

*На правах рукописи*

**Гурский Игорь Алексеевич**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЗБИТЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ  
ДЕСЕРТОВ С УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ  
СВОЙСТВАМИ**

4.3.3. Пищевые системы

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва, 2023

Работа выполнена во Всероссийском научно – исследовательском институте холодильной промышленности – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

Научный руководитель: доктор технических наук  
**Творогова Антонина Анатольевна**

Официальные оппоненты: **Семенов Геннадий Вячеславович**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», лаборатория композитных материалов Центра коллективного пользования «Перспективные упаковочные решения и технологии рециклинга», старший научный сотрудник

**Ганина Вера Ивановна**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Конструирование и внедрение продуктов и рационов персонализированного питания», ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»

Защита состоится «28» ноября 2023 г. в 13 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 24.1.257.01 при ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН по адресу: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН [www.vniimp.ru](http://www.vniimp.ru).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

А.Н. Захаров

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования.

В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года указано, что «потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет необоснованно высокой калорийности пищевой продукции, сниженной пищевой ценности, избыточного потребления насыщенных жиров, дефицита микронутриентов и пищевых волокон». В связи с этим большое внимание уделяется производству продуктов, способствующих улучшению пищевого статуса населения. К ним относят кисломолочные продукты, содержащие полезные для здоровья молочнокислые микроорганизмы, продукты ферментации и белок молока в легко усвояемом коагулированном состоянии. В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент кисломолочной продукции, включая взбитые десерты, существенным недостатком которой является непродолжительный срок годности. Замораживание кисломолочной продукции с целью увеличения сроков годности и последующее размораживание, приводит к разрушению структуры сгустка и расслоению продукта. Для предотвращения этих недостатков необходимо введение в продукт сахаров и стабилизаторов - гелеобразователей, что сближает состав десертов и мороженого. Сочетание технологий кисломолочной продукции и мороженого позволит производить структурированные десерты длительного срока годности с пользой кисломолочных продуктов. Кроме того, при использовании стабилизаторов - гелеобразователей, сохраняющих структуру десерта в размороженном состоянии, можно получить продукт с новыми потребительскими свойствами, в частности с консистенцией мусса. Повысить спрос на такую продукцию можно также путем усовершенствования и других их потребительских свойств за счет разновидностей с низким содержанием жира, низким гликемическим индексом, с дополнительным введением пищевых волокон и молочных белков. Взбитые кисломолочные десерты в размороженном состоянии с низким содержанием жира без добавленной сахарозы можно рекомендовать к употреблению не только в домашних условиях, но в санаториях и профилакториях.

Таким образом, разработка технологии взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами - без добавленной сахарозы, с низким содержанием жира, с дополнительным введением белка и пищевых волокон, с возможностью длительного хранения в замороженном состоянии и употребления в замороженном и размороженном виде является актуальной и перспективной задачей.

### Степень разработанности темы.

Наибольший вклад в развитие теоретических и практических вопросов производства мороженого и взбитых замороженных и кисломолочных продуктов внесли отечественные и зарубежные ученые: Арбакл В.С., Ариана К., Гофф Д., Зоммер Г., Маршалл Р., Оленев Ю.А., Рогов И.А., Творогова А.А., Фильчакова Н.Н., Хартель Р., Храмцов А.Г., Шах Н.

### **Цель и задачи исследований.**

Целью исследования являлась разработка технологии взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами (физико-химическими, органолептическими и микробиологическими показателями) и стабильной структурой в замороженном и размороженном состоянии.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Проанализировать данные специализированной литературы по вопросам усовершенствования потребительских свойств пищевых продуктов, применения стабилизаторов - гелеобразователей, производства мороженого и кисломолочных продуктов для обоснования методологии проведения исследований.
2. Экспериментально обосновать выбор стабилизаторов - гелеобразователей для взбитых кисломолочных десертов, изготавливаемых по технологии мороженого и сохраняющих структуру в размороженном виде.
3. Разработать композиционный состав взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными физико-химическими, органолептическими и микробиологическими потребительскими свойствами.
4. Исследовать показатели качества взбитых кисломолочных десертов различного состава в процессе производства и хранения в замороженном состоянии.
5. Изучить состояние структуры и текстуры взбитых кисломолочных десертов при температуре  $4 \pm 2$  °С.
6. Провести оценку органолептических показателей и пищевой ценности взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами.
7. Разработать научно обоснованную технологию и техническую документацию на производство кисломолочных взбитых десертов и провести ее апробацию в промышленных условиях.

### **Научная новизна.**

Установлена взаимосвязь между комплексом показателей качества стабилизаторов - гелеобразователей (динамическая вязкость, влагоудерживающая способность и твердость гелей после размораживания) и формоустойчивостью взбитых кисломолочных десертов при температуре  $4 \pm 2$  °С.

Выявлено влияние желатина при массовой доле 1,3-1,9% на морфологию, стабильное состояние кристаллов льда и выживаемость молочнокислых микроорганизмов в замороженных кисломолочных десертах.

Установлена зависимость дисперсности воздушной фазы от количества сквашенной молочной составляющей (30-80%) и продолжительности хранения (0-24 ч) при температуре  $4 \pm 2$  °С.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Разработан и экспериментально обоснован компонентный состав взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами, включая пищевую ценность и возможность употребления в замороженном и размороженном состоянии.

Разработаны технология и техническая документация по производству взбитых кисломолочных десертов:

– ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022 «Десерты взбитые замороженные кисломолочные обогащенные» и ТИ ТУ.

Получен патент на изобретение № RU 2788710 С1 «Композиционный состав размороженного кисломолочного мусса без добавленной сахарозы».

Технология взбитых кисломолочных десертов апробирована на ООО «Серебряный снег» и ООО «ВСМ Арктикум».

#### **Методология и методы исследования.**

Основу методологии составляет последовательное выполнение этапов работы: обоснование цели и задач исследований, их проведение с использованием общепринятых и специальных методов, математическая обработка экспериментальных данных и апробация результатов в статьях и технологии взбитых кисломолочных десертов.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Экспериментальное обоснование технологической функциональности стабилизаторов - гелеобразователей, обеспечивающих сохранение дисперсности воздушной фазы и формы порции при температуре  $4\pm 2$  °С.
2. Компонентный состав взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами.
3. Результаты экспериментальных исследований состояния воздушной фазы и текстуры взбитых кисломолочных десертов в процессе хранения при температурах минус  $20\pm 2$  °С и  $4\pm 2$  °С.

#### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Достоверность полученных экспериментальных данных подтверждается: математической обработкой экспериментальных данных, полученных в трех-пятикратной повторности, и исследованием не менее 500 структурных элементов и соответствием полученных результатов общепринятым представлениям по данному направлению. Для анализа материалов применялась среда анализа данных Rstudio и язык программирования R.

Основные положения и результаты диссертационной работы представлены и доложены на конференциях: XV научно-практическая конференция с международным участием «Живые системы и биологическая безопасность населения», г. Москва, 2017; VI научно-практическая конференция с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов», г. Москва, 2019; «Современные пищевые тенденции глазами молодых ученых: перспективы, инновации и прогрессивные технологии», г. Санкт-Петербург, 2021; «XXXV Международные Плехановские Чтения», г. Москва, 2022; «Направленная трансформация продовольственного сырья при производстве продуктов питания, пищевых и биотехнологически активных добавок, обеспечение контроля качества и безопасности», г. Краснодар, 2022.

#### **Публикации.**

По теме диссертационной работы опубликовано 18 печатных работ, из которых 10 в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий,

рекомендованных списком ВАК РФ, 5 в журналах, индексируемых международными базами Scopus и Web of Science.

