

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

На правах рукописи

**Гурский Игорь Алексеевич**

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

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель –

доктор технических наук

Творогова Антонина Анатольевна

Москва, 2023

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	9
1.1 Особенности производства кисломолочной продукции в России и за рубежом.....	9
1.2 Научно-практические аспекты производства продуктов, употребляемых в размороженном виде.....	13
1.3 Аспекты производства взбитой молочной продукции.....	17
1.4 Отражение технических решений по производству кисломолочных структурированных продуктов в патентах РФ .....	22
1.5 Технологически функциональные компоненты, используемые в производстве взбитых продуктов.....	26
1.6 Принципы и способы стабилизации структуры взбитых продуктов .....	29
1.7 Выводы по литературному обзору .....	35
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	37
2.1 Организация работы и объекты исследования .....	37
2.2 Методы исследования.....	39
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....	46
3.1 Исследование технологической функциональности стабилизаторов - гелеобразователей.....	46
3.2 Разработка композиционного состава взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами .....	53
3.2.1 Обоснование композиционного состава кисломолочных десертов .	53
3.2.2 Определение влияния способа внесения фруктозы на кислотообразующую способность закваски для йогурта.....	55
3.2.3 Исследование показателей качества взбитых кисломолочных десертов с пектином и желатином .....	57
3.2.4 Определение влияния концентратов и изолятов белков молока на динамическую вязкость смесей и формоустойчивость йогурта в процессе размораживания .....	66

3.3 Исследование показателей качества взбитых кисломолочных десертов различного состава в процессе производства и хранения в замороженном состоянии .....	68
3.3.1 Контроль показателей качества смесей и кисломолочных десертов в процессе производства .....	70
3.3.2 Определение дисперсности микроструктурных элементов взбитых кисломолочных десертов .....	74
3.4 Исследование состояния структуры и текстуры взбитых кисломолочных десертов при температуре $4\pm 2$ °С.....	80
3.4.1 Определение формоустойчивости и влагосвязывающей способности кисломолочных десертов .....	80
3.4.2 Исследование состояния структуры десертов при температуре $4\pm 2$ °С .....	82
3.4.3 Определение показателей текстуры взбитых кисломолочных десертов.....	94
3.4.4 Исследование микробиологических показателей десертов .....	99
3.5 Оценка пищевой ценности и органолептических показателей кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами .....	101
3.5.1 Определение пищевой ценности, сладости и ГИ кисломолочных десертов.....	101
3.5.2 Органолептическая оценка кисломолочных десертов.....	102
3.6 Обоснование и разработка технологии взбитых кисломолочных десертов функциональной направленности, употребляемых в размороженном состоянии, и расчет себестоимости готового продукта ..	105
ВЫВОДЫ.....	111
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
Приложение 1 .....	131
Приложение 2 .....	133
Приложение 3 .....	134
Приложение 4 .....	135

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Продукты питания оказывают непосредственное влияние на здоровье человека. ФАО ВОЗ ежегодно отмечает значительный рост числа людей, больных диабетом, страдающих истощением, избыточным весом или ожирением – заболеваниями, корректируемыми рационом питания [1].

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» [2]. 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 исследования**

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 совершенствования 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 исследования**

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.**

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

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».

### **Степень достоверности и апробации работы**

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.

Диссертационная работа выполнена соискателем самостоятельно. Проведен анализ литературы, постановка и проведение эксперимента, анализ и обобщение полученных результатов исследований, сформулированы основные этапы и выводы.

### **Апробация работы**

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 работы**

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов и перечня используемых источников литературы. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 35 таблиц, 34 рисунка и 4 приложения. Список литературы включает 168 источников.



## **ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Особенности производства кисломолочной продукции в России и за рубежом**

Термин и определение кисломолочных продуктов регламентируется ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»: «кисломолочный продукт - молочный продукт или молочный составной продукт, который произведен способом, приводящим к снижению показателя активной кислотности (рН), повышению показателя кислотности и коагуляции молочного белка, сквашивания молока, и (или) молочных продуктов, и (или) их смесей с немолочными компонентами, которые вводятся не в целях замены составных частей молока (до или после сквашивания), или без добавления указанных компонентов с использованием заквасочных микроорганизмов и содержат живые заквасочные микроорганизмы в количестве, требуемом законодательной документацией» [3].

В соответствии с данными, приведенными Росстатом, производство кисломолочных продуктов в объеме молочных продуктов в 2017-2021 гг. занимает лидирующую позицию (более 2,7 млн.т). Несмотря на то, что количество производимой кисломолочной продукции с 2017 г. снизилось на 150 млн. т. к 2021, количество производимого йогурта выросло на 28 млн. т. Количество произведенных остальных молочных продуктов для сравнения представлено в таблице 1.1.

В странах Европы, как и в России, популярны кисломолочные продукты. Их производство составляет 8,1 млн. т. за 2019 г что на 3,5 % выше в сравнении с 2014 г. Данные по производству кисломолочной продукции ряда стран Европы за период 2014 – 2019 гг. представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Данные Росстата по объемам производства молока и молочной продукции в России в 2017-2021 гг.

Продукт	Произведено млн. т. за г.				
	2017	2018	2019	2020	2021
Молоко, кроме сырого	5336,4	5487,6	5302,5	5417,1	5563,5
Масло сливочное, пасты масляные, масло топленое, жир молочный, спреды и смеси топленые сливочно-растительные	312,5	290,4	292,2	310,6	298,2
Продукты кисломолочные:	2884,9	2816,2	2748,4	2743,3	2724,9
-Йогурт	790,2	794,5	820,0	809,5	818,6
-Ацидофилин	14,0	15,7	15,5	15,0	15,1
-Ряженка и варенец	233,7	232,1	231,6	227,4	226,1
-Кефир	1038,6	1023,0	968,5	964,2	941,2
Мороженое	376,9	439,0	414,1	450,8	527,1
Сливки	152,3	148,8	162,7	187,5	235,2

Таблица 1.2 – Данные по объемам производства кисломолочной продукции стран Европы в 2014 – 2019 г. г.

Страна	Произведено млн. т.			
	2014 г.	2016 г.	2018 г.	2019 г.
Польша	0,5	0,51	0,53	0,53
Румыния	0,17	0,19	0,21	0,22
Греция	0,08	0,1	0,13	0,14
Хорватия	0,07	0,08	0,09	0,09
Чехия	0,16	0,18	0,17	0,18
Словения	0,03	0,03	0,4	0,4
Испания	0,7	0,9	1	0,9

Замороженный йогурт, как его называют в западных странах, или кисломолочное мороженое, как принято называть у нас, является относительно новым продуктом, который начали производить в 1960-х [4]. Повышенный спрос на кисломолочные продукты, одним из которых является йогурт, связан с тем, что в процессе сквашивания нутриенты, входящие в состав сквашиваемой основы претерпевают существенные изменения, влияющие на пищевую и биологическую ценность [5] и на

органолептические показатели готового продукта [6]. Издавна считалось, что кисломолочные продукты улучшают работу кишечника. Позднее И. И. Мечниковым было установлено, что молочнокислые бактерии, попадая в кишечник, создают кислую среду, благодаря чему препятствуют развитию гнилостных бактерий, вызывающих распад белков пищи до образования индола, скатола и других ядовитых веществ. Было установлено важное свойство молочнокислых микроорганизмов – способность образовывать антибиотические вещества. Действие образовавшихся бактерицинов и антимикробных веществ в процессе развития молочнокислых микроорганизмов, представленных белками, их пептидами, перекисью водорода, были подтверждены рядом исследований [7, 8]. Важно и то, что кисломолочные продукты усваиваются организмом значительно быстрее и легче, что связано с изменением белков в процессе ферментации. Регулярное употребление кисломолочных продуктов обеспечивает комфортную работу кишечника, нормализует деятельность печени и почек, способствует восстановлению баланса кишечной микрофлоры, нарушаемого при стрессах, с возрастом, желудочно-кишечными расстройствами и антибактериальными терапиями [9-13]. Кроме того, йогурт является значимым источником кальция, фосфора, магния, незаменимых аминокислот, витаминов группы D, B6, B12 и рибофлавина [14]. Содержание минералов и белков положительно сказывается на состоянии костей возрастного населения и зубов, из-за их способности снижать воздействие кислот и препятствовать появлению кариеса [10]. Существует значительное количество доказательств, которые подтверждают, что люди с непереносимостью лактозы могут потреблять кисломолочную продукцию [4, 15].

Органолептические свойства молочной продукции во многом зависят от баланса между белками, жирами и углеводами, содержащимися в них. Вкусовые и ароматические характеристики кисломолочной продукции, в частности йогуртов, обусловлены наличием веществ, присутствующих в молоке изначально и образующихся в результате биохимических процессов,

происходящих в углеводах, липидах и белках при развития молочнокислых микроорганизмов [16, 17]. В настоящее время обнаружено свыше ста летучих веществ, среди которых карбоксильные соединения, спирты, кислоты, сложные эфиры, углеводороды, ароматические, серосодержащие и гетероциклические соединения [18-21].

Органолептические показатели, обусловленные текстурой йогурта, формируются в процессе ферментации [22]. При ферментации происходит снижение рН до изоэлектрической точки. В результате происходит денатурация белка с его последующей агрегацией и формированием трехмерной сети, состоящей из кластеров и цепочек казеина [23, 24]. Йогурты разделяют по количеству жира ( $\geq 3,0\%$ ;  $0,5-2,0$ ;  $\leq 0,5\%$ ) [4], по содержанию белков [25, 26], используемых сахаров и стабилизационных систем [27]. Все эти компоненты влияют на показатели текстуры готового продукта, к которым относятся твердость, липкость, клейкость, когезия и др.

При производстве кисломолочной продукции необходимо контролировать показатели, влияющие на развитие и сохранность микроорганизмов в процессе хранения продукции. Такими показателями являются рН среды, количество воды [28, 29], концентрация растворенных веществ и азота [30, 31], сахара [32]. Большинство микроорганизмов хорошо развиваются в нейтральной среде (рН 7), в то время как более кислая среда является фактором, ограничивающим их рост [33] и негативно влияющим на жизнеспособность пробиотиков [34]. На выживаемости полезных бактерий также сказывается время и температура хранения готового продукта.

Взбитые кисломолочные десерты могут производиться с улучшенными потребительскими свойствами. При разработке рецептур продуктов с улучшенными потребительскими свойствами в части пищевой ценности следует руководствоваться ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» и методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Десерты могут быть

маркированы как «с низким содержанием жира» при его массовой доли не более 3%, «с высоким содержанием белка» при его количестве, обеспечивающем 20% от энергетической ценности продукта, и «источник пищевых волокон» при их количестве не менее 3г на 100г продукта.

## **1.2 Научно-практические аспекты производства продуктов, употребляемых в размороженном виде**

Замораживание - один из самых эффективных и доступных способов длительного хранения продуктов питания с сохранением многих полезных нутриентов. В соответствии с ГОСТ Р 55516-2013 замораживание пищевого продукта – это регулируемый процесс понижения температуры пищевого продукта ниже его криоскопической температуры, а размораживание пищевого продукта – это регулируемый процесс повышения температуры замороженного пищевого продукта выше его криоскопической температуры [36]. Замораживание считается одним из основных методов обработки пищевой продукции, обеспечивающим необходимую микробиологическую безопасность и сохранность органолептических и структурно-механических показателей качества продукта в процессе ее длительного хранения.

К продуктам, употребляемым после размораживания, можно отнести: молочные десерты, пищевые льды (для напитков), кремовые изделия, замороженные йогурты, готовые первые и вторые блюда, хлеб и хлебобулочные изделия, национальные продукты некоторых азиатских стран и др. На качество размороженных продуктов влияет целый ряд факторов: их состояние до размораживания; качество и продолжительность хранения исходных компонентов; технологии производства, хранения и реализации; способы замораживания и размораживания.

