растворяется в воде и способствует улучшению работы желудочно-кишечного тракта. Данный полисахарид не оказывает влияние на уровень глюкозы в крови, содержит большое количество пищевых волокон и может использоваться в рационе людей с повышенным уровнем сахара в крови или даже больных сахарным диабетом. Инулин способствует развитию собственной полезной микрофлоры кишечника и подавляет жизнедеятельность патогенных микроорганизмов, а также нейтрализует действие различных токсичных веществ, попадающих в организм человека [7].

Дисахарид лактулоза является изомером лактозы, который состоит из молекул галактозы и фруктозы. Лактулоза обладает функциональной стабильностью, т.е. она способна сохранять свои полезные свойства при различных внешних условиях среды и технологических

режимах. Более того, лактулоза оказывает стимулирующее действие на общий иммунитет организма и обладает антиканцерогенным действием [4].

Вышеописанные пребиотики активно используют в технологии производства некоторых видов кисломолочных продуктов для придания им функциональных свойств. Помимо этого, данные добавки положительно влияют и на качество готовой кисломолочной продукции. Повышается выживаемость микрофлоры заквасок при замораживании или длительном хранении, улучшается консистенция (становится более однородной) и стабильность аэрированных продуктов, а также увеличиваются сроки хранения [2].

В качестве сахарозаменителя был выбран эритрит. Он представляет собой простейший четырехатомный спирт, получаемый из различного углеводного сырья с помощью ферментативного биосинтеза. Этот подсластитель обладает значительной термической стабильностью и чистым сладким вкусом, подобным сахарозе, что делает его пригодным для производства кондитерских изделий [5].

Использование данных пребиотиков и подсластителя позволит расширить ассортимент и создать новые виды молочной продукции с учётом всех потребностей и предпочтений покупателей.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования явились образцы кисломолочного мороженого, изготовленные из молока коровьего пастеризованного с массовой долей жира 2,5 %, сливок пастеризованных с массовой долей жира 33 %, молока сухого обезжиренного с массовой долей жира 1,5 %. Сбраживание молочного сырья осуществлялось при внесении закваски молочнокислых микроорганизмов VIVO производителя ООО «ВИВО Индустрия» (Россия, г. Москва) следующего состава: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus gasseri*, *Bifidobacterium infantis*. Молочное сырье сквашивали до достижения кислотности 78 °Т, после чего направляли на фризирование.

В качестве пребиотиков, влияющих также на структурно-механические свойства мороженого, использовали комбинацию инулина (ФитЭффектум, Россия, г. Балахна) и лактулозы (ООО «Фелицата Холдинг», Россия, г. Москва).

Для улучшения органолептических свойств продукта в рецептуру вводили сахарозаменитель эритрит, экстракт ванили и ксантановую камедь.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования явилась оптимизация рецептуры кисломолочного мороженого с пониженным гликемическим индексом, обогащенного пребиотиками.

Для достижения поставленной цели решались задачи по обоснованию актуальности проектирования нового продукта для потребителей Калининградской области, оптимизации рецептуры кисломолочного мороженого методом математического моделирования, исследованию структурно-механических свойств и показателей качества готовой продукции. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для планирования эксперимента при моделировании и оптимизации рецептуры кисломолочного мороженого применяли ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка для двух факторов. В качестве изменяемых факторов были выбраны дозировки инулина и лактулозы в г на одну загрузку лабораторного фризера (490 г). Значения факторов и интервалы их варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения изменяемых факторов (дозировки инулина и лактулозы) и пределы их варьирования

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	Нижний -1	Основной 0	Верхний +1	
Содержание инулина $M_{и}$ (X_1), г	5	10	15	5
Содержание лактулозы $M_{л}$ (X_2), г	2	6	10	4

Частным параметром оптимизации математической модели был выбран безразмерный обобщенный параметр оптимизации y , объединяющий три частных отклика: органолептическая оценка качества продукта (O , балл), взбитость (B , %), твердость (T , г). Совокупность данных частных откликов позволяет получить наиболее гармоничную композицию разрабатываемого продукта.