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, аналитического обзора литературы, описания методов и объектов исследований, представления и обсуждения полученных результатов, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 135 страницах, содержит 34 рисунка, 35 таблиц и 4 приложения. Список цитируемой литературы включает 168 наименований работ российских и зарубежных исследователей.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** представлено обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи работы, обоснована научная новизна и практическая значимость проведенных исследований.

**В первой главе** приведены результаты аналитического обзора научной литературы, нормативно – технической документации и патентов по вопросам производства продукции по технологии мороженого, в том числе кисломолочной. Обобщены данные о взбитых десертах, вырабатываемых на предприятиях отрасли мороженого. Проведен анализ факторов, влияющих на качество взбитой кисломолочной продукции, и компонентов, используемых при ее изготовлении. Обращено внимание на способы стабилизации воздушной фазы и ее роль во взбитых десертах. Проведен анализ технологических свойств компонентов и обосновано их применение во взбитых кисломолочных десертах для усовершенствования потребительских свойств готового продукта.

**Во второй главе** приведены сведения об организации работы, о выборе объектов и методах исследований. Схема проведения экспериментальной работы представлена на рисунке 1.

Объектами исследования являлись:

- СГ (низкоэтерифицированный амидированный пектин, желатин с прочностью геля 180 Блум, агар, каппа - каррагинан);
- смеси для кисломолочных десертов;
- замороженные и размороженные взбитые десерты;
- фруктоза;
- концентраты и изоляты молочных и сывороточных белков, содержащие 80% и 90% белка соответственно;
- сливочное, кокосовое и подсолнечное масла.

При проведении экспериментов использовали следующие методы исследований изучаемых объектов:

- микроструктурные: определение дисперсности кристаллов льда (3), воздушной (7) и жировой (13) фаз с использованием светового микроскопа Olympus CX 41 с термостолником PE 120 и программным обеспечением ImageScope;

- структурно – механические для определения: показателей динамической вязкости смеси с использованием реотеста Brookfield DV – 2+Pro (2); твердости геля и показателей текстуры на Brookfield LFRA Texture Analyzer (1, 9);

- определение влагоудерживающей и влагосвязывающей способности по модифицированным методам центрифугирования и Грау-Хамма (8, 11);
- термостатирования для определения устойчивости десертов к температурному воздействию по методике ВНИХИ (6);
- стандартные для определения массовой доли жира по ГОСТ 5867 – 90 (4); массовой доли сухих веществ по ГОСТ 54668 – 2011 (18); взбитости по ГОСТ 31457 – 2012 (5);
- сенсорные для определения органолептических показателей по ГОСТ ISO 6658-2016 (10);
- микробиологические для определения молочнокислых микроорганизмов, БГКП и *Staphylococcus aureus* с использованием тест-пластин Petrifilm 3М (12);
- расчетные для определения гликемического индекса (14); пищевой ценности (15); сладости (16); себестоимости (17).

Повторность проведения опытов - трех-девятикратная. Статистическую обработку полученных данных и построение графиков проводили с использованием языка программирования R, версии 4.2.1, и среды анализа данных Rstudio.

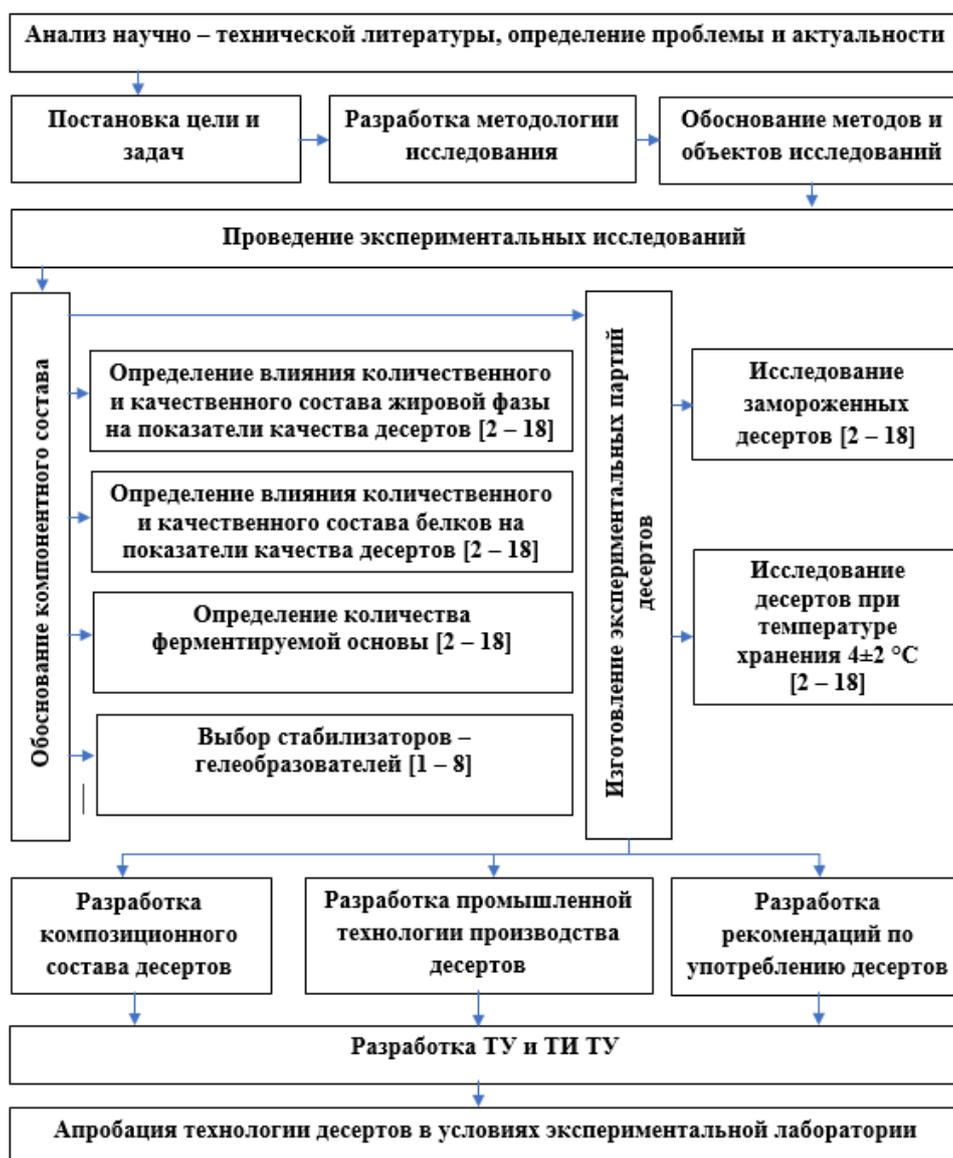


Рисунок 1 - Схема проведения экспериментальной работы

**В третьей главе** изложены результаты выполненных исследований. Работа базируется на гипотезе о возможном положительном влиянии научно обоснованного композиционного состава взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами на стабильное состояние воздушной фазы в размороженном состоянии, выживаемость молочнокислых микроорганизмов при термомеханическом воздействии и показатели текстуры при температуре  $4 \pm 2$  °С.

**Исследование технологической функциональности стабилизаторов-гелеобразователей.**

На первом этапе исследований возможность использования СГ определяли по твердости геля после размораживания, влагоудерживающей способности (ВУС) и вязкости. Установлено, что твердость гелей желатина до и после размораживания не имела значимых различий, пектина, каррагинана и агара после размораживания снижалась в 1,8 – 2,3, 2,6 – 9,7 и 2,3 – 3,5 раз соответственно. Снижение твердости гелей связано с разрушением структуры в процессах замораживание-размораживание под воздействием кристаллов льда. Средние размеры кристаллов льда в растворах гелеобразователей составляли 48 мкм с агаром, 25 мкм – пектином, 8 мкм – желатином и 180 мкм – каррагинаном. Наибольшее значение ВУС было присуще гелям желатина (не ниже 99%). При тех же условиях ВУС гелей агара, пектина и каррагинана была ниже в 1,2, 1,1 и 2,5 раз соответственно, чем у гелей желатина. На основании исследований, проведенных на первом этапе, агар и каррагинан в дальнейшем не рассматривались в качестве потенциальных стабилизаторов - гелеобразователей.