Несмотря на то, что замороженные продукты дольше хранятся, они могут терять как свои полезные свойства, так и структурно-механические и органолептические показатели качества. Это касается в значительной степени кисломолочной и взбитой продукции. В работе Miriam и др. приведены исследования о влиянии различных температур на выживаемость

молочнокислых микроорганизмов. По результатам исследования было установлено, что при температуре 22 °С количество молочнокислых микроорганизмов через 12 месяцев хранения снизилось на 53%, в образцах, хранящихся при минус 20 и 4 °С, потери составили 12 и 39% соответственно. Хранение продукта при 37 °С привело к снижению числа жизнеспособных бактерий на 86% [37]. Следовательно, хранение сквашенных продуктов в замороженном виде предпочтительнее для повышения выживаемости полезной микрофлоры и используется в технологии получения заквасочных микроорганизмов методом лиофилизации [38] и их хранения при отрицательных температурах [39, 40]. Однако в процессе замораживания кисломолочного мороженого с йогуртом может происходить снижение до 1 порядка содержащихся в нем культур полезных микроорганизмов. Причиной является воздействие кристаллов льда на клеточную структуру микроорганизмов, приводящее к повреждению и разрыву оболочки бактериальных клеток и соответственно нарушению их функциональности и снижению их жизнеспособности [41, 42].

Помимо кристаллов льда на микроорганизмы также влияет шоковая заморозка, приводящая к повышению концентрации внеклеточных и внутриклеточных растворенных веществ, изменению объема микробной клетки и ее обезвоживанию. Разновидность микроорганизмов и его штаммов [43] влияет на их выживаемость при хранении в замороженном виде, что является важным фактором при подборе заквасочных культур для производства замороженной кисломолочной продукции. В работе [44] установлено, что при ферментации молочной основы различными заквасочными микроорганизмами и их группами образуется разное количество молочнокислых микроорганизмов, что также указывает на необходимость подбора индивидуальных культур для определенных групп вырабатываемой пищевой продукции. Также для увеличения выживаемости полезных бактерий на конец срока годности сквашенных продуктов возможно применение криопротекторов, капсулирование микроорганизмов

[45, 46] и добавление пребиотиков [47, 48]. По результатам работы [49] установлена значимая разница в количестве микроорганизмов после фризирования в продукте при использовании лактулозы и инулина и без их применения.

На качество продуктов, употребляемых в размороженном виде, в значительной мере влияет продолжительность замораживания и температура хранения. Быстрое замораживание способствует образованию мелких кристаллов льда, что сводит к минимуму повреждения структуры продукта, клеток и тканей, а также перемещение воды. Низкие температуры хранения при отсутствии заметных колебаний позволяют поддерживать стабильность структуры, снижая вероятность перекристаллизации льда, что может повлиять на качество продукта.

В структуре десертов, изготовленных по технологии мороженого, возможно образование крупных кристаллов льда в случае образования недостаточного числа центров кристаллизации при фризировании, поскольку последующая кристаллизация невымороженной влаги происходит на этих центрах, а также процессом перекристаллизации при колебаниях температуры в процессе хранения. Такие же изменения возможны и в замороженных заварных кремах, пудингах на основе желатина и др. продуктах. Крупные кристаллы льда вызывают ощущение зернистости (в России – появление органолептически ощутимых кристаллов льда) [50], а также влияют на воздушную фазу и состояние текстуры [51 – 53].

В процессе размораживания большую роль играет стабильность микро- и макроструктуры продукта. Состояние макроструктуры размороженных продуктов в значительной степени определяется внешним видом и способностью сохранять первоначальную форму. Микроструктура размороженных продуктов, к которым относят муссы и различного рода десерты, представлена воздушной фазой, состояние и дисперсность которой определяет не только форму (внешний вид), но и его текстуру. При размораживании кристаллы льда плавятся, высвобождается большое

количество влаги, в результате чего ускоряются процессы, приводящие к изменению воздушной фазы.

Кисломолочные продукты теряют однородную текстуру при замораживании, а при размораживании расслаиваются из-за протекающих изменений в структуре, образованной белком и жиром. При размораживании десертов, изготовленных в соответствии с технологией мороженого, изменяются такие показатели текстуры как твердость, липкость, разжевываемость, адгезионная сила, когезия, восстанавливаемая деформация и др., связанные с сенсорными ощущениями при его употреблении. Основное воздействие на текстуру десертов оказывают ингредиенты, влияющие на взбитость [54 – 56], дисперсность воздушной фазы [57 – 59] и кристаллов льда [60 – 62]. При размораживании на текстуру продукта значимое влияние оказывает прочность матричной структуры, образованной пузырьками воздуха, жировыми шариками, белками СОМО или внесенными дополнительно и стабилизаторами – гелеобразователями [63].

В процессе размораживания возможно выделение влаги в виде сыворотки, содержащей полезные компоненты или вещества: лактоглобулины, лактоальбумины, иммуноглобулины, высокодисперсные молочные жиры, минеральные вещества, соли и др. [64]. Выделение сыворотки связано с потерей стабильности структуры геля, сформированного в процессе ферментации [65]. Прежде всего, это явление связано с разрушением казеиновых комплексов, приводящим к увеличению пор и выделению сыворотки [66]. Разрушение казеиновых комплексов происходит под действием кристаллов льда, сформированных в процессе замораживания. В связи с этим повышение дисперсности кристаллов льда способствует сохранению пористой структуры продукта и увеличению при размораживании количества удерживаемой в его структуре сыворотки. Также к причинам отделения сыворотки относят слишком высокую температуру ферментации и пастеризации, низкое содержание сухих веществ и высокую кислотность [67].



### 1.3 Аспекты производства взбитой молочной продукции

Взбивание, как процесс принудительного насыщения продукта воздухом, играет важную роль во многих пищевых продуктах, включая молочные продукты, кондитерские изделия, мороженое и другие [68, 69]. Пузырьки воздуха позволяют создать привлекательный внешний вид продукта и текстуру с улучшенными вкусовыми ощущениями. Насыщенные воздухом продукты, такие как взбитые сливки, муссы и суфле, характеризуются кремообразной текстурой, а твердые газированные продукты, в частности хлопья, становятся легкими и хрустящими, взбитая структура может облегчить жевание и доступ фермента к субстратам [70]. Значимым преимуществом взбитых продуктов по сравнению с невзбитыми является более низкая калорийность одного и того же объема порции. В частности, в своем исследовании Osterholt доказал, что в большинстве случаев люди учитывают количество употребляемой пищи по ее объему, поэтому нередко калорийность пищи определяют в 100 мл продукта [71 – 73]. Пузырьки в продукте могут быть получены различными способами, такими как взбивание, смешивание, ферментация, использование химических веществ, закачивание газа и др.

Пузырьки воздуха в промышленном мороженом, полученные в процессе взбивания, на этапе фризирования смеси по данным Warren и Hartel имеют средний размер 29,9 мкм. По результатам ряда других исследований в мороженом хорошего качества имеет пузырьки воздуха размером от 30 до 150 мкм и средний диаметр 40 мкм, соответственно для сохранения высоких показателей качества при изготовлении десертов, употребляемых в размороженном виде, следует максимально сохранить исходную дисперсность воздушной фазы [74, 75].

Для получения более мелких пузырьков воздуха возможна предварительная аэрация смеси или же применение более высокой скорости вращения взбивающего устройства при одновременном замораживании для диспергирования пузырьков воздуха. Этот процесс реализуется при

двухступенчатом замораживании в низкотемпературных фризерах. Скорость вращения мешалки в таких фризерах на первой ступени в 2 – 3 раза выше, чем в обычном фризере. В своих исследованиях Matthias показал, что при более высокой скорости вращения мешалки диаметр пузырьков воздуха был уменьшен с 52 до 19 мкм. Размеры пузырьков воздуха, а также их изменения могут повлиять как на органолептические показатели готового изделия, так и на его внешний вид [76, 77]. В связи с этим есть необходимость в получении стойких пен с размером пузырьков воздуха 20 – 30 мкм, которые сохраняют свою стабильность как можно дольше.

Из работ Hartel и др. следует, что в процессе хранения взбитых замороженных продуктов, при повышении температуры кристаллы льда начинают таять, в результате чего выделяется несвязанная вода, снижающая концентрацию непрерывной фазы (плазмы), что способствует деструктурированию – потере исходной формы и переходу в плазму таких структурных элементов как жировые шарики и воздушные пузырьки. Кроме того, при колебаниях температуры под действием растущих кристаллов льда, в соответствии с законом идеального газа ( $PV = nRT$ ), увеличивается давление внутри находящихся в плазме пузырьков воздуха, что также ведет к их повреждению и увеличению [78]. Окончательные морфологические изменения в этих структурных элементах происходят в результате разницы силы, приложенной к поверхности пузырька воздуха растущими кристаллами льда, и поверхностным натяжением на границе воздух/матрица.

Guevara считает, что пены, как и эмульсии, являются недостаточно стабильными системами, так как средний размер пузырька воздуха может расти относительно быстро за счет диспропорционирования (созревание Оствальда) (рисунок 1.1) и коалесценции (слияния) (рисунок 1.2) в течение длительного срока хранения продукта.

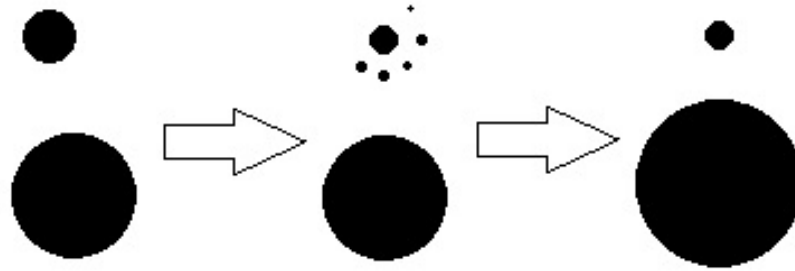


Рис. 1.1 Схема созревания Оствальда



Рис. 1.2 Схема коалесценции

J. M. Rodriguez Patino и др. считают также, что дестабилизация пены происходит в результате диспропорционирования и слияния [79]. Диспропорционирование обусловлено различием давления Лапласа в пузырьках воздуха различного размера. Различия в давлении ведут к диффузии газа из меньшего пузырька к более крупному, поскольку растворимость газа в меньших пузырьках выше, чем в крупных [80 – 82].

Стабильность пены очень важна во взбитых продуктах, особенно которые употребляются в размороженном виде или вообще не замораживаются. Этот показатель зависит как от условий хранения, так и от нутриентного состава. По данным Gerard van Dalen, на стабильность пены муссов и десертов на молочной основе значительное влияние оказывают белки [83, 84] и жиры [85, 86]. Белки как влагоудерживающие вещества способствуют стабильности эмульсии, они адсорбируются на поверхности воздушной фазы и структурируют эмульсию, что приводит к образованию вязкоупругих межфазных пленок, которые оказывают определенное сопротивление диспропорционированию пузырьков. Также белки препятствуют дренажу при затвердевания непрерывной фазы в готовом продукте [87]. Белки способны выполнять роль макромолекулярных

поверхностно – активных веществ, понижающих поверхностное натяжение дисперсий, поэтому при их использовании повышается пенообразующая способность продуктов. При этом, чем ниже поверхностное натяжение, тем выше дисперсность пузырьков воздуха в связи с образованием большого числа этих структурных элементов в процессе интенсивного механического воздействия (взбивания) [88 – 91].

Важную роль в стабилизации воздушной фазы выполняет жир. В процессе фризирования молочный жир кристаллизуется с последующей частичной его коалесценцией. При коалесценции происходит агрегация жировых частиц, их адсорбция на границе раздела фаз и образование сетчатой матрицы в плазме продукта, стабилизирующей структуру, в том числе за счет повышения прочности пены [92, 93]. В работе Kristine и др. было установлено, что использование растительного жира в виде подсолнечного масла приводит к снижению среднего размера пузырьков воздуха до 11 мкм, что связывали с низким содержанием твердого жира и повышенной способностью жидкого жира к агрегированию и образованию вследствие этого большого числа стабилизированных воздушных пузырьков [94, 95].