Органолептическая оценка качества образцов мороженого проводилась по специально разработанной 15-балльной шкале с учетом коэффициентов значимости определенных показателей качества. Органолептические свойства кисломолочного мороженого оценивались по внешнему виду, вкусу, запаху, цвету, структуре и консистенции. Определение структурно-механических свойств проводилось при помощи анализатора текстуры BROOKFIELD CT3 (рисунок 1).



Рисунок 1 – CT3 Текстурирующий анализатор Brookfield

Определение кислотности, влаги и сухих веществ, белка по Кьельдалю, содержания сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), взбитости проводились стандартными методами по ГОСТ Р 54669, ГОСТ Р 54668, ГОСТ 23327, ГОСТ 547161, ГОСТ 32929 соответственно.

Определение содержания жира проводилось гравиметрическим методом после его экстрагирования диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета. Определение массовой доли золы проводилось после сжигания навески в муфельной печи при температуре 700 °С. Содержание углеводов устанавливали расчетным способом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Маркетинговые исследования

С целью определения потребности в новом виде кисломолочного десерта были проведены маркетинговые исследования, в ходе которых с применением специальной анкеты было опрошено 118 респондентов – жителей г. Калининграда и Калининградской области.

Согласно проведенным исследованиям установлено, что 32,2 % опрошенных страдают заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта. Большая часть потребителей осве-

домлены о положительном влиянии пре- и пробиотиков на функционирование органов желудочно-кишечного тракта: точно знают (37 %); имеют представление (61 %); не имеют понятия (2 %). Подавляющее большинство респондентов (88 %) оказались готовы к употреблению нового кисломолочного мороженого. Основные результаты маркетинговых исследований представлены на рисунке 2.

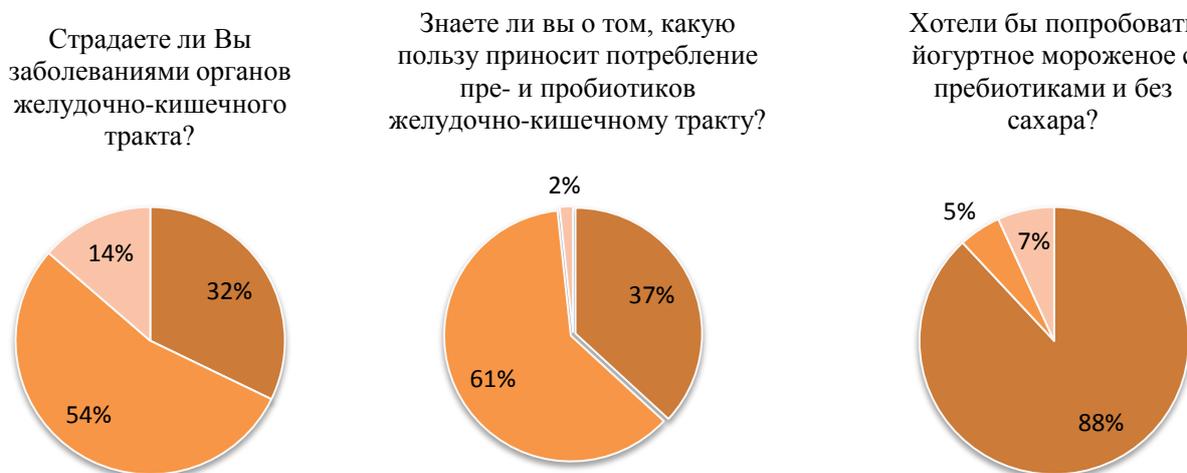


Рисунок 2 – Результаты маркетинговых исследований

Математическое моделирование рецептуры кисломолочного мороженого

План эксперимента по оптимизации рецептуры кисломолочного мороженого и результаты его реализации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – План эксперимента по моделированию и оптимизации рецептуры кисломолочного мороженого с добавлением инулина и лактулозы и результаты его реализации