Учитывая, что десерты предполагается производить на предприятиях по производству мороженого, важно чтобы смесь не была излишне вязкой в процессе ее подачи во фризера. Обычно температура смеси, поступающей на фризирование, составляет  $4 \pm 2$  °С, при снижении производительности фризера возможно ее увеличение, но не выше, чем до 30 °С. Значение температуры смеси для подачи во фризера определяли с учетом динамической вязкости в точке критического угла наклона кривой (рисунок 2).

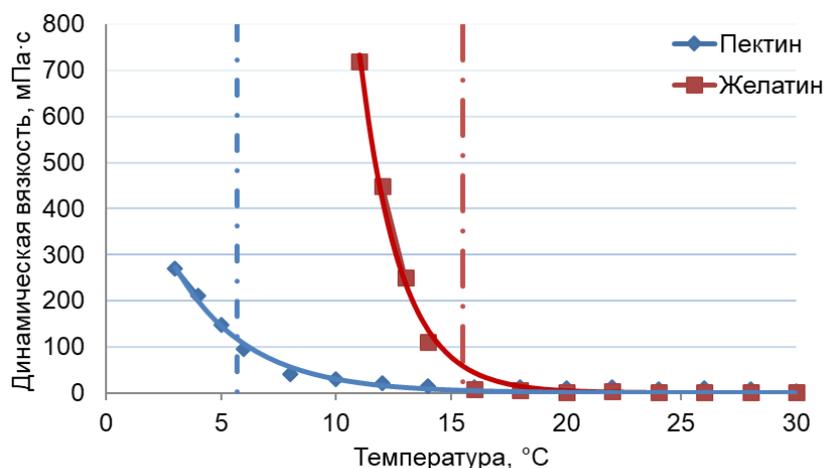


Рисунок 2 - Динамическая вязкость растворов желатина и пектина в зависимости от температуры

Установлено, что возрастание вязкости растворов желатина и пектина с концентрацией 1,3% происходит, начиная со значений температуры для растворов желатина 15,5 °С, пектина 5,7 °С. Однако, стабильное значение вязкости для

растворов желатина и пектина сохраняется при значении температур соответственно выше 20 °С, что и было принято во внимание при установлении температуры подачи смеси на фризирование.

Для окончательного решения об используемом СГ были выработаны образцы десертов с желатином (№1) и с пектином (№2). Особое внимание при выборе СГ обращали на способность десертов сохранять форму и стабильность дисперсной фазы в процессе хранения при температуре 4±2 °С.

Оценку формоустойчивости десертов проводили по показателю «степень усадки». Было установлено, что степень усадки десертов с пектином составляет 72% через 4 ч выдерживания, в последующие 44 ч этот показатель не изменялся. Использование желатина позволило получить продукт с более стабильной формой. Через 4 ч степень усадки составила 20%, наибольшее значение данного показателя через 44 ч выдерживания составило 24%.

Изучение дисперсности воздушной фазы (рисунок 3) показало, что при использовании пектина формируется менее однородная воздушная фаза, преобладают мелкие пузырьки воздуха, которые менее устойчивы к коалесценции и диспропорционированию.

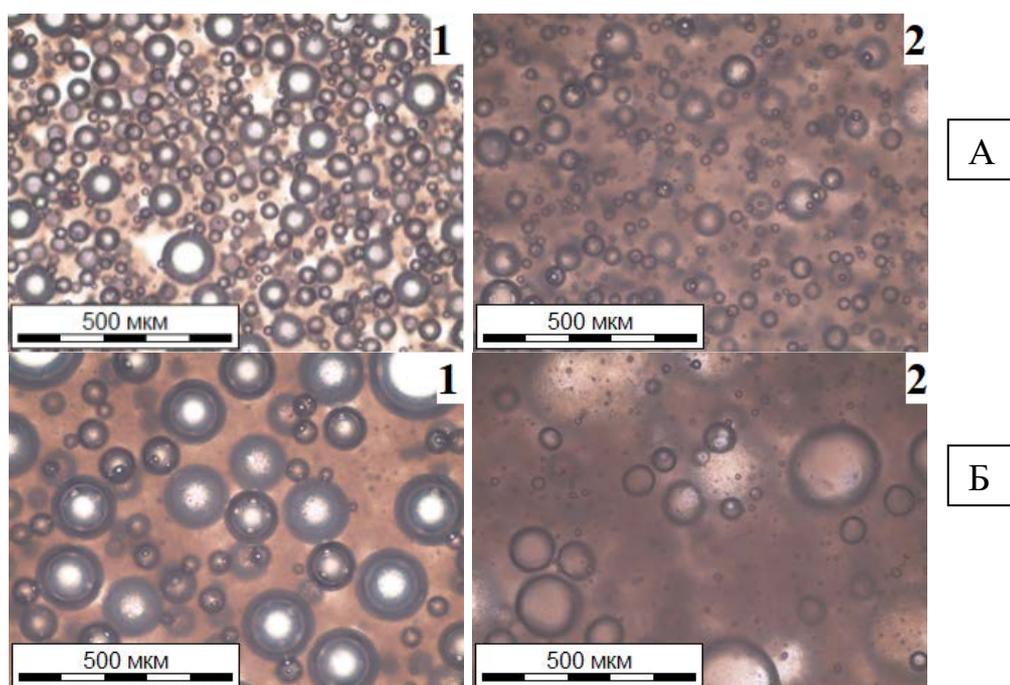


Рисунок 3 - Микрофотографии пузырьков воздуха образцов десертов:  
 А – замороженных; Б – через 24 ч хранения при температуре 4±2 °С;  
 1 – с желатином; 2 – с пектином

Результаты исследований показателей качества взбитых кисломолочных десертов с желатином и пектином показали явные преимущества желатина как СГ для продуктов, употребляемых в размороженном состоянии.

***Обоснование компонентного состава взбитых кисломолочных десертов и его влияния на показатели качества готового продукта***

«Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года» к потребительским свойствам относит органолептические, нормируемые физико-химические и микробиологические показатели качества продукции, а также их

аутентичность. При разработке состава десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами в качестве базового продукта использовали кисломолочное мороженое, изготовляемое с массовой долей жира не более 7,5 % в соответствии с ГОСТ 32929-2014 «Мороженое кисломолочное. Технические условия». В десертах массовая доля жира была установлена на уровне, позволяющем его позиционировать как продукт с низкой массовой долей жира (не более 3%). С целью снижения гликемического индекса, дополнительного введения пищевых волокон и белка сахароза была заменена на фруктозу, использованы пищевое волокно инулин и белки молока. Разработан базовый компонентный состав десертов с массовыми долями: жира – 2,5%, СОМО -11%, фруктозы – 10%, инулина – 6%, мальтодекстрина – 2%, желатина – 1,3%, эмульгатора – 0,3%. Пример базовой рецептуры приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Базовый состав десертов

Компонент	Количество, г
Вода	657,8
Сливочное масло (м.д.ж. 82,5%)	30,4
Сухое обезжиренное молоко (СОМО 95%)	115,8
Мальтодекстрин	20,0
Фруктоза	100,0
Инулин	60,0
Эмульгатор	3,0
Желатин	13,0

Проведены экспериментальные исследования по оценке влияния композиционного состава на показатели качества десертов.