Из литературных источников известно, что смеси с излишне высокой вязкостью хуже насыщаются воздухом. В взбитых кисломолочных продуктах это может быть связано с коагуляцией белка, понижающей его поверхностную активность, следовательно, и способность образовывать и стабилизировать пены [96]. В частности, известно, что гели, содержащие частицы агрегированного сывороточного белка, более слабые, в них образуются разрывы в структуре при гораздо меньших значениях деформирующих воздействий, чем в гелях с такой же концентрацией других белков [97]. Это важно учитывать при обосновании температуры пастеризации взбитых молочных продуктов.

Однако, если изменение вязкости не связано с коагуляцией белков, то в смесях с более высокой вязкостью возможно получить пузырьки воздуха

меньшего размера, что делает органолептические ощущения более выраженными [98].

В своей работе Xin Li отмечает положительное влияние на стабильность пены белковой дисперсии и микрогеля, приготовленных из белка яйца. Сравнение же дисперсии и микрогеля между собой показало, что микрогель, хотя и характеризуется меньшей способностью к вспениванию, способствует повышению устойчивости воздушной фазы к диспропорционированию и снижает коалесценцию. Также исследования показали, что пленки, полученные в результате использования микрогелей, прочнее, чем пленки, полученные при использовании дисперсий.

Отмечается стабилизирующее действие твинов [99] и моноглицеридов воздушной фазы [100] за счет образования межфазных пленок, однако они слабее белковых, из-за чего легче происходит десорбция этих веществ с поверхности воздушных пузырьков, приводящая к их диспропорционированию.

В последние годы исследуется использование различных частиц в качестве стабилизаторов пены [101]. Их называют «пены Пикеринга», они более стабильны, чем пены, стабилизируемые белком, за счет большей энергии связи этих частиц с воздушной фазой.

В своей работе Hans приводит данные о влиянии температуры на дисперсность воздушной фазы. Было установлено, что при использовании низкотемпературной экструзии в производстве мороженого удается уменьшить пузырьки воздуха с 36 мкм до 16 мкм [102].

Из всего выше сказанного следует, что большинство исследователей изучали воздушную фазу в готовых изделиях, при этом вопрос ее стабильности в продуктах, употребляемых в размороженном виде, изучен недостаточно. Следовательно, при разработке технологий взбитой продукции, употребляемой в размороженном виде, необходимо изучить не только механизм изменения воздушной фазы и факторы, способствующие этим изменениям, но и способы влияния на ее стабильность.

#### 1.4 Отражение технических решений по производству кисломолочных структурированных продуктов в патентах РФ

Для того чтобы оценить новизну разработки, состояние исследований в изучаемом направлении, а также определить аналоги кисломолочных структурированных десертов были изучены патенты РФ (таблица 1.3) по базе ФИПС, краткая характеристика патентов представлена ниже.

Таблица 1.3 – Результаты патентного поиска

№	Заявка	Название
1	2008132236/13	Композиция для производства кисломолочного десерта
2	2009140299/10	Способ изготовления замороженного десерта на основе замороженной композиции
3	99104092/13	Кисломолочный продукт «Наринэ» для приготовления десерта в замороженном виде
4	2004111023/13	Композиция для производства кисломолочного десерта
5	2016128986	Натуральное подкисление замороженных молочных десертов с применением натуральных растительных источников
6	2015120575	Замороженный кондитерский продукт и способ его приготовления
7	2001111983/13	Способ производства пенного кисломолочного продукта
8	2007110957/13	Состав и способ получения взбитого десерта (мусса) на молочной основе
9	2008131649/10	Мороженое йогуртовое
10	97115799/13	Смесь для приготовления мороженого
11	2013147993/13	Замороженные кондитерские изделия с повышенной устойчивостью к тепловому шоку
12	2016144224	Способ производства кисломолочного мороженого с функциональными свойствами

Ниже изложено краткое содержание, перечисленных в таблице 1.3 патентов.

№ 1. В изобретении приведена композиция для производства кисломолочного десерта, содержащего молоко коровье, подслащивающий компонент, стабилизатор, закваску. Особенность заключается в том, что в состав дополнительно введен витаминный премикс «Гидровит 2448», роль подслащивающего компонента выполняет концентрированный ягодный сироп, а стабилизатора – комплексная стабилизирующая система, в качестве закваски используют комплексную закваску на основе консорциума микроорганизмов, обладающую пробиотическими свойствами.

№ 2. В патенте представлены различные способы производства замороженного десерта на основе замороженной композиции путем внесения фруктов в виде пюре, кусочков или сока, кисломолочных продуктов, пищевых волокон, витаминов, минералов и т.п.

№ 3. Изобретение относится к пищевой промышленности. Продукт является лечебно-профилактическим за счет входящих в состав его штаммов молочнокислых микроорганизмов, обладающих антацидными свойствами и регулирующих раздражающее воздействие продукта на стенки желудка, что позволяет расширить сферы его применения. Продукт содержит молочнокислые бактерии, добавку на основе полисахарида, компоненты, положительно влияющие на органолептические показатели продукта, и молочную добавку.

№ 4. В формуле изобретения приведена композиция для производства кисломолочного десерта, которая содержит молоко коровье, стабилизатор, закваску, подслащивающий компонент, и отличается дополнительно внесенным яичным порошком, кокосовым маслом, а молоко коровье нормализуют сухим обезжиренным молоком. В качестве подслащивающего компонента используют концентрированный ягодный сироп, в качестве закваски используют пахту, которую предварительно сгущают и сквашивают пропионовокислыми бактериями.

№ 5. Данное изобретение содержит способ производства замороженного кондитерского изделия, состоящий из следующих этапов:

- a) получение смеси ингредиентов, содержащую один или более белков;
- b) добавление в смесь натурального экстракта бобов;
- c) гомогенизация смеси;
- d) пастеризация смеси;
- e) замораживание пастеризованной смеси с формированием замороженного кондитерского изделия;
- f) закаливание замороженного кондитерского изделия (необязательная стадия).

В этом патенте также содержится информация о дополнительных этапах, включающих регулирование рН и температуры пастеризации, изменение состава – СОМО, жира и подсластителя, внесение натурального экстракта какао – бобов, а также возможное взбивание смеси.

№ 6. В изобретении приведен способ производства замороженного кондитерского продукта, который содержит глюконо – дельта – лактон, включающий этапы, на которых:

- обеспечивается смесь ингредиентами, содержащими один или несколько белков;
- происходит внесение глюконо – дельта – лактона в смесь ингредиентов;
- проводится гомогенизация смеси;
- происходит пастеризация смеси;
- осуществляется замораживание пастеризованной смеси для получения замороженного кондитерского продукта.

№ 7. В изобретении приведен способ производства взбитого десерта, который включает пастеризацию, гомогенизацию, охлаждение и взбивание молочной смеси. Отличается тем, что в качестве пенообразователя используют молоко, которое предварительно заквашивают до кислотности 60°Т при помощи термофильных стрептококков штамма YC – X11.

№ 8. В патенте приведен способ производства взбитого десерта. Производится на молочной основе по технологии мороженого с последующим его размораживанием в течение 4 – 36 ч. В состав взбитого десерта (мусса), входят молоко, сливки, сгущенные и сухие молочные консервы, сливочное масло, растительный жир, пищевкусовые продукты, ароматизаторы и стабилизаторы в различных комбинациях. Отличается тем, что дополнительно содержит комплексный стабилизатор – эмульгатор, позволяющий ему сохранять форму упаковки или формирующего устройства экструдера после размораживания при определенном химическом составе готового продукта.



№ 9. Патент включает рецептуру йогуртового мороженого. В его состав входят молочная основа, сахар – песок, сливки, стабилизатор, источник молочнокислых микроорганизмов. Отличается тем, что в качестве молочной основы используют молоко сухое обезжиренное, в качестве стабилизатора – стабилизатор-эмульгатор ISC – 06002, в качестве источника молочнокислых микроорганизмов – йогурт и дополнительно содержит кукурузный высокофруктозный сироп, каррагинан, ароматизаторы йогурта и плодов или ягод, лимонную кислоту, фосфат кальция, измельченные плоды или ягоды и воду.

№ 10. Рассмотрен вариант изготовления мороженого с использованием йогуртовой закваски, а также с применением в качестве пробиотических микроорганизмов *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. rhamnosus*, *Es. faecium*, *Bifidumbacterium bifidum*, применяемых по отдельности или в различных сочетаниях.

№ 11. Предложен способ, повышающий устойчивость к тепловому шоку замороженного кондитерского изделия, включающий добавление от 0,001 до 4% белковых фибрилл к гомогенизированной и пастеризованной смеси, содержащей от 5 до 15% обезжиренного сухого молока, до 20% жира, от 5 до 30% подсластителя и до 3% стабилизирующей системы, а затем замораживание.

№ 12. Способ производства кисломолочного мороженого с функциональными свойствами. Формула изобретения включает нормализацию, гомогенизацию, пастеризацию и охлаждение смеси; внесение закваски; сквашивание, охлаждение и фризирование смеси и закаливание мороженого. Новым в данном изобретении является то, что после пастеризации полученную смесь охлаждают до температуры 45 °С, вносят сиропы шиповника и облепихи, затем вносят закваску молочнокислых микроорганизмов *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, сквашивают 4 – 5 ч при температуре 40±2 °С до достижения кислотности 80 °Т.

## 1.5 Технологически функциональные компоненты, используемые в производстве взбитых продуктов

Качество вырабатываемой продукции во многом, как ранее уже было сказано, зависит от используемых компонентов. Для многокомпонентных взбитых продуктов, вырабатываемых по технологии мороженого используемое сырье можно условно разделить на источники жира, СОМО, сахара, а также компоненты, восполняющие недостающие сухие вещества.

### *Источники жира*

Помимо стабилизации воздушной фазы жир формирует органолептический профиль готового изделия, способствует улучшению кремообразной и гладкой текстуры [85, 86], влияет на формо – и термоустойчивость. В производстве многокомпонентных продуктов применяют жиры растительного и животного происхождения. Наиболее распространенные компоненты – сливочное масло с различным содержанием жира, сливки, спреды, кокосовое и пальмоядровое масла. Также возможно использование подсолнечного, рапсового, льняного, оливкового и др. видов масел [103-105]. Кроме того, жир частично восполняется за счет молочных консервов (сгущённое молоко, сгущенное молоко с сахаром, сгущенные сливки и сухое молоко), а также цельномолочной продукции (пастеризованное молоко, йогурт, кефир и т. д.).

Влияние на качество продукции различных видов жира обусловлено качественным и количественным содержанием жирных кислот, влияющих на физические свойства масел. Наиболее значимые характеристики некоторых жиров и масел, представлены в таблице 1.4. [106].

Таблица 1.4 – Физические свойства жиров

Характеристика	Молочный жир	Кокосовое масло	Подсолнечное масло
Температура плавления, °С	28,0 - 36,0	25,0 - 28,0	минус 18,0 - минус 20,0
Температура затвердевания, °С	9,0 - 24,5	14,0 - 22,0	минус 16,0 - минус 19,0
Содержание ТТГ при 10,0°С, %	33,0	54,5	-

### *Источники СОМО*

Нутриенты СОМО, как и жир формируют органолептический профиль готового продукта и стабилизируют или влияют на его микро- и макроструктуру. При низкой массовой доле СОМО продукт будет иметь пустой вкус, а показатели текстуры будут снижены [107]. СОМО во взбитой продукции восполняется в основном за счет сухих компонентов, таких как СОМ или СЦМ, а различные белковые концентраты (КСБ, ИМБ, КМБ, ИНСБ и др.) повышают содержание в продукте сухих веществ молока. Источником СОМО также является цельномолочная и сгущенная продукция. Помимо влияния на органолептические показатели, СОМО за счет входящих в его состав белков молока, повышает пищевую и биологическую ценность продуктов. Это обусловлено содержанием в СОМО всех незаменимых аминокислот [108], антиканцерогенной [109] и противовирусной активностью [110], иммуномодулирующими и антибактериальными/противовирусными свойствами [111], противокариозными [112] и гипохолестеринемическими эффектами [113] и др.