№ опыта	План эксперимента		Частные отклики			Частные безразмерные отклики			Обобщенный параметр оптимизации, у
	Ми, г	Мл, г	О, баллы	В, %	Т, г	S_o^2	S_B^2	S_T^2	
1	15	10	13,2	33	5478	0,0144	0,1156	7,0331	7,1631
2	5	10	14,5	45	1622	0,0011	0,01	0,0066	0,0177
3	15	2	12,9	33	4143	0,0196	0,1156	3,1046	3,2398
4	5	2	13,9	32	5420	0,0054	0,1296	6,8295	6,9645
5	15	6	13,1	39	4002	0,0160	0,0484	2,7822	2,8466
6	5	6	14,7	48	1130	0,0004	0,0016	0,0608	0,0628
7	10	10	14,0	55	2218	0,0044	0,01	0,2291	0,2435
8	10	2	13,8	30	3315	0,0054	0,16	1,4641	1,6295
9	10	6	14,9	51	1516	0,00004	0,0004	0,0001	0,0005

Анализ таблицы 2 показал, что для качества мороженого оптимальными являются содержание инулина и лактулозы в количестве 10 г и 6 г соответственно. Совокупность благоприятных значений частных откликов отразилась в минимальной величине обобщенного параметра оптимизации – 0,0005.

В результате вычисления коэффициентов математической регрессии была получена кодированная математическая модель рецептуры:

$$y = 2,4631 + 1,0341 \cdot x_1 - 0,7349 \cdot x_2 + 2,7215 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,7579 \cdot x_1^2 + 2,2399 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

где y – параметр оптимизации;
 x_1 – содержание инулина,
 x_2 – содержание лактулозы.

В результате математических преобразований была получена модель рецептуры кисломолочного мороженого в натуральном выражении:

$$y=21,2955-2,8158*M_{и}-3,2235*M_{л}+0,1361*M_{и}*M_{л}+0,1103*M_{и}^2+0,1399*M_{л}^2 \quad (2)$$

где y – параметр оптимизации.
 $M_{и}$ – содержание инулина, г;
 $M_{л}$ – содержание лактулозы, г.

Расчетным путем найдены оптимальные дозировки инулина и лактулозы: 8,1 и 7,6 г на одну загрузку лабораторного фризера (490 г) соответственно, что наглядно представлено на графической модели (рисунок 3).

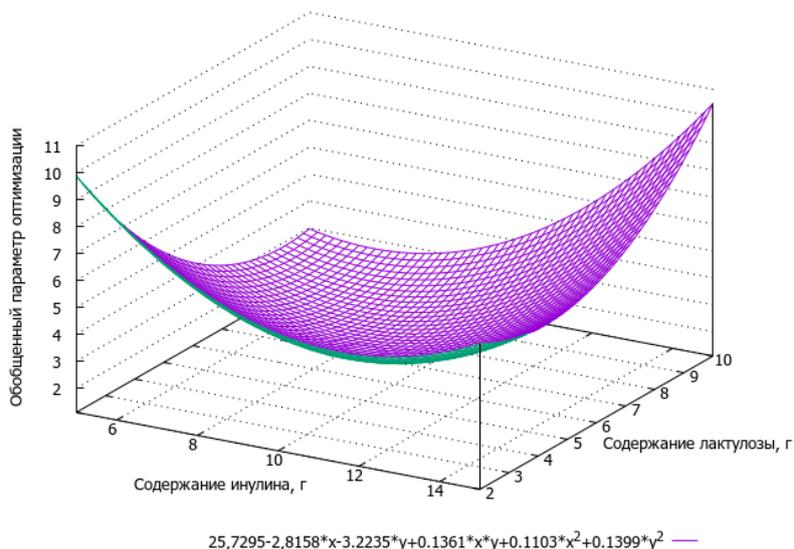


Рисунок 3 – Графическая интерпретация модели рецептуры кисломолочного мороженого с пребиотиками

Оптимальные дозировки инулина и лактулозы в пересчете на 100 кг готового мороженого составят 1,65 кг и 1,55 кг соответственно.

Структурно-механические свойства

Реологические свойства являются одним из важных показателей качества готового мороженого. Обеспечение правильной консистенции и улучшение структурно-механических свойств осуществляется за счет внесения оптимального количества инулина и лактулозы. На рисунке 4 представлены кривые деформации образцов мороженого с различными концентрациями инулина и лактулозы. По оси ординат расположены значения нагрузки (г), которая прикладывается к образцу. Таким образом по кривым определяли твердость образца мороженого как максимальную испытываемую им нагрузку.