*Определение влияния способа внесения фруктозы на процесс сквашивания молочной составляющей*

Использование сахаров приводит к повышению осмотического давления растворов, что отрицательно влияет на развитие молочнокислых микроорганизмов. В связи с этим было изучено влияние присутствия сахаров на процесс сквашивания с использованием закваски, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* со стартовым количеством клеток  $10^4$  КОЕ/г. Для этого были выработаны смеси для десертов: образец №1 – без добавления сахаров, образец №2 – с сахарозой (17%) и образец №3 – с фруктозой (10%). Было установлено, что при концентрации сахаров, характерной для кисломолочных десертов, нарастание титруемой кислотности не происходит, в то время как при их отсутствии значение данного показателя достигло 101 °Т за 7 ч сквашивания. Это связано с увеличением осмотического давления до уровня 3,3 МПа и 3,6 МПа при добавлении сахарозы и фруктозы относительно значения этого показателя 1,8 МПа в смеси без добавленных сахаров. Таким образом, при проведении процесса сквашивания фруктозу следует вносить в виде сиропа в уже сквашенную смесь.

*Определение влияния концентратов и изолятов белков молока на технологически значимые показатели в производстве десертов*

Учитывая взаимодействие белков с водой, изучено влияние концентратов и изолятов белков на динамическую вязкость смесей в процессе сквашивания. Наибольшее значение динамической вязкости через 4 ч сквашивания смесей достигнуто в образцах с КМБ, ИНСБ и КСБ – 9,8; 29 и 7,8 Па·с соответственно. Через 5 ч с начала сквашивания динамическая вязкость в образцах смесей с КМБ и ИНСБ снизилась в 1,5 и 1,1 раза соответственно, что может быть связано с непрочным удерживанием влаги в структуре сгустка. Вязкость смесей в образцах с КСБ и ИМБ не снижалась, следовательно, с их применением можно получить более стабильную структуру сгустков.

***Исследование показателей качества взбитых кисломолочных десертов различного состава в процессе производства и хранения в замороженном состоянии***

С учетом необходимости разработки ассортимента взбитых десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами научный и практический интерес представляло исследование показателей качества их разновидностей: с различной массовой долей СМС и желатина, наличия КСБ, качественного и количественного состава жировой фазы (таблица 2).

Таблица 2 – Особенности состава исследуемых образцов десертов

№1	№2	№3	№4	№5	№6
30% СМС	50% СМС	80% СМС	80% СМС	80% СМС	80% СМС
1,3% СГ	1,3% СГ	1,3% СГ	1,6% СГ	1,9% СГ	1,3% СГ
0% КСБ	3% КСБ				
№7	№8	№9	№10	№11	№12
2,5%СМ	5%СМ	2,5%КМ	5%КМ	2,5%ПМ	5%ПМ

Исследование показателей качества десертов показало, что на динамическую вязкость смесей в наибольшей степени влияет дополнительное использование белка и увеличение массовой доли жира с 2,5 до 5,0% (образцы №6, 8, 10 и 12). Взбитость исследуемых образцов десертов находилась в диапазоне от 65 до 90%. Степень усадки в образцах после 4 ч выдерживания при температуре  $4 \pm 2$  °С не превышала 24%. Повышение количества желатина и использование КСБ привело к снижению этого показателя до 12 – 16%.

***Состояние структурных элементов в процессе хранения взбитых замороженных десертов***

В процессе хранения замороженных взбитых продуктов в наибольшей степени выражены физические процессы – изменение дисперсности структурных элементов (воздушных пузырьков и кристаллов льда). Установлено, что в воздушной фазе исследуемых образцах изменения показателя «средний размер пузырьков воздуха» за 6 мес. хранения не превышали 5 мкм.

Установлено, что использование желатина в количестве 1,3-1,9% позволило получить стабильные в хранении кристаллы льда по сравнению с кисломолочным мороженым. В процессе хранения средний размер кристаллов льда в десертах с КСБ или увеличенным количеством желатина составлял 36 мкм и не изменялся в течение 6 мес. хранения. В кисломолочном мороженом за этот период кристаллы льда увеличились с 35 до 44 мкм.

Особенность морфологии кристаллов льда во взбитых кисломолочных десертах видна на представленных фотографиях (рисунок 4).

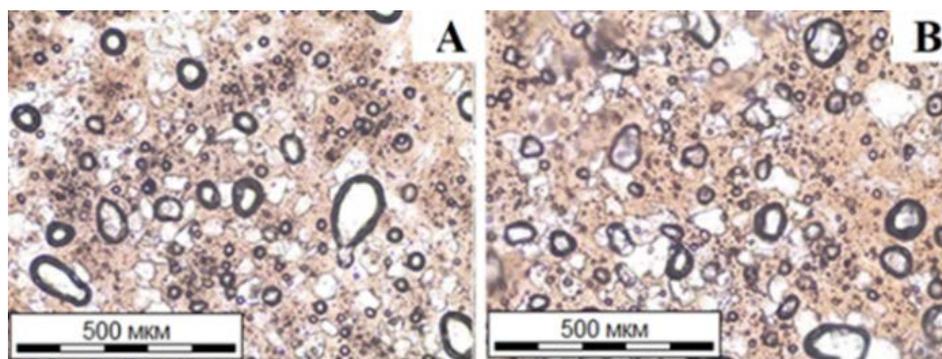


Рисунок 4 - Микрофотографии кристаллов льда в десертах после хранения в течение: А – 5 суток; В – 180 суток

Кристаллы практически не имеют острых углов, что важно для снижения их влияния как на дисперсность воздушной фазы, так и на клеточную структуру и, следовательно, выживаемость молочнокислых микроорганизмов. Морфология кристаллов может быть обусловлена высокой влагосвязывающей и гелеобразующей способностью желатина.

*Исследование выживаемости молочнокислых микроорганизмов в процессе приготовления и хранения десертов*

ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» нормируется количество молочнокислых микроорганизмов на конец срока годности продукта и наличие патогенных микроорганизмов. Результаты исследования выживаемости молочнокислых микроорганизмов в процессе изготовления и хранения десертов при температуре минус 20 °С в сравнении с кисломолочным мороженым представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание молочнокислых микроорганизмов

Этап определения	Количество молочнокислых микроорганизмов, lgN	
	в десертах	в мороженом
В смеси после сквашивания	7	7
В смеси после смешивания с фруктозным сиропом перед фризированием	7	7
В десерте после фризирования	7	6
Через 6 мес. хранения	6	4-5

Из таблицы следует, что в течение 6 мес. хранения сохраняется количество молочнокислых микроорганизмов в количестве  $10^6$  КОЕ/г, нормируемое для отдельных разновидностей кисломолочной продукции. Через 6 мес. хранения содержание молочнокислых микроорганизмов в кисломолочном мороженом было меньше на 1-2 порядка по сравнению с кисломолочными десертами. Учитывая состав кисломолочного мороженого и взбитых кисломолочных десертов, можно предположить, что лучшая выживаемость молочнокислых микроорганизмов в десертах обусловлена формой кристаллов льда, образующихся в растворах

желатина, и пониженной подвижностью находящейся в виде вязкого геля незамороженной части воды.

***Исследование состояния структуры и текстуры взбитых кисломолочных десертов при температуре  $4\pm 2$  °С***

В значительной степени состояние структуры и текстуры десертов при температуре  $4\pm 2$  °С определяет дисперсность воздушной фазы. Ее состояние исследовали по плотности вероятности распределения пузырьков воздуха в зависимости от их размера (рисунок 5). Представленные на рисунке 5 графики отражают изменение дисперсности пузырьков воздуха образцов №1 – №6 в процессе их выдерживания при температуре  $4\pm 2$  °С. Видно, что плотность вероятности распределения пузырьков воздуха по размерам в течение 6 ч выдерживания практически не отличается. Через 24 ч хранения в наибольшей степени изменилась дисперсность воздушной фазы в образце №1 (с наименьшим содержанием СМС), что отрицательно сказывается на состоянии его структуры. Схожая дисперсность воздушной фазы и, соответственно однородная структура, установлена в образцах №2 – №5.