### *Источники сладости*

Сахара придают сладость готовому продукту, снижают криоскопическую температуру смеси и восполняют сухие компоненты. Чаще всего в производстве взбитой продукции применяют сахарозу, однако при возникновении необходимости, в частности при производстве продукции специализированного назначения (для диабетиков) ее заменяют. Заменители сахарозы по сладости и сухому веществу раньше разделяли на три группы: натуральные, сахарные спирты (полиолы) и искусственные [114]. В соответствии с ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» используемые источники сладости можно разделить на сахара и подсластители. При выборе сахаров или заменителей сахарозы необходимо учитывать их сладость, GI,

влияние на криоскопическую температуру и размеры кристаллов льда в готовом продукте. Свойства некоторых сахаров представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Свойства сахаров и подсластителей

Наименование вещества	Молекулярная масса, г/моль	Калорийность, ккал/г	Относительная сладость	ГИ	Источник
Сахара					
Глюкоза	180	4,0	0,74	100	[116, 119]
Фруктоза	180	3,7	1,2 – 1,8	19±7	
Сахароза	342	4,0	1,0	68	[115, 116]
Подсластители					
Ксилит	152	2,4	1	7±1	[116, 118]
Сорбит	182	2,6	0,6	7±2	
Маннит	182	1,6	0,5	0	
Сахарин	182	–	200 – 700	0	[117, 121]
Аспартам	294	4,0	180 – 200	0	
Сукралоза	397	2,7 – 3,4	600	0	[119, 121]
Стевиозид	804	0,1	200 – 300	0	[118, 120, 121]

*Компоненты для восполнения сухих веществ*

В десертах, изготавливаемых по технологии мороженого, важно обеспечить определенное содержание сухих веществ. В соответствии с ГОСТ на кисломолочное мороженое содержание сухих веществ нормируется от 29 до 33% [122]. При необходимости недостающие сухие вещества можно восполнить продуктами переработки крахмала мальтодекстрином и/или глюкозным сиропом [123], пищевыми волокнами (инулин, пектин) [124], белковыми компонентами (КСБ, КМБ) [125].

Использование пищевых волокон и белков позволяет не только восполнить сухие вещества, но и повысить качество готового продукта. Использование инулина в производстве десертов увеличивает пищевую ценность продукта и при его массовой доле не менее 3 и 6 г на 100 г продукта позволяет декларировать дополнительную ценность продукта – «источник пищевых волокон» и «высокое содержание пищевых волокон» соответственно. Кроме того, рядом исследователей выявлена способность инулина повышать выживаемость и рост молочнокислых микроорганизмов [126, 127]. Важно и то, что уровень его сладости в 10 раз меньше, чем у

сахарозы [128] и он при определенной молекулярной массе оказывает влияние на вязкость смеси [129]. Белки, как было ранее сказано, повышают пенообразующую способность смеси, повышают ее вязкость и стабилизируют структуру.

### **1.6 Принципы и способы стабилизации структуры взбитых продуктов**

В производстве взбитых продуктов обязательными компонентами являются стабилизаторы и часто совместно с ними используются эмульгаторы. Стабилизатор – пищевая добавка, предназначенная для обеспечения агрегативной устойчивости и/или поддержания однородной дисперсии двух и более несмешивающихся ингредиентов [130].

Стабилизаторы для десертов представляют собой группу веществ (как правило, полисахаридов, реже белков), традиционно используемых в составе рецептуры. Основные функции стабилизаторов в десертах – это:

- увеличение вязкости смеси;
- предотвращение отделения сыворотки;
- облегчение распределения вкусоароматических компонентов;
- замедление роста кристаллов льда и лактозы в ходе хранения;
- замедление миграции влаги из продукта в упаковку или окружающую среду;
- предотвращение усадки при хранении продукта;
- повышение сопротивления таянию (термоустойчивости);
- создание ощущения кремообразной текстуры при употреблении продукта [93].

По происхождению гидроколлоиды делят на протеины (белки) и полисахариды.

В качестве стабилизаторов используют белки животного происхождения (желатин, модифицированный молочный белок и казеинаты) и растительного происхождения (модифицированные соевые и пшеничные белки).

Полисахариды классифицируются по видам в зависимости от их происхождения или способа получения.

Из семян растений получают камедь рожкового дерева (Е 410), гуаровую камедь (Е 412); из клеток растений – производные целлюлозы (метилцеллюлозу (Е 461), натрий карбоксиметилцеллюлозу (Е 466), пектины (Е 446), крахмалы); из водорослей – агар (Е 406), альгинат натрия (Е 401), каррагинан (Е 407).

Полисахарид ксантановую камедь (Е 415) получают путем микробной ферментации [131].

В производстве большинства продуктов эмульгаторы как пищевые добавки используют для создания и/или сохранения однородной смеси двух или более несмешивающихся фаз жидкостей в пищевом продукте [130].

В производстве взбитых продуктов эмульгаторы применяют:

- для повышения способности смеси к насыщению воздухом для предотвращения усадки и ускоренного таяния;
- для получения более гладкой текстуры готовых изделий благодаря структурированию жира и воздействию агломератов жира на полость рта при употреблении продукта [93].

Для получения азирванного кисломолочного десерта, употребляемого в размороженном виде требуемого качества необходимо использовать правильно подобранный комплекс стабилизатор – эмульгатор. Стабилизационная система должна позволять получить устойчивую форму готового продукта, предотвратить отделение сыворотки [132], сохранить дисперсность воздушной фазы [133], а также обладать соответствующими технологически значимыми показателям (вязкость, температура образования геля, прочность геля и т.д.) [134] при производстве десертов на предприятиях по изготовлению мороженого. Одними из наиболее часто используемых гелеобразователей в пищевой промышленности являются – желатин, пектин, агар и каррагинан [135-138].

*Желатин* – животный белок, получаемый кислотным и щелочным гидролизом коллагена из соединительной ткани животного сырья с дальнейшей экстракцией горячей водой. Основная особенность желатина – образование гелей в водных растворах за счет асимметрии молекул этого полимера, поэтому его применяют в таких продуктах как мороженое, муссы, суфле и т.д. в качестве желирующего и водосвязывающего компонента [139].

Асимметрия молекул желатина обуславливает их способность формировать сетчатый каркас геля, в который встраивается вода. Чем больше асимметрия, тем легче его формировать. Также от асимметрии зависят вязкость, плотность, напряжение сдвига, температуры плавления и застывания и способность к набуханию. Хорошая растворимость и высокая влагосвязывающая способность желатина обусловлена особенностью его структуры и присутствием в молекулярной цепи ионов. Помимо прочего на свойства желатина также влияет его изоэлектрическая точка. Величина изоэлектрической точки зависит от сырья и способа обработки. В изоэлектрической точке технологические свойства желатина имеют либо минимальные, либо максимальные значения, к которым относятся набухаемость, вязкость, способность к гелеобразованию, мутность, прочность геля, способность к пенообразованию, синерезис [140].

Согласно данным работы Ahmed и др. желатин, внесенный в кисломолочный продукт, снижает количество отделяемой сыворотки. В образце йогурта с желатином в течение 5 суток отделения сыворотки не происходило, а при использовании КМЦ отделилось 24% сыворотки [141]. Также следует учитывать состав продукта, в котором используется желатин.

По данным Pang и др. взаимодействие между желатином и сывороточными белками не наблюдается, однако присутствие молекул и агрегатов желатина могут вызывать стерические изменения, препятствующие формированию сети сывороточными белками, что приводит к снижению упругости геля [142].

При изучении текстуры гелей желатина с сухим обезжиренным молоком (СОМ), изолятом сывороточного белка (ИСБ) и концентратом молочного белка (КМБ) в количестве 2,5% была установлена их совместимость между собой. Установлено, что СОМ с желатином наиболее совместим, чем КМБ и ИСБ. Текстура геля с СОМ значительно улучшилась, при этом прочность геля не снизилась [143].

*Каррагинаны* по химической природе представляют собой сульфатированные галактаны, состоящие из остатков D-галактозы со связями  $\alpha$ -1,3 и  $\beta$ -1,4. Получают каррагинаны из красных водорослей (Rhodophyta). Они классифицируются как каппа ( $\kappa$ ), йота ( $\iota$ ) и лямбда ( $\lambda$ ) в зависимости от их сульфата, характера замещения и содержания 3,6-ангидрогалактозы [144, 145].

Процесс получения каррагинана состоит из следующих этапов. На первом этапе водоросли промывают и сушат. Затем их выдерживают в растворе КОН, после чего его фильтруют. Щелочь выполняет две функции: во – первых, она способствует набуханию водорослей, что помогает перевести каррагинан в раствор, а, во – вторых, влияет на сульфатные группы каррагинана, что повышает прочность водного геля и совместимость с молочной продукцией. После проводят экстракцию путем высушивания заранее концентрированного раствора путем выпаривания влаги. Полученный сухой каррагинан измельчают [145, 146].

Каррагинан растворим в горячей воде, в холодной воде растворимы только натриевые соли каппа – и йота – каррагинанов. При нагревании дисперсии каррагинана набухание и гидратация не наблюдается вплоть до температуры 40 – 60°C. После гидратации вязкость раствора возрастает, так как набухшие частицы менее текучи. При нагревании до 75–80°C вязкость уменьшается. Охлаждение приводит к значительному увеличению вязкости, и при температурах ниже 40–50°C образуется гель.

Гели, образованные йота – каррагинаном, имеют тиксотропные свойства, что подтверждается их возможностью восстанавливаться после



разрушения при сдвиге. Гели каппа – каррагинана таких свойств не имеют и при сдвиге разрушаются необратимо [147]. Также на гели йота – и каппа – каррагина по-разному влияет процесс замораживания. Структура геля йота – каррагинана в процессе замораживания уплотняется, однако при оттаивании полностью восстанавливается. Одним из важнейших свойств каррагинана является способность взаимодействовать с белками молока, что приводит к образованию устойчивых комплексов. Благодаря этому его широко применяют в молочной промышленности в качестве гелеобразователя [140].

Исследования Немаг и др. реологических свойств растворов каррагинана с СОМ, КМБ, казеинатом натрия (КН) и ИСБ подтвердили его взаимодействие с белками молока. В растворе каррагинана с ИСБ в отличие от остальных расслоение фаз не было выявлено. Также отмечено, что вязкость растворов, которые содержали 0,5% каррагинана увеличивалась при добавлении СОМ и КМБ, но не изменялась при добавлении КН и ИСБ. При исследовании растворов каррагинана с концентрацией от 1% до 2,5% на прочность геля не оказывал влияние лишь ИСБ, в то время как остальные молочные компоненты ее улучшили [148].

*Агар* – стабилизатор, получаемый экстракцией из красных водорослей семейства Rhodophyceae. Экстракцию агара осуществляют в кислотных или щелочных условиях. Выбор среды зависит от типа агарофита и желаемого качества. Восстановление агара из экстракта проводится путем замораживания с дальнейшим получением концентрированного геля после частичного оттаивания. Затем его сушат. Режим сушки влияет на показатели качества агара, поскольку продукты распылительной и экструзионной сушки заметно различаются по реологическим и гелеобразующим свойствам. Согласно работе Rees каррагинаны образуют водные гели за счет объединения молекулярных цепей в двойные спирали, которые затем агрегируются, образуя сеть, способную иммобилизовать воду. Считается, что образование геля агаром происходит по аналогичной схеме [149].

Агар растворим в горячей воде. При охлаждении до температуры ниже 40 °С образует твердые гели, которые плавятся при температуре выше 85 °С [150].