При внесении установленных опытным путем дозировок добавок улучшается взбитость продукта и, как следствие, увеличивается мягкость готового мороженого. При внесении избыточного или недостаточного количества наблюдается повышение твердости, что негативно отражается на органолептических показателях готовой продукции. При внесении слишком большого количества инулина отмечается крошливость консистенции.

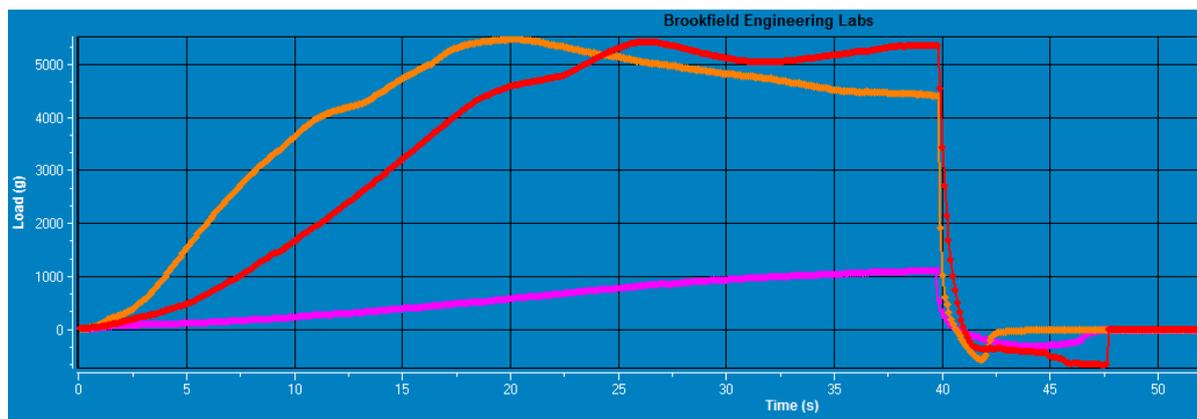


Рисунок 4 – Кривые деформации опытных образцов кисломолочного мороженого (красный цвет – образец с максимальным количеством инулина и лактулозы; оранжевый цвет – образец с минимальным количеством инулина и лактулозы; фиолетовый цвет – образец с оптимальным количеством инулина и лактулозы)

Исследование качества готовой продукции

Кисломолочное мороженое без сахара, обогащенное пребиотиками – сбалансированный по биологически активным компонентам продукт, обладающий высокой биологической ценностью. Внесение обогащающих компонентов потенциально позволяет считать кисломолочное мороженое функциональным продуктом, поскольку при употреблении 150 г (ежесуточная норма) удовлетворяется суточная потребность организма в пищевых волокнах на 16 % (от адекватного уровня потребления), лактулозе – на 90 % (от адекватного уровня потребления). По содержанию инулина 150 г мороженого с избытком покрывает дневную потребность человека, при этом не превышая верхний допустимый уровень его потребления [3].

По органолептическим и физико-химическим показателям кисломолочное мороженое, обогащенное пребиотиками, должно соответствовать требованиям разработанных Технических условий (проект) и ГОСТ 32929-2014 "Мороженое кисломолочное. Технические условия", указанным в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Органолептические показатели кисломолочного мороженого, обогащенного пребиотиками

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Порция, обусловленная геометрией формующего устройства или потребительской упаковки, без глазури (шоколада)
Вкус и запах	Чистый кисло-сладкий, характерный для кисломолочных продуктов со вкусом и ароматом ванили. Посторонние привкус и запах не допускаются
Структура	Однородная, с органолептически неощутимыми кристаллами льда, без ощутимых комочков стабилизатора и эмульгатора
Консистенция	Плотная
Цвет	Равномерный по всей массе светло-бежевый цвет, соответствующий цвету используемого сырья

Таблица 5 – Химический состав и показатели качества готовой продукции

Наименование показателя	Значения, полученные для готового мороженого	Нормативные значения
Массовая доля влаги, %	67	не нормируется
Массовая доля сухих веществ, %	33,0	29,0–33,0
Массовая доля белка, %	7,2	не нормируется
Массовая доля жира, %	7,4	0,5–7,5
Массовая доля минеральных веществ, %	1,0	не нормируется
Массовая доля углеводов*, % в том числе:	17,4	не нормируется
- лактоза	14,2	
- пищевые волокна	3,2	
Калорийность*, ккал	165	не нормируется
Кислотность, °Т	78	не более 90
Взбитость, %	51	30–90
Массовая доля СОМО, %	9,1	8,5–9,5