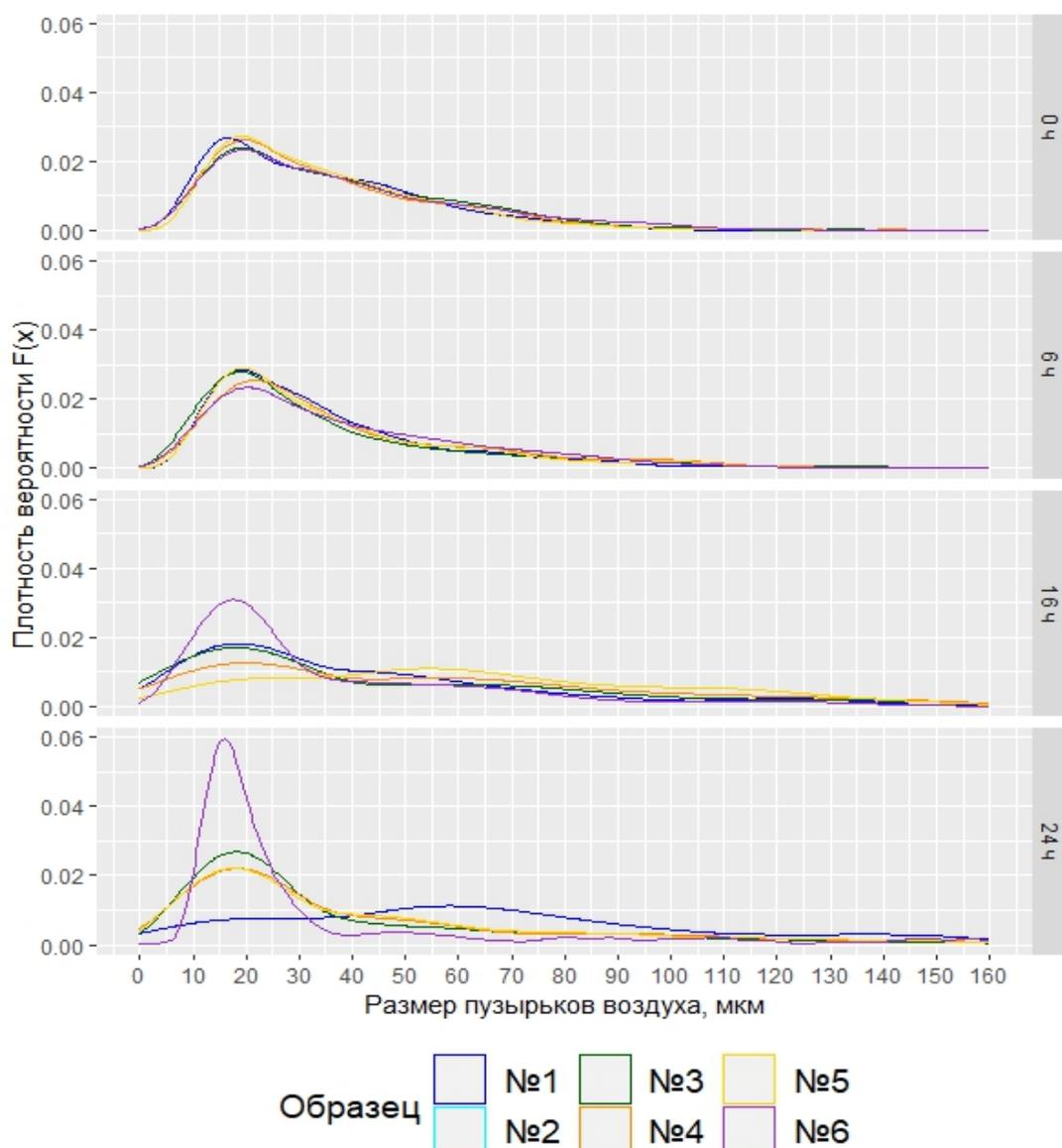


Рисунок 5 - Распределение пузырьков воздуха

При оценке дисперсности воздушной фазы образцов десертов с различными жирами установлено, что значимые увеличения среднего размера пузырьков воздуха в образцах с сливочным маслом произошли после 6 ч хранения, а с растительными жирами – после 4 ч, что связано с различиями температур плавления жиров. Через 8 ч различий в плотности вероятности распределения пузырьков между образцами практически не было, что подтверждает возможность использования растительных жиров в технологии десертов, употребляемых в размороженном состоянии. В ходе оценки воздушной фазы была установлена зависимость среднего размера пузырьков воздуха ( $Me$ ) от количества СМС (30-80%) и продолжительности хранения (0-24 ч) при температуре  $4\pm 2$  °С (1):

$$Me = 31,5058 - 0,1358 \times x + 1,911 \times y + 0,0019 \times x^2 - 0,0136 \times x \times y - 0,0023 \times y^2 \quad (1)$$

где  $x$  – количество СМС, %;  $y$  – продолжительность хранения, ч.

Проведена количественная оценка влияния различных факторов на текстуру продукта. Установлено, что повышение количества СМС, вносимой в десерты, с 30,0% до 80,0%, приводит к увеличению их твердости в 1,3 – 1,6 раз. Это может быть связано с упрочнением структуры по мере повышения содержания коагулированного белка и формированием при этом более прочной матрицы. При оценке влияния качественного и количественного состава жиров на показатели текстуры было установлено, что использование подсолнечного масла (образцы №5 и №6) приводит к снижению значений показателей твердости, кажущегося модуля, липкости и клейкости. Снижение значений данных показателей связано с различиями температур плавления жиров. В размороженных десертах подсолнечное масло находится в жидком состоянии. Жидкий жир обеспечивает меньшую адгезию к поверхности измерительного устройства, чем твердый, что и приводит к снижению значений показателей текстуры. Показатель «тягучесть» образцов с подсолнечным маслом и сливочным маслом значительно не отличался. Показатель «восстанавливаемая деформация» снижался при увеличении массовой доли жира с 2,5% до 5,0% на 14 – 21%. Для анализа текстуры был использован РСА (principal component analysis) рисунок 6 и 7. Значение компонент определяли в соответствии с формулами (2) и (3):

$$PC1 = v_1 \times x_1 + v_2 \times x_2 + v_n \times x_n \quad (2)$$

$$PC2 = v_1 \times x_1 + v_2 \times x_2 + v_n \times x_n \quad (3)$$

где  $x_1 - x_n$  – показатель текстуры;  $v_1 - v_n$  – весовость каждого показателя.