Поскольку агар является нейтральным полимером, он обладает низкой реакционной способностью по отношению к другим веществам. В отличие от каррагинана, агар не проявляет синергизма с белками (не образует комплексы), так как в его полимерной цепи мало сульфатных групп.

К важным технологическим свойствам агара, помимо возможности его использования в очень малых концентрациях, можно отнести его способность к образованию гелей в широком диапазоне рН, что может использоваться при производстве кисломолочных продуктов [140]. Также важно учитывать, что включение сахарозы в продукт, где в качестве стабилизатора используется агар, может увеличить прочность геля. Сахар конкурирует с агаром за воду в смеси, за счет чего увеличивается концентрация агара. Аналогичным эффектом обладают и полиолы [149].

*Пектин* – составляющая часть растений. Молекулы пектина состоят из множества звеньев, состоящих в основном из D – галактуровой кислоты. Как звено молекулы D – галактуровая кислота может быть этерифицирована метиловыми группами, а свободные кислотные группы могут быть частично или полностью нейтрализованы ионами [151].

Пектин получают путем экстрагирования из раствора. Экстрагируют пектин горячей водой в присутствии кислот. После экстракт очищают путем центрифугирования и фильтрования в несколько стадий и затем пектин выделяют из раствора, осаждавая спиртом или аммониевой солью. В результате получают высокоэтерифицированный пектин, который образует гели в продуктах с содержанием сухих веществ не менее 55% [152]. На способность пектина желировать и растворяться в воде большое влияние оказывает степень этерификации, поэтому по мере необходимости проводится деэтерификация высокоэтерифицированного пектина в присутствии ионов кальция. Полученный низкоэтерифицированный пектин в результате

деэтерификации способен образовывать гели при любом содержании сухого вещества [140, 153].

Для стабилизации структуры молочных продуктов существуют специальные модификации пектинов [154].

Механизм действия низкоэтерифицированного пектина основан на образовании кальциевых связей между двумя карбоксильными группами из двух цепей в тесном контакте [153, 155], а высокоэтерифицированного пектина – образованием водородных связей между карбоксильными группами на поверхности молекул пектина и гидрофобными группами другими молекулами [151].

Исследовано влияние пектина на стабилизацию структуры кисломолочных напитков. Установлено, что стабилизация казеина пектином происходит в интервале рН 3,2 – 4,5. При рН ниже 3,5 пектин недостаточно диссоциирует, а при рН выше 4,5 казеин не имеет достаточного заряда из – за чего притяжение между ним и пектином слабее [149].

В работе Fatıha и др. отмечено, что пектин влияет на скорость роста заквасочных культур, применяемых при производстве йогурта (*Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*), пропорционально увеличению его количественной доли [156, 157]. Влияние пектина при производстве йогурта положительно сказалось и на органолептических показателях. Было снижено количество отделившейся сыворотки, обратно пропорциональное содержанию пектина за счет абсорбции. Путем образования доступных гидрофобных групп в результате разворачивания белка при его соединении с пектином удалось снизить количество летучих соединений (альдегидов), а увеличенная вязкость повлияла на продвижение ароматических соединений в матрице, что снизило вероятность выброса летучих соединений [158].

### **1.7 Выводы по литературному обзору**

На основании анализа нормативной и технической литературы можно сделать вывод, что в настоящее время не существует технологии употребляемых в размороженном виде взбитых кисломолочных десертов,

изготавливаемых в условиях высокотехнологичного производства. Производство таких десертов позволит соединить преимущества кисломолочных продуктов (вкус и польза для здоровья) и мороженого (наличие насыщенной воздухом структуры, кремообразной текстуры и длительный срок годности в замороженном состоянии). Учитывая современные тенденции в питании и в развитии технологий молочной продукции, целесообразно повысить пищевую ценность взбитых кисломолочных десертов путем:

- производства продукции с низким содержанием жира;
- снижения гликемического индекса;
- обогащения про – и пребиотиками, КСБ и пищевыми волокнами.

При этом необходимо:

- получить кисломолочный продукт с высокими органолептическими показателями, обладающий полезными свойствами для здоровья;
- изучить влияние различных факторов на стабильность воздушной фазы во взбитом продукте в замороженном и размороженном состояниях;
- подобрать и обосновать используемые компоненты для производства кисломолочного десерта, употребляемого в размороженном состоянии.

Следовательно, тема диссертационного исследования «Разработка технологии взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами» является актуальной для исследования, а продукт может быть перспективным как для производителей, так и для потребителей.

## ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Организация работы и объекты исследования

Экспериментальные исследования проводили на базе лаборатории мороженого ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН – филиал ВНИХИ. Общая схема проведения исследований представлена на рисунке 2.1.

Объектами исследования являлись:

- стабилизаторы - гелеобразователи: низкоэтерифицированный амидированный пектин (Andre Pectin; Китай), желатин с прочностью геля 180 Блум (Ewald; Германия), агар (Indoalgas; Индонезия), каппа - каррагинан (SHANGHAI BRILLIANT GUM CO, LTD; Китай);

- смеси для кисломолочных десертов;

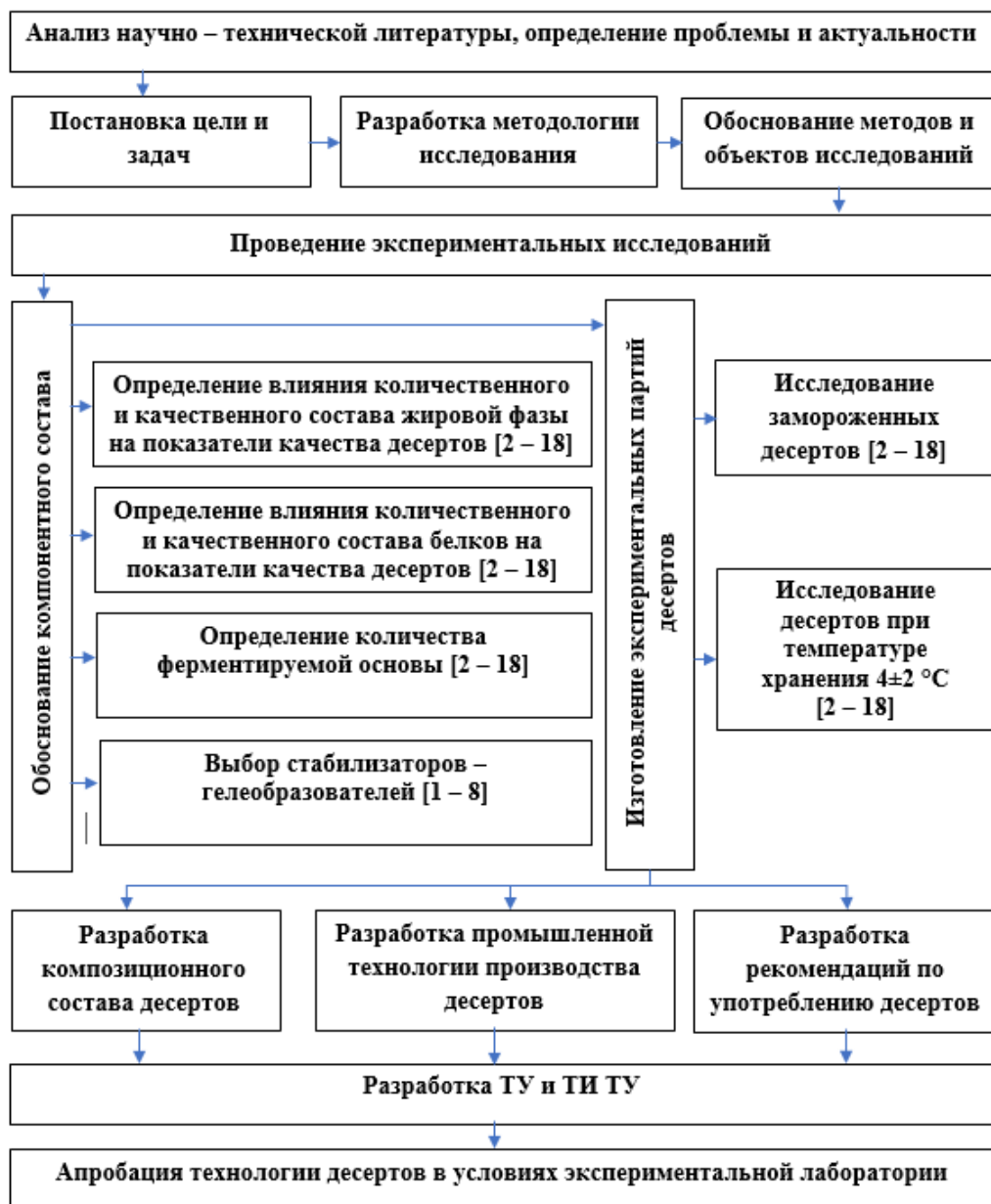
- замороженные и размороженные взбитые десерты;

- фруктоза;

- концентраты и изоляты молочных и сывороточных белков, содержащие 80% и 90% белка соответственно;

- сливочное, кокосовое и подсолнечное масла.

Подогрев, пастеризацию и охлаждение смесей проводили на оборудовании периодического действия, аналогичного применяемым в промышленных условиях ваннам длительной пастеризации ВЗ - 0,012Э (OSKON, Россия). Гомогенизацию смесей проводили на лабораторном гомогенизаторе APV - 1000 (APV, Германия), для сквашивания использовали суховоздушный термостат ТС - 1/80 (Смоленское СКТБ СПУ, Россия). Готовые смеси фризеровали с использованием фризера для мягкого мороженого Labo 8/12 E (CARPIGANI, Италия).



- определение: 1 – твердости геля; 2 – динамической вязкости; 3 – дисперсности кристаллов льда; 4 – массовой доли жира; 5 – взбитости; 6 – формоустойчивости; 7 – дисперсности воздушной фазы; 8 – влагоудерживающей способности; 9 – показателей текстуры; 10 – органолептических показателей; 11 – влагосвязывающей способности; 12 – микробиологических показателей; 13 – дисперсности жировой фазы; 18 – массовой доли сухих веществ.

- расчет: 14 – гликемического индекса; 15 – пищевой ценности; 16 – сладости; 17 – себестоимости.

Рисунок 2.1 – Схема планируемого исследования.

В качестве основных компонентов использовали молоко цельное (ООО ЛебедяньМолоко, Россия), сухое обезжиренное молоко (ООО Юговский молочный комбинат, Россия), фруктозу (ООО НоваПродукт АГ, Россия), сахарозу (ООО Русагро, Россия), мальтодекстрин (OMNIA NISASTA SAN. TIC. A.S., Турция), КСБ (Mlekovita Group, Польша), ИМБ, КМБ, ИНСБ (Ingredia S.A., Франция), инулин (поставляемый ООО Питэко, Россия), масло с массовой долей жира 72,5%, йогурт с массовой долей жира 1,5% (ОАО Молочный комбинат «Пензенский», Россия), эмульгатор моно - и диглицериды жирных кислот Е 471 (JK BIO – CHEM CO., LTD, Китай), закваску JOINTEC (CSL, Италия), видовой состав которой представлен *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Стартовое количество клеток молочнокислых микроорганизмов в смеси составляло  $10^4$  КОЕ/г.

## **2.2 Методы исследования**

В ходе выполнения исследований использовали следующие методы:

### **Определение динамической вязкости смесей**

Для изучения динамической вязкости структурированных жидкообразных продуктов, в том числе и смесей для десертов, используют ротационные вискозиметры.

Определение динамической вязкости смесей для взбитых кисломолочных десертов производили на ротационном вискозиметре DV2+Pro (BrookField, США). Использовали измерительный шпиндель SC4 - 31. Измерения проводили при температуре смеси  $22 \pm 2$  °С.

### **Определение показателей текстуры**

Измерения проводили на приборе LFRA Texture Analyzer (BrookField, США). При этом датчик TA10 с диаметром цилиндра 12,7 мм погружали на глубину 4 мм со скоростью 0,5 мм/с. Измерения проводили при температуре  $4 \pm 2$  °С.