*данные получены расчетным путем

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Употребление нового продукта – кисломолочного мороженого с пребиотиками и без сахара – может быть рекомендовано детям дошкольного, школьного возраста, студентам, а также всем категориям взрослого населения в качестве источника натурального молочного белка, жира, пищевых волокон, пре- и пробиотиков. Приоритетными для употребления нового мороженого являются группы населения, страдающие заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта и с повышенным содержанием сахара в крови.

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Результаты маркетинговых исследований свидетельствуют о том, что население Калининградской области имеет интерес к кисломолочному мороженому без сахара, обогащенному пребиотиками. Производство такого продукта является целесообразным.

2. Установлены оптимальные количества вносимых инулина ($M_i = 1,65$ кг на 100 кг готовой продукции) и лактулозы ($M_l = 1,55$ кг на 100 кг готовой продукции) в кисломолочное мороженое и влияние данных добавок на органолептические показатели, взбитость и твердость готовой продукции.

3. Проведена оценка структурно-механических свойств (твердости) готового кисломолочного мороженого, напрямую зависящих от правильно подобранных количеств инулина и лактулозы. Представлены: характеристика качества готовой продукции, органолептические, физико-химические показатели и химический состав обогащенного кисломолочного мороженого. Полученные данные соответствуют проекту разработанных Технических условий и ГОСТ 32929-2014 "Мороженое кисломолочное. Технические условия".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедова, В. Р. Научное обоснование способа получения кисломолочного мороженого с пребиотическими компонентами / С. А. Рябцева, М. А. Шпак, Г. С. Анисимов // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 4. – С. 5–13.
2. Богданова Е.В. Кисломолочное мороженое с пребиотическими свойствами / Е.В. Богданова, Е.И. Мельникова, Р.О. Будкевич, А.В. Литвинова // Вестник Международной академии холода. – 2018. – № 4. – С. 15–21.

3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продуктам (товарам), подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 707 с.
4. Леонидов, Д. С. Лактулоза: диапазон использования в пищевой промышленности / Д. С. Леонидов // Пиво и напитки. – 2011. – №6. – С. 26-27.
5. Покхрел, П. Р. Эритрит – заменитель сахара нового поколения [Электронный ресурс] / П. Р. Покхрел // Российская диабетическая газета [Офиц. сайт]. Режим доступа: <http://www.diabetes-ru.org/ru/news/rda-news/eritrit-zamenitel-sahara>
6. Рябцева, С. А. Мороженое как средство доставки *Lactobacillus acidophilus* / С.А. Рябцева, В. Р. Ахмедова, Г. С. Анисимов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – №2. – С. 5-27.
7. Сербаева, Э.Р. Инулин: природные источники, особенности метаболизма в растениях и практическое применение / Э. Р. Сербаева, А. Б. Якупова, Ю. Р. Магасумова // Биомика. – 2020. – Т.12(1). – С. 57-79.
8. Творогова, А. Кисломолочное мороженое / А. Творогова, Е.Р. Жаркова, Н.В. Казакова, Е.А. Крюковский // Империя холода. – 2015. – №3(72). – С. 71-74.

OPTIMIZATION OF THE SOUR MILK ICE CREAM FOR LUMA WITH LOW GLYCEMIC INDEX

D.D. Fedorenko, student,
e-mail: f.d.d.2000@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

S. V. Agafonova, PhD, Associate Professor of Food Biotechnology
e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru
Kaliningrad State Technical University

Marketing research has been conducted to substantiate the relevance of designing a new type of ice cream with a low glycemic index enriched with inulin and lactulose prebiotics. The effect of inulin and lactulose on the structural and mechanical properties of ice cream has been investigated, their optimal dosages for introduction into the product (2,0 kg and 1,2 kg per 100 kg of finished products, accordingly) have been determined by mathematical modeling. In laboratory research, the chemical composition of the finished ice cream, its physico-chemical and organoleptic quality indicators have been established.

Key words: *sour milk ice cream, prebiotics, inulin, lactulose, sweetener, functional product*