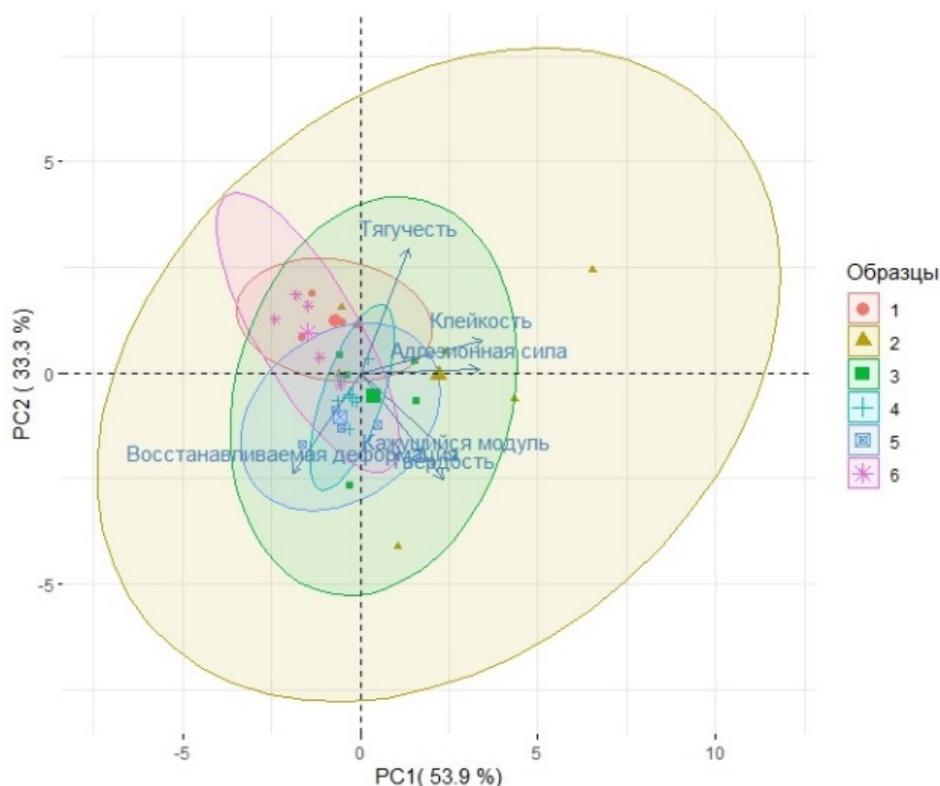


Рисунок 6 - РС анализ образцов №1-№6

Из данных, представленных на рисунке 6, следует, что образцы по текстуре характеризуются высокой схожестью. На представленном рисунке невозможно дифференцировать образцы по группам, что может объясняться высокой долей схожести исследуемых образцов по показателям текстуры.

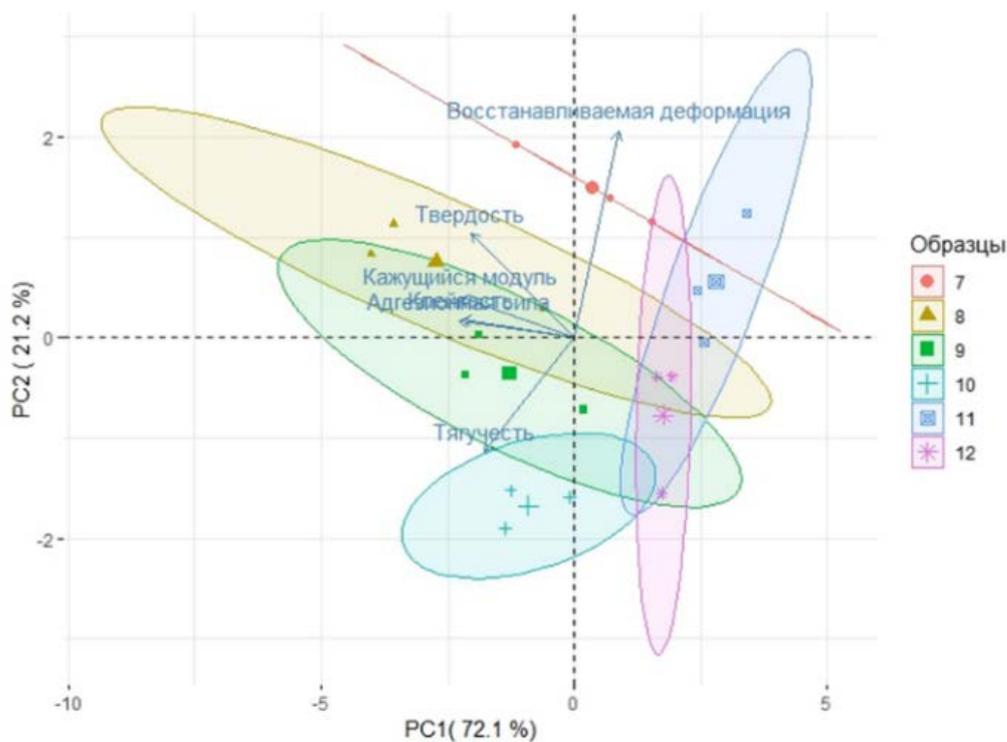


Рисунок 7 - РС анализ образцов №7 – №12

В сравнении с рисунком 6 на рисунке 7 прослеживается четкая дифференциация показателей текстуры образцов десертов не только с разными видами жиров, но и с различным их количеством. В частности, связанная с РС1 адгезионная сила выше в образцах с подсолнечным маслом в 2 – 3 раза по сравнению с их разновидностями с другими жирами. Эти различия подтверждают влияние температур плавления и отвердевания жиров на текстуру готовых десертов.

Также установлено, что в течение всего периода хранения при температурах минус  $20 \pm 2$  °С и  $4 \pm 2$  °С в течение 72 ч наличия БГКП и *S. aureus* соответствует требованиям ТР ТС 033/2013.

### ***Оценка органолептических показателей и пищевой ценности взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами***

Оценку органолептических показателей десертов, представленную на рисунке 8, проводили по пятибалльной шкале через 4 ч их выдерживания при температуре  $4 \pm 2$  °С. Для дегустаторов наиболее предпочтительным был кислый вкус десерта с содержанием 80% СМС. Образцы с 30% СМС и КСБ были оценены дегустаторами как менее твердые.

При замене молочного жира на ПМ текстура десерта была менее упругая и твердая.

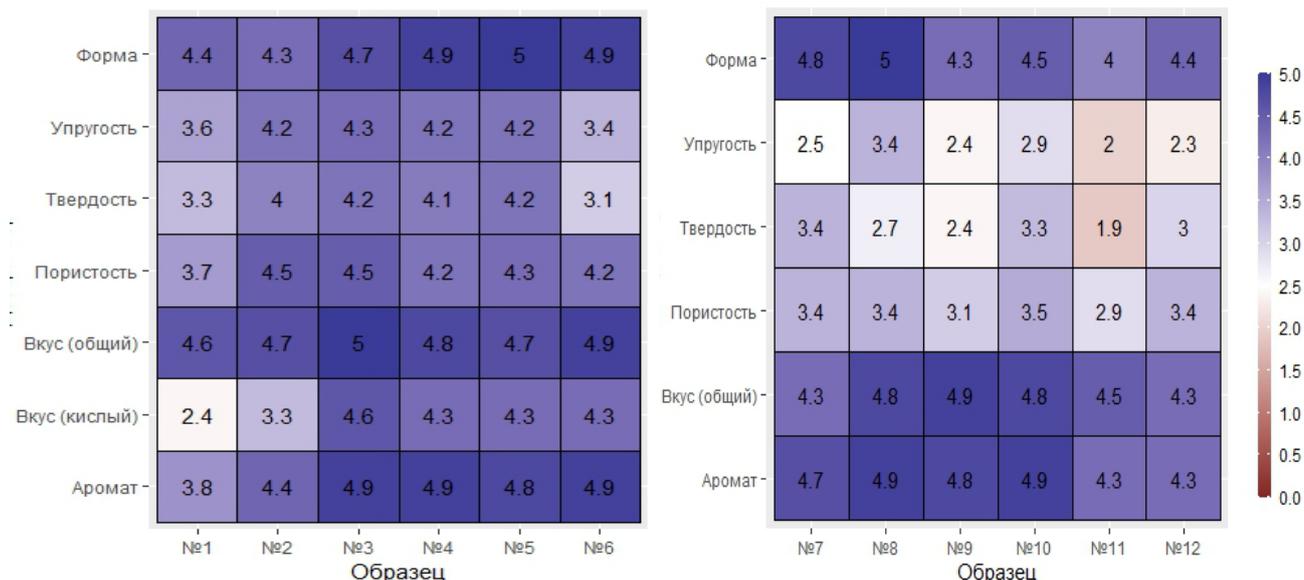


Рисунок 8 - Органолептические показатели образцов десертов

Расчетным путем определена пищевая ценность десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами (таблица 4). Анализ показателей пищевой ценности десертов показывает, что десерт с содержанием 5,1 г пищевого волокна в соответствии с ТР ТС 022/2011, можно реализовывать с информацией о заявленной пищевой ценности «источник пищевых волокон», а десерт с содержанием белка 7,4%, кроме того - «с высоким содержанием белка». Использование фруктозы и пищевых волокон взамен сахарозы позволяет снизить гликемический индекс в 2,9 раза.