### Определения взбитости десертов

Взбитость десерта ( $B$ , %) вычисляли по формуле 2.1 согласно ГОСТ 31457 – 2012:

$$B (\%) = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100 \quad (2.1)$$

где  $M_2$  – масса стакана, заполненного смесью, г;

$M_3$  – масса стакана, заполненного десертом, г;

$M_1$  – масса стакана, г;

100 – коэффициент пересчета отношения в проценты, %.

### Исследование дисперсности микроструктурных элементов (пузырьки воздуха, кристаллы льда, жировые шарики)

Метод основан на определении размеров воздушных пузырьков, кристаллов льда и жировых шариков. Использовали микроскоп СХ41 (OLYMPUS, Япония) со встроенной фотокамерой.

Подготовка пробы к исследованию: для исследования воздушной фазы небольшое количество исследуемого образца наносили на предметное стекло, накрывали покровным стеклом и устанавливали на предметный столик микроскопа; для исследования кристаллов льда, небольшое количество образца десерта перемешивали со спиртом и после помещали на предметное стекло, после чего стекло с образцом ставили на термостол PE 120 (Linkam Instruments, Великобритания) с температурой минус 20 °С; для исследования жировых шариков 1 г продукта смешивали с 50 мл воды. Исследования проводили при увеличении в 100 - 400 раз. Для каждого образца проводили 8 - 10 фотоснимков.

Результаты исследований обрабатывали с помощью программы ImageScoreM (СМА, Россия). Для более точных результатов обрабатывали не менее трех фотоснимков с суммарным количеством структурных элементов не менее 300. После обработки фотографий определяли их моды ( $D_m$ ), медианы ( $D_{med}$ ), средние значения ( $D_{cp}$ ) и количественную долю до 50 мкм, 50 - 100 мкм и более 100 мкм.



## **Определение формоустойчивости десертов**

Исследование проводили с использованием термостата с температурой  $4 \pm 2$  °С.

Подготовка пробы: из образца закаленного десерта с температурой минус 20 °С металлическим пробоотборником, отбирали пробу, помещали её в чашку Петри и затем в термостат. Сразу после установки в термостат образцы фотографировали под углом 45°, для визуальной оценки. Фотосъемку проводили в начале исследования, а также через 4, 24 и 48 ч, после чего рассчитывали усадку образцов (%).

Усадку образцов рассчитывали по формуле 2.2:

$$Y (\%) = \frac{H_{дт} - H_{пт}}{H_{дт}} \times 100 \quad (2.2)$$

где  $H_{дт}$  – высота образца до термостатирования, мм;

$H_{пт}$  – высота образца после термостатирования, мм.

## **Органолептическая оценка десертов**

Органолептическую оценку десертов проводили группой из 6 дегустаторов. Оценивали вкус (общий), вкус (кислый), аромат, упругость, пористость, форму и твердость по пятибалльной шкале с шагом 0,5. Для оценки согласованности экспертов использовали коэффициент конкордации Кенделла.

## **Оценка пищевой и энергетической ценности десертов**

Энергетическую ценность кисломолочного взбитого десерта без пищевкусных продуктов и ароматизаторов определяли расчетным путем с учетом пищевой ценности его составных частей и их долей.

Молочная часть продукта состоит из молочного жира и СОМО. В СОМО учитывают массовые доли белка (34%) и лактозы (54,2%).

Компоненты немолочного происхождения – фруктозу, инулин, мальтодекстрин.

Пищевые добавки – стабилизаторы - гелеобразователи и эмульгаторы.

Пищевую ценность 100 г десерта – содержание (г) белка ( $M_{\text{б}}$ ), жира ( $M_{\text{ж}}$ ), углеводов ( $M_{\text{у}}$ ), пищевых волокон ( $M_{\text{пв}}$ ), г и энергетическую ценность ( $\mathcal{E}_{\text{ц}}$ , ккал /кДж) вычисляли по формулам 2.3 – 2.8:

$$M_{\text{б}} = \sum M_{\text{бсч}} \times D_{\text{сч}} \quad (2.3)$$

$$M_{\text{у}} = \sum M_{\text{усч}} \times D_{\text{сч}} \quad (2.4)$$

$$M_{\text{жс}} = \sum M_{\text{жсч}} \times D_{\text{сч}} \quad (2.5)$$

$$M_{\text{пв}} = \sum M_{\text{пвсч}} \times D_{\text{сч}} \quad (2.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ц}} (\text{ккал}) = 4 \times M_{\text{б}} + 9 \times M_{\text{жс}} + 4 \times M_{\text{у}} + 2 \times M_{\text{пв}} \quad (2.7)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ц}} (\text{кДж}) = 17 \times M_{\text{б}} + 37 \times M_{\text{жс}} + 17 \times M_{\text{у}} + 8 \times M_{\text{пв}} \quad (2.8)$$

где  $M_{\text{бсч}}$ ,  $M_{\text{жсч}}$ ,  $M_{\text{усч}}$ ,  $M_{\text{пвсч}}$  – масса соответственно белка, жира, углеводов и пищевых волокон в 100 г десерта, г;

$D_{\text{сч}}$  – доля составной части в 100 г десерта;

4; 9; 4; 2 – энергетическая ценность 1 г соответственно белков, жиров, углеводов и пищевых волокон (инулина), ккал

17; 37; 17; 8 – энергетическая ценность 1 г соответственно белков, жиров, углеводов и пищевых волокон (инулина), кДж

Доли составных частей в 100 г десерта  $D_{\text{сч}}$  вычисляли по формуле 2.9:

$$D_{\text{сч}} = \frac{M_{\text{сч}}}{100} \quad (2.9)$$

где  $M_{\text{сч}}$  – масса составной части в 100 г десерта, г.

### Расчет гликемического индекса

Гликемический индекс – относительный показатель, характеризующий способность пищевой продукции за счет содержащихся в ней углеводов повышать уровень глюкозы в крови человека после ее потребления. При расчете ГИ необходимо знать общее содержание углеводов в продукте, а также количество каждого отдельного углевода в используемом компоненте. Расчет ГИ проводят в соответствии с формулой 2.10:

$$GI = \frac{\sum (M_i \times G_i)}{\sum M_i} \quad (2.10)$$

где  $M_i$  – масса углеводного компонента;

$G_i$  – гликемический индекс углеводного компонента.

### **Определение сладости десертов**

При замене сахарозы на другие сахара или подсластители в десертах необходимо обеспечить характерный для продуктов с сахарозой уровень сладости (С). Расчет уровня сладости проводили в соответствии с формулой 2.11:

$$C = \sum (O_j \times M_j) \quad (2.11)$$

Где  $O_j$  – относительная сладость j-ого компонента;

$M_j$  – массовая доля j-ого компонента.

### **Микробиологические исследования**

Определение количества молочнокислых микроорганизмов, бактерий группы кишечных палочек и *Staphylococcus aureus* проводили с использованием соответствующих тест - пластин Petrifilm (3М, США) в соответствии с методиками производителя. Расчет наиболее вероятного числа колоний (N) проводили по формуле 2.12:

$$N = \frac{c}{(n_1 + 0,1 \times n_2) \times d} \quad (2.12)$$

Где  $c$  – сумма обнаруженных колоний на всех чашках;

$n_1$  – количество чашек первого разведения;

$n_2$  – количество чашек второго разведения;

$d$  – коэффициент первого разведения;

0,1 – коэффициент, учитывающий кратность первого и второго разведения.

### **Определение влагоудерживающей способности**

Влагоудерживающую способность (ВУС) сквашенной молочной основы с различными белками определяли по методу, указанному Akalin и

др. [159]. Образцы массой около 10 г (Р) центрифугировали при 1500 оборотах/мин. в течение 15 мин. Для определения ВУС растворов стабилизаторов гелеобразователей центрифугирование не проводили. Отделившуюся сыворотку (С) взвешивали. ВУС была определена по формуле 2.13:

$$ВУС(\%) = \frac{(P - C)}{P} \times 100 \quad (2.13)$$

### **Определение влагосвязывающей способности**

Влагосвязывающая способность (ВСС) была определена по модифицированной методике определения данного показателя для мяса по [160]. Для определения ВСС образцов десерта не использовалось дополнительное прессование. Образцы хранили в течение 4 ч при  $4 \pm 2$  °С. Расчет проводили согласно формулам 2.14 и 2.15.

$$ВСС_1(\%) = \frac{(M - 8,4 \times S) \times 100}{m_0} \quad 2.14$$

$$ВСС_2(\%) = \frac{(M - 8,4 \times S) \times 100}{M} \quad 2.15$$

Где  $ВСС_1$  – массовая доля связанной влаги в массе десерта, %;

$ВСС_2$  – массовая доля связанной влаги в общей влаге, %;

$M$  – общая масса влаги в навеске, мг;

$S$  – площадь влажного пятна, см;

$m_0$  – масса навески десерта, мг;

8,4 – масса воды (мг), соответствующая ее максимальному содержанию в 1 см<sup>2</sup> площади влажного пятна.

### **Оценка себестоимости порции десерта**

При оценке себестоимости порции десерта предполагали, что его внедрение не потребует дополнительных расходов на приобретение нового оборудования, найма новых работников и прочие нужды. В связи с этим рассчитывали затраты на сырье 1 порции десертов массой 70 г.

### **Определение титруемой кислотности**

Титруемую кислотность определяли в соответствии ГОСТ 3624 – 92.

### **Определение массовой доли сухих веществ**

Массовую долю сухих веществ в образцах десертов определяли в соответствии с ГОСТ 54668 – 2011.

### **Определение массовой доли жира**

Массовую долю жира в образцах десертов определяли в соответствии с ГОСТ 5867 – 90.

### **Статистическая обработка**

Статистическая обработка данных проводили с использованием языка программирования R, версии 4.2.1, и среды анализа данных Rstudio, версии 2022.07.2. Использовался однофакторный теста ANOVA, где  $p < 0,05$  в образцах со значимыми различиями.

## ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Исследование технологической функциональности стабилизаторов - гелеобразователей

На основании аналитических исследований, изложенных в главе 1, определены эффективные стабилизаторы, обладающие гелеобразующей способностью: желатин, пектин, агар и каррагинан. Кроме гелеобразующей и влагоудерживающей способностей этих стабилизаторов были исследованы их технологически значимые свойства: динамическая вязкость растворов при температурах, допустимых при подаче смеси во фризера, а также до и после замораживания; влияние на дисперсность кристаллов льда и воздушной фазы и формоустойчивость десертов.

*Исследование гелеобразующей и влагоудерживающей способностей стабилизаторов*

Оценка способностей к гелеобразованию и удержанию в нем влаги после размораживания была проведена на растворах с массовой долей стабилизаторов, соответствующей их доле в водной части готового продукта. При этом было учтено влияние на эти свойства растворов стабилизаторов pH среды и массовой доли сухих веществ, сахаров в частности. pH растворов характеризовалась значением 4,6. Характеристика состава растворов представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика растворов

Компонент раствора	Количество компонента, г				
	0,3	0,55	0,8	1,05	1,3
Йогурт	60	60	60	60	60
Сахар	34	34	34	34	34
Вода	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6
Стабилизатор	0,6	1,1	1,6	2,1	2,6

Исследование гелеобразующей способности растворов стабилизаторов необходимо для определения температуры подачи смеси десертов на фризеравание.

Результаты показателей твердости геля до и после размораживания, представлены в таблице 3.2. Отсутствие значений твердости в отдельных графах означает, что при указанных концентрациях стабилизаторов образование гелей не происходило.