Таблица 4 – Сравнительный анализ пищевой ценности кисломолочного мороженого и десертов

Определяемый показатель	Кисломолочное мороженое	Десерты с фруктозой и ПВ	Десерты с фруктозой, ПВ и КСБ
Белки, г	3,4	4,9	7,4
Жиры, г	7,3	2,8	2,8
Усвояемые углеводы, г	22,4	15,9	15,9
Пищевые волокна, г	0,0	5,1	5,1
Энергетическая ценность, ккал/кДж	168/708	108/487	118/529
Гликемический индекс	65,9	22,3	22,3

Оценка органолептических показателей и пищевой ценности показала, что разработанные кисломолочные десерты характеризуются усовершенствованными органолептическими свойствами. Также в процессе работ были усовершенствованы другие потребительские свойства:

- физико-химическими - продукт употребляется при положительных и отрицательных температурах, не содержит сахарозы, обогащен белком и пищевыми волокнами, характеризуется низким содержанием жира;
- органолептическими – характеризуется свойствами кисломолочного мороженого в замороженном состоянии, мусса – в размороженном виде;
- микробиологическими – в течение 6 мес. хранения содержание полезной молочнокислой микрофлоры остается на уровне не менее  $10^6$  КОЕ/г.

***Обоснование и разработка технологии взбитых кисломолочных десертов функциональной направленности, употребляемых в размороженном состоянии***

На базе экспериментально обоснованных композиционного состава и технологически значимых параметров процесса производства разработаны две технологии взбитых кисломолочных десертов. Технологическая схема производства десертов с использованием закваски представлена на рисунке 9. Особенность разработанной технологии заключается в раздельном изготовлении СМС и сиропа из фруктозы и их смешивание перед фризированием. За счет технического решения по стабилизации структуры (внесения 1,3–1,9% желатина) температура подачи смеси на фризирование составила не менее 20 °С. При этом технология кисломолочных десертов исключает стадию созревания смеси, характерную для технологии мороженого.

Отличие технологической схемы при использовании уже готового кисломолочного продукта заключается во внесении фруктозы совместно с остальными сухими компонентами на стадии приготовления молочной основы. После пастеризации молочную основу охлаждают до 20-24 °С и смешивают с кисломолочным продуктом, затем смесь подают на фризирование.

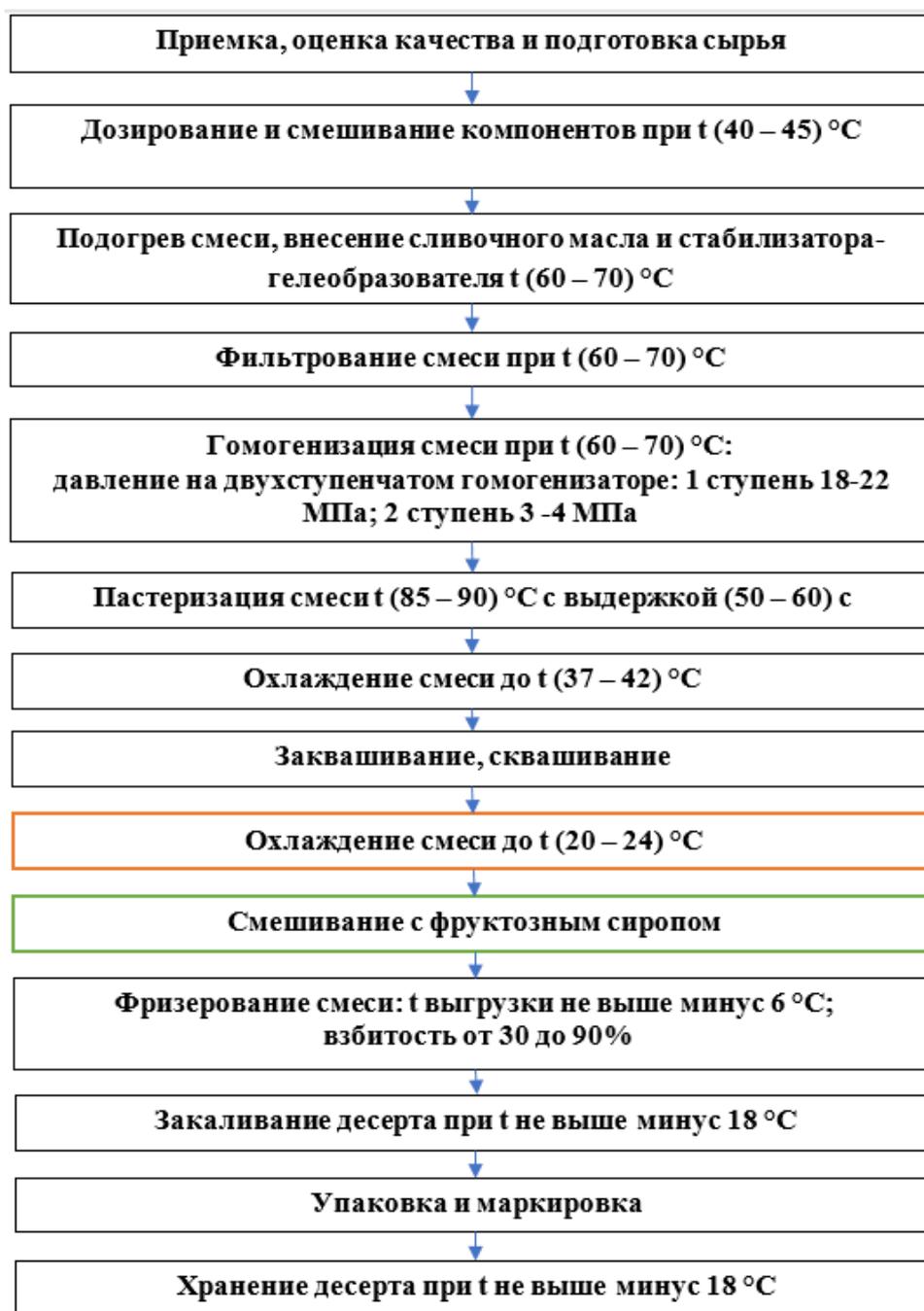


Рисунок 9 - Технологическая схема изготовления взбитых кисломолочных десертов

Рекомендуемый срок годности взбитых кисломолочных десертов в замороженном состоянии с усовершенствованными потребительскими свойствами установлен продолжительностью 6 мес. при температуре не выше минус 18 °C в соответствии с рекомендациями стандартов на аналогичную замороженную продукцию, с учетом стабильной дисперсности кристаллов льда и воздушной фазы и выживаемости молочнокислых микроорганизмов. При температуре  $4 \pm 2$  °C рекомендовано хранить десерты не более 24 ч. Разработанная технология позволяют производить ассортимент десертов с заявленными в соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» отличительными признаками: «высокое содержание белка», «источник пищевых волокон», «низкое содержание жира».

## Основные результаты и выводы

1. Проведен анализ специализированной литературы и обоснованы направления совершенствования потребительских свойств взбитых кисломолочных десертов в замороженном и размороженном состоянии.

2. На основании исследований свойств гелеобразователей агар, желатина, каррагинана и пектина установлено, что по показателям динамическая вязкость, твердость и влагоудерживающая способность гелей после размораживания, формоустойчивости и стабильности воздушной фазы готового продукта при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$  технологически необходимым стабилизатором для взбитых кисломолочных десертов, употребляемых в замороженном и размороженном состоянии, является желатин в количестве 1,3-1,9%.

3. Разработан и экспериментально обоснован компонентный состав взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами: молочная и/или кисломолочная основа (30 - 80%), фруктоза (10%), концентраты сывороточных белков (3%), инулин (6%) и желатин (1,3%).

4. Установлено, что на показатели качества смеси и десертов в процессе производства и хранения в замороженном состоянии в наибольшей степени оказывает влияние: количество сквашенной молочной составляющей и стабилизатора-гелеобразователя, использование концентрата сывороточных белков, качественный и количественный состав жировой фазы. Выявлено влияние гелеобразователя желатина на морфологию кристаллов льда и высокую выживаемость молочнокислых микроорганизмов в течение 6 мес. хранения продукта.

5. Обосновано значимое влияние дисперсности воздушной фазы на состояние структуры и текстуры десертов при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$ . Выявлена зависимость дисперсности воздушной фазы от количества кисломолочной части и продолжительности хранения при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$ . Установлено, что состояние структуры и воздушной фазы в размороженных взбитых кисломолочных десертах обеспечивает приемлемое сохранение формы порции в течение 24 ч хранения при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$ .

6. Анализ пищевой ценности показал, что взбитые кисломолочные десерты с усовершенствованными потребительскими свойствами, могут позиционироваться как продукты «с низким содержанием жира», «высоким содержанием белка» (при дополнительном введении КСБ), «источник пищевых волокон» и с «низким гликемическим индексом».

7. Разработана технология и техническая документация по производству взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами (ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022 и ТИ ТУ). Новизна технических решений отражена в патенте № 2 788 710.

## Список трудов, опубликованных по материалам диссертации

### Статьи в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science:

1. Гурский, И. А. Влияние концентратов сывороточных белков на технологические и органолептические показатели качества мороженого / И. А.

Гурский, А. А. Творогова // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 3. – С. 439-448. – DOI 10.21603/2074-9414-2022-3-2376.

2. Nucleation intensification in the ICE cream production / A. Tvorogova, T. Shobanova, A. Landikhovskaya P. Sitnikova, **I. Gurskiy** // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – Vol. 2, No. 11. – P. 33-38. – DOI 10.15587/1729-4061.2020.198441.

3. **Гурский, И. А.** Влияние технологических факторов на воздушную фазу взбитых кисломолочных десертов / И. А. Гурский, А. А. Творогова // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53, № 1. – С. 1-12. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-1-2410.

4. Effect of Protein Concentrates and Isolates on the Rheological, Structural, Thermal and Sensory Properties of Ice Cream / A.A. Tvorogova, **I.A. Gurskiy**, T.V. Shobanova [et al.] // Current Research in Nutrition and Food Science. – 2023. – Vol. 11, No.1.

5. **Гурский, И. А.** Размороженные продукты с сохраненной микро- и макроструктурой / И. А. Гурский, А. В. Ландиховская, А. А. Творогова // Пищевые системы. – 2022. – Т. 5, № 3. – С. 195-201. – DOI 10.21323/2618-9771-2022-5-3-195-201.

#### **Статьи в журналах, рекомендованные ВАК:**

6. **Гурский, И. А.** Показатели качества размороженных десертов с растительными маслами / И. А. Гурский // Молочная промышленность. – 2022. – № 12. – С. 32-34. – DOI 10.31515/1019-8946-2022-12-32-34.

7. **Гурский, И. А.** Состояние структуры размороженных аэрированных кисломолочных десертов при хранении / И. А. Гурский, А.А. Творогова, Т.В. Шобанова // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т.82. – № 2. – С. 94-100.

8. Исследование технологической функциональности стабилизационных систем торговой марки "Ингресан" в производстве молочного мороженого и замороженных десертов / А. А. Творогова, А. В. Ландиховская, **И. А. Гурский**, С. Е. Кочнева // Пищевая промышленность. – 2022. – № 12. – С. 74-78. – DOI 10.52653/PPI.2022.12.12.015.

9. Влияние моно- и комплексных стабилизаторов на консистенцию и структуру мороженого / А. А. Творогова, **И. А. Гурский**, А. В. Ландиховская, С. Е. Кочнева // Молочная промышленность. – 2022. – № 4. – С. 46-48. – DOI 10.31515/1019-8946-2022-04-46-48.

10. **Гурский, И. А.** Особенности производства структурированных кисломолочных десертов, обогащенных пищевыми волокнами / И. А. Гурский, А. А. Творогова // Холодильная техника. – 2020. – № 2. – С. 50-53.

11. **Гурский, И.А.** Влияние двух циклов замораживания на состояние структуры и консистенции аэрированных кисломолочных десертов / И.А. Гурский, А.А Творогова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2022. – № 6(390). – С. 61-67. – DOI 10.26297/0579-3009.2022.6.2.

12. **Гурский, И. А.** Влияние количества желатина на показатели консистенции размороженного кисломолочного десерта / И. А. Гурский, А. А. Творогова // Холодильная техника. – 2022. – № 2. – С. 123-130. – DOI 10.17816/RF108504.

13. **Гурский, И.А.** Микроструктурные и микробиологические показатели замороженных кисломолочных взбитых десертов при хранении / И.А. Гурский, А.А. Творогова // Ползуновский вестник. - 2023. - № 1. - С. 84–90. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.011.

14. Мороженое с заменой сахарозы / А. А. Творогова, Н. В Казакова, А. В. Ландиховская Р.Р. Закирова, **И.А. Гурский** // Молочная промышленность. – 2021. – № 5. – С. 46-48. – DOI 10.31515/1019-8946-2021-05-46-48.

#### **Статьи в материалах конференций и журналах, индексируемых в РИНЦ**

15. **Гурский, И. А.** Влияние температуры аэрирования на структуру и консистенцию размороженных кисломолочных десертов / И. А. Гурский // XXXV Международные Плехановские чтения: Сборник статей аспирантов и молодых ученых, Москва, 07–08 апреля 2022 года. – г. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2022. – С. 365-369.

16. **Гурский, И. А.** Влияние количества ферментированной основы на дисперсность воздушной фазы размороженных десертов / И. А. Гурский // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4, № 3S. – С. 67-70. – DOI 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-67-70.

17. **Гурский, И. А.** Исследование реологических свойств желатина для обоснования технологии размораживаемых аэрированных десертов / И. А. Гурский, А. А. Творогова, Т. В. Шобанова // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов, Москва, 17–18 апреля 2019 года. – Москва: КТ "Буки-Веди", 2019. – С. 128-131.

#### **Патенты**

18. Патент № 2788710 С1 Российская Федерация, МПК А23С 9/133, А23С 9/137. Композиционный состав размороженного кисломолочного мусса без добавленной сахарозы: № 2022100207: заявл. 11.01.2022: опубл. 24.01.2023 / А. А. Творогова, **И. А. Гурский**, Т. В. Шобанова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН.

### **Список сокращений**

СТ – стабилизатор – гелеобразователь;

СМС – сквашенная молочная составляющая;

СМ – сливочное масло;

КМ – кокосовое масло;

ПМ – подсолнечное масло;

ПВ – пищевые волокна;

КСБ – концентрат сывороточных белков;

КМБ – концентрат молочных белков;

ИМБ – изолят молочных белков;

ИНСБ – изолят нативных сывороточных белков.