Таблица 3.2 – Показатели твердости геля до и после размораживания

Стабилизатор	Этап определения твердости геля до и после размораживания	Твердость (Н) при массовой доле стабилизатора, %				
		0,30	0,55	0,80	1,05	1,30
Агар	До	–	0,28±0,02	0,34±0,01	0,90±0,05	1,20±0,01
	После	–	0,13±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,30±0,01	0,35±0,02
Пектин	До	–	0,10±0,01	0,35±0,00	0,53±0,03	0,81±0,01
	После	–	0,08±0,00	0,19±0,01	0,26±0,00	0,36±0,01
Желатин	До	–	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,19±0,02 <sup>b</sup>	0,27±0,02 <sup>c</sup>	0,30±0,00 <sup>dc</sup>
	После	–	0,12±0,01 <sup>a</sup>	0,18±0,01 <sup>b</sup>	0,29±0,01 <sup>c</sup>	0,31±0,01 <sup>dc</sup>
Каррагинан	До	0,37±0,01	0,64±0,00	1,18±0,01	5,24±0,2	8,44±0,7
	После	0,14±0,00	0,21±0,02	0,26±0,00	0,51±0,04	0,86±0,09
Значения с одинаковой буквой в одном столбце <sup>(a-d)</sup> и ряду <sup>(A)</sup> не имеют значимых различий (p>0,05)						

При сравнении показателей твердости гелей растворов стабилизаторов при их различных концентрациях и желатина с его массовой долей 1,30% (0,3 Н) видно, что большинство образцов характеризуются более высокой твердостью, однако после размораживания происходит ее существенное снижение. После размораживания твердость гелей раствора желатина с массовой долей 1,3% не изменилась, гелей пектина снизилась в 2,2 раза, каррагинана и агара в 9,7 и 3,5 раза соответственно. На основании исследований очевидно, что замораживание заметно сказывается на твердости геля. Это можно объяснить воздействием эффекта замораживания на сформированную матрицу, образованную стабилизаторами - полисахаридами (пектин, агар и каррагинан). Происходит повреждению матрицы с потерей гелем способности удерживать влагу в структуре.

Отмеченное не происходит в гелях желатина – стабилизатора белкового происхождения.

При определении влагоудерживающей свойств стабилизаторов – гелеобразователей оценивали их способность удерживать влагу после размораживания по количеству отделившейся сыворотки. Результаты исследований приведены на рисунке 3.1.

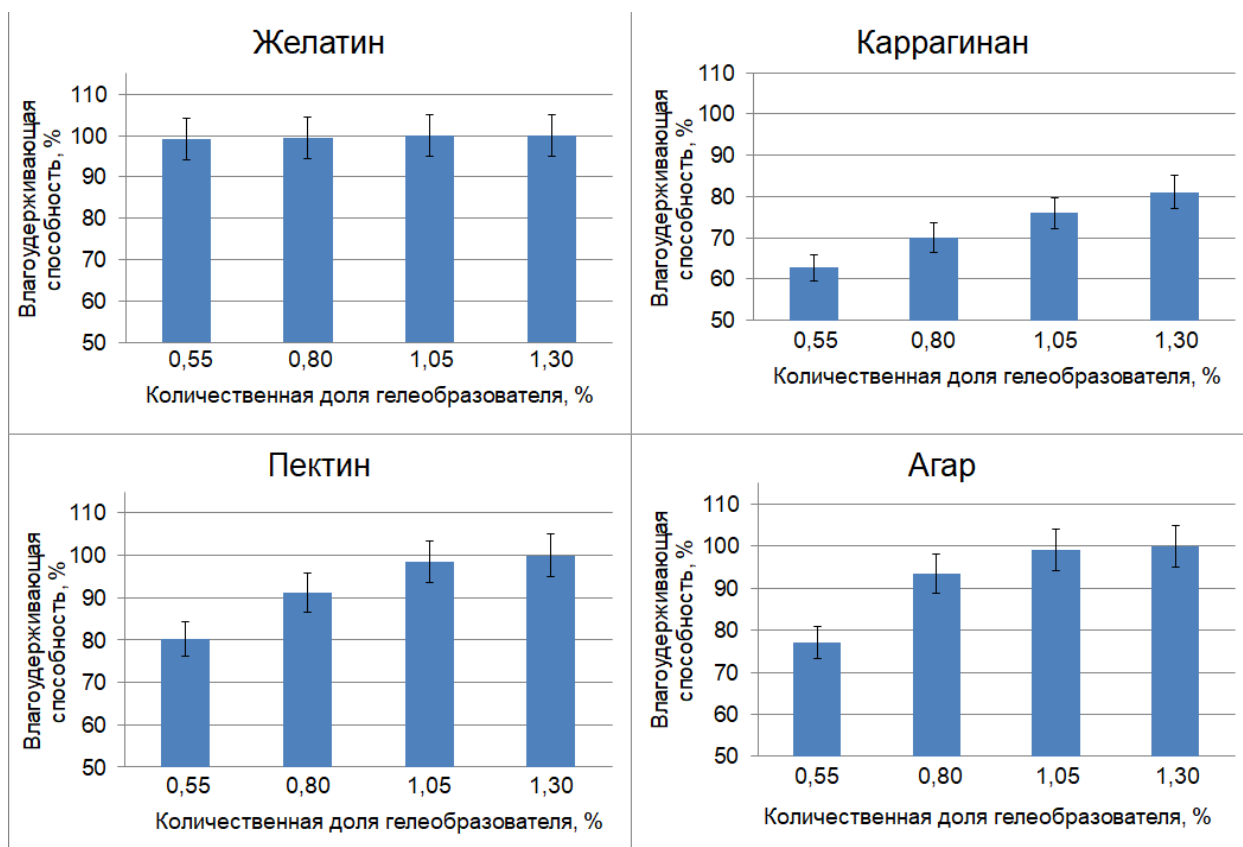


Рис. 3.1 Влагоудерживающая способность образцов гелеобразователей.

Из данных, приведенных на рисунке, следует, что в наименьшей степени отделению сыворотки после размораживания геля подвержен желатин. После размораживания его влагоудерживающая способность выше 99%. При концентрации 0,8% влагоудерживающая способность агара, пектина и каррагинана составляет 93%, 91% и 70% соответственно.

*Исследование дисперсности кристаллов льда в растворах стабилизаторов - гелеобразователей*

Морфология сформированных при замораживании растворов кристаллов льда представлена на рисунке 3.2.



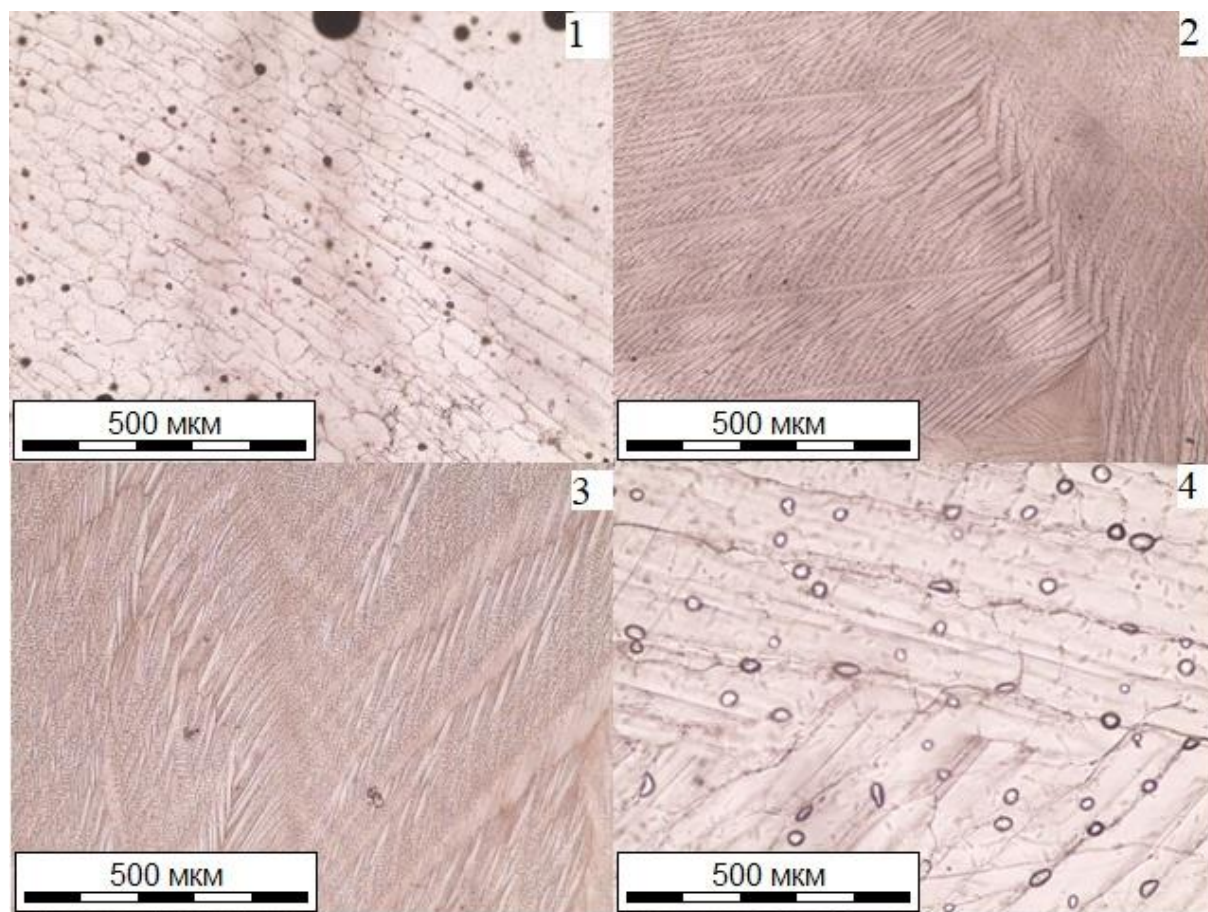


Рис. 3.2 Кристаллы растворов различных стабилизаторов: 1 – агар; 2 – пектин; 3 – желатин; 4 – каррагинан

Из представленных микрофотографий видно, что в растворах каррагинана формируются наиболее крупные, а в растворах желатина наиболее мелкие кристаллы льда, что подтверждает величина их среднего диаметра –  $48 \pm 13$ ,  $25 \pm 10$ ,  $8 \pm 2$  и  $180 \pm 92$  в растворах агара, пектина, желатина и каррагинана соответственно.

Как следует из данных, представленных в таблице, средний размер кристаллов льда в растворе желатина по сравнению с размерами кристаллов других исследуемых стабилизаторов - гелеобразователей был меньше в 3,2 – 22,7 раз. Наибольшая влагоудерживающая способность и наименьшее снижение твердости геля после размораживания отмечены в гелях желатина. И, наоборот, наибольшие потеря влаги и снижение твердость геля после размораживания были отмечены в растворах каррагинана (таблица 3.2). Это

можно объяснить тем, что более мелкие кристаллы льда в меньшей степени повреждают структуру геля.

Таким образом, исследования, проведенные на этапе определения твердости гелей и их влагоудерживающей способности, дают основание не рассматривать в качестве потенциальных стабилизаторов - гелеобразователей десертов агар, пектин (с массовой долей 0,30% – 1,05%), желатин (с массовой долей 0,30% – 1,05%) и каррагинан. Основанием для этого является:

- отсутствие гелеобразующей способности стабилизаторов при исследуемой концентрации;
- высокая потеря твердость гелей стабилизаторов после размораживания;
- высокая массовая доля отделившейся влаги после размораживания;
- высокие температуры гелеобразования.

*Исследование динамической вязкости растворов стабилизаторов - гелеобразователей при температуре 3 – 30 °С*

Учитывая, что десерты предполагается производить на предприятиях по производству мороженого, важно чтобы образование их гелей не происходило в процессе подачи смеси во фризёр. Обычно температура смеси, поступающей на фризирование, составляет  $4 \pm 2$  °С. Учитывая особенности приготовления десертов со стабилизаторами - гелеобразователями, возможно проводить процесс фризирования при более высокой температуре (но не выше 30 °С) за счет увеличения продолжительности этого процесса. Исследованы зависимости динамической вязкости от температуры образцов с желатином и пектином. Для образцов с агаром и каррагинаном данные исследования не проводились, так как было установлено, что их температура образования геля выше 30 °С, что не позволяет их использовать в производстве десертов по технологии мороженого. На рисунке 3.3 представлены графические модели зависимости вязкости от температуры растворов пектина и желатина, базирующиеся на зависимости, описанной уравнением (3.1):

$$y = a \times e^{b \times x} \quad (3.1)$$

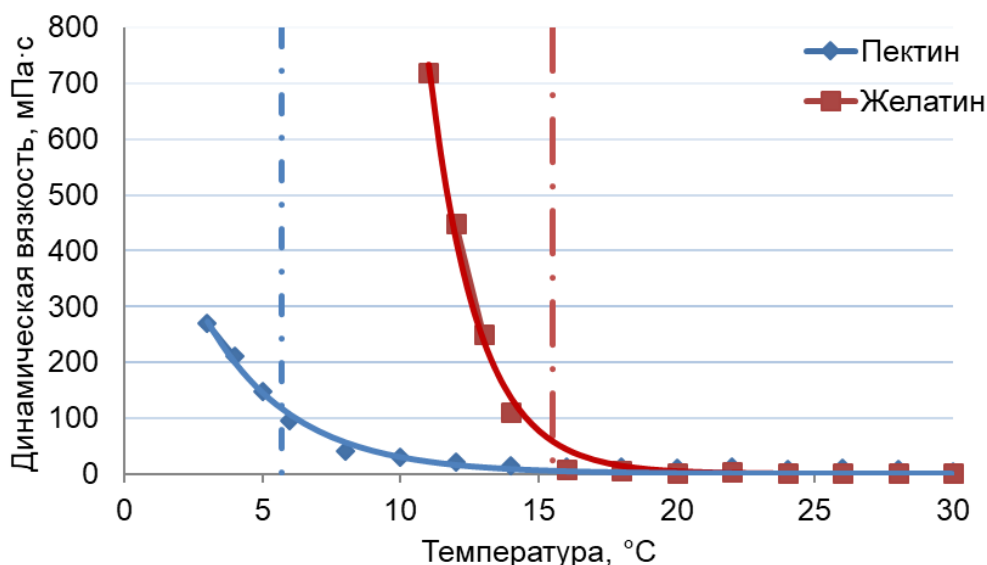


Рис. 3.3 Динамическая вязкость растворов желатина и пектина в зависимости от температуры

Уравнения, описывающие изменение динамической вязкости образцов от температуры, характеризуются коэффициентом детерминации ( $R^2$ ) не менее 0,84, что свидетельствует о соответствии данных представленной модели. Полученные коэффициенты уравнения для образцов с желатином и пектином представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Значения коэффициентов для уравнений

Стабилизатор - гелеобразователь	a	b	$R^2$
Желатин (1,3%)	3,6336E+05	-5,639E-01	0,99
Пектин (1,3%)	7,081E+02	-3,161E-01	0,99

Значение температуры смеси для подачи во фризёр определяли с учетом динамической вязкости в точке критического угла наклона кривой. Полученное уравнение было преобразовано для масштабирования осей (3.2-3.4) где  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $x_1$ , и  $x_2$  минимальные и максимальные значения температуры и вязкости в исследуемых интервалах:

$$yz = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (3.2)$$

$$xz = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (3.3)$$

$$yz = \frac{a \times e^{b \times (xz \times (x_2 - x_1) + x_1)} - y_1}{y_2 - y_1} \quad (3.4)$$

Производная от полученного уравнения имела следующий вид (3.5-3.6):

$$yz' = \frac{a \times b \times (x_2 - x_1) \times e^{b \times (xz \times (x_2 - x_1) + x_1)}}{y_2 - y_1} \quad (3.5)$$

$$yz' = \frac{a \times b \times (x_2 - x_1) \times e^{b \times x}}{y_2 - y_1} \quad (3.6)$$

Критический угол наклона, исходя из углов в минимальном и максимальном значениях  $x$  находился из уравнений (3.7-3.8):

$$tg \alpha = \frac{a \times b \times (x_2 - x_1) \times e^{b \times x}}{y_2 - y_1} \quad (3.7)$$

$$\alpha_{кр} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (3.8)$$

В растворах желатина повышение вязкости происходило при температуре 15,5 °С при концентрации этого стабилизатора в растворе 1,30%. В растворах с пектином вязкость возрастала по мере понижения температуры, и также, как и в растворах желатина, наибольшее увеличение вязкости наблюдалось при снижении температуры от 5,7 °С. Соответственно при применении пектина в производстве кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном виде, возможно максимально снизить нагрузку на фризера при фризеровании смеси для данного вида продукции. Учитывая возможные трудности с контролем температуры на производстве

для смеси данной разновидности десертов определена температура ее подачи на фризирование как не ниже 20 °С

Таким образом, по совокупности технологически значимых показателей в производстве взбитых кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном состоянии, целесообразно рассмотреть возможность использования пектина и желатина в количестве 1,3%.

## **3.2 Разработка композиционного состава взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами**

### **3.2.1 Обоснование композиционного состава кисломолочных десертов**

«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, изготавливаемое в соответствии с ГОСТ 32929-2014 «Мороженое кисломолочное. Технические условия» с массовой долей жира не более 7,5 %, СОМО 8,5-11,5%, сахаров (исключая лактозу) не менее 17 %. Массовая доля общих сухих веществ в этой разновидности мороженого составляет 29-33 %.

На основании анализа данных законодательной и нормативной базы и специализированной литературы на базе состава кисломолочного мороженого априори обоснован композиционный состав взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Обоснование композиционного состава кисломолочных десертов

Наименование показателей	Показатель и/или его значение	Обоснование
Массовая доля сухих веществ	не менее 31%	При меньшей массовой доле сухих веществ формируются органолептически ощутимые кристаллы льда
Массовая доля СОМО	не менее 11%	Максимально возможный уровень СОМО с учетом его минерального состава
Источник сладости	фруктоза 10%	Обеспечивается уровень сладости, соответствующий внесению 17% сахарозы, и снижение ГИ от присутствия сахаров в 2,9 раза
Стабилизатор	гелеобразователь	Необходимо экспериментальное обоснование технологически функционального гелеобразователя
Пищевое волокно	инулин	Отсутствующий в молочной продукции жизненно важный нутриент, выбрана его растворимая разновидность (инулин)
Источники жира	растительные и/или животный жир	Необходимо экспериментальное обоснование вида жира из ассортимента: молочный жир, подсолнечное или кокосовое масло
Массовая доля жира	от 1 до 6 %	Достаточное количество жира для формирования приемлемых органолептических показателей и выполнения технологических задач
Белок	молочные или сывороточные белки	Необходимо экспериментально обосновать технологически функциональный источник белка из ассортимента: ИМБ, КМБ, ИНСБ и КСБ
Эмульгатор	Е 471	Необходимые компонент, повышающий стабильность воздушной фазы

На основе таблицы 3.4 были разработаны характеристики рецептур десертов, а также компоненты для их производства. 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 или пектина– 1,3 %, эмульгатора – 0,3 %. Пример базовой рецептуры приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – 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 или пектин	13,0

Для апробирования композиционного состава десертов, сравнительной оценки гелеобразующей и стабилизирующей способности пектина и желатина, установления способа внесения фруктозы в смесь и влияния дополнительно вносимых концентрированных форм белка, а также установления ряда других технологически необходимых показателей в экспериментальных условиях в соответствии с технологией кисломолочного мороженого были выработаны партии десертов.

### **3.2.2 Определение влияния способа внесения фруктозы на кислотообразующую способность закваски для йогурта**

Обычно в производстве мороженого и десертов в качестве источника сладости применяют сахарозу. Известно, что сахара в растворах и в продуктах, соответственно, повышают осмотическое давление, что приводит к ингибированию роста заквасочных культур молочнокислых микроорганизмов [23]. Величина осмотического давления определяется моляльностью растворов, следовательно, зависит от молекулярной массы растворенного вещества. Учитывая, что молекулярная масса фруктозы в 2 раза меньше, чем у сахарозы, а сладость выше в 1,7 – 1,8 раз, влияние фруктозы на развитие молочнокислых микроорганизмов может быть не менее значимым, чем сахарозы. В связи с этим интерес представляет изучение способа внесения фруктозы на развитие заквасочных микроорганизмов. Внесение фруктозы в кисломолочные десерты возможно

двумя способами: одновременно с сухими компонентами и в виде раствора (сиропа). Для определения способа внесения фруктозы, не оказывающего ингибирующего влияния на развитие заквасочных микроорганизмов, были выработаны смеси, аналогичные смесям для производства мороженого и десертов: образец №1 – без внесенных сахаров, образец №2 – с сахарозой (17%) и образец №3 – фруктозой (10%). Состав образцов представлен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Характеристика смесей для кисломолочных десертов

Составные части десертов	Значение показателей в образцах		
	№1	№2	№3
Воды, %	71,0	68,0	67,0
Общих сухих веществ, %, в том числе:	29,0	32,0	33,0
СОМО	13,9	11,0	11,0
молочного жира	3,2	2,5	2,5
фруктозы	-	-	10,0
сахарозы	-	17,0	-
инулина	7,6	-	6,0
мальтодекстрин	2,5	-	2,0
эмульгатора	0,3	0,3	0,3
стабилизатора-гелеобразователя	1,8	1,3	1,3

В полученную смесь вносили закваску для йогурта, состоящую из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* и сквашивали при температуре 40 °С. В смесях с добавленными сахарами титруемая кислотность за 7 ч сквашивания не изменилась, в то время как в смеси без добавленных сахаров титруемая кислотность достигла  $101 \pm 1^\circ\text{T}$ . Это было связано с повышением осмотического давления в смесях. В соответствии с уравнением Вант-Гоффа и 2-м законом Рауля формула для расчета осмотического давления имеет следующий вид (3.9):

$$P_{осм} = \frac{\Delta t \times R \times T}{K} \quad (3.9)$$



Где  $\Delta t$  – криоскопическая температура;  $R$  – универсальная газовая постоянная (8,31);  $T$  – температура смеси ( $^{\circ}\text{K}$ );  $K$  – криоскопическая постоянная растворителя (1,86).

Криоскопическая температура образцов смеси составляла для №1 минус 1,3  $^{\circ}\text{C}$ ; №2 – минус 2,4  $^{\circ}\text{C}$ ; №3 – минус 2,6  $^{\circ}\text{C}$ . При сквашивании при температуре 40  $^{\circ}\text{C}$  осмотическое давление в растворах будет соответственно равно 1,8 МПа, 3,3 МПа и 3,6 МПа. Из литературных данных развитие заквасочных микроорганизмов при производстве йогурта приостанавливается при концентрации сахарозы 10 – 11%, что приблизительно эквивалентно 2 МПа.

Из чего следует, что для наиболее эффективного производства кисломолочных десертов фруктозу следует вносить в виде сиропа в уже сквашенную смесь.

### 3.2.3 Исследование показателей качества взбитых кисломолочных десертов с пектином и желатином

Для определения наиболее эффективного стабилизатора – гелеобразователя были выработаны 2 образца кисломолочных десертов с желатином (образец №1) и пектином (образец №2). Характеристика образцов представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Характеристика образцов десерта

Составные части десертов	Образец №	
	1	2
Воды, %	66,9	
Общих сухих веществ, % не менее, в том числе:	33,1	
молочного жира	2,5	
сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО)	11	
фруктозы	10	
инулина	6	
мальтодекстрина	2	
эмульгатора	0,3	
гелеобразователя:		
пектина	–	1,3
желатина	1,3	–

Одним из значимых показателей десертов, употребляемых в размороженном виде, является способность сохранять форму. Формоустойчивость образцов была оценена через 4 ч хранения при температуре  $4 \pm 2$  °С. Визуально формоустойчивость исследуемых образцов представлена на рисунке 3.4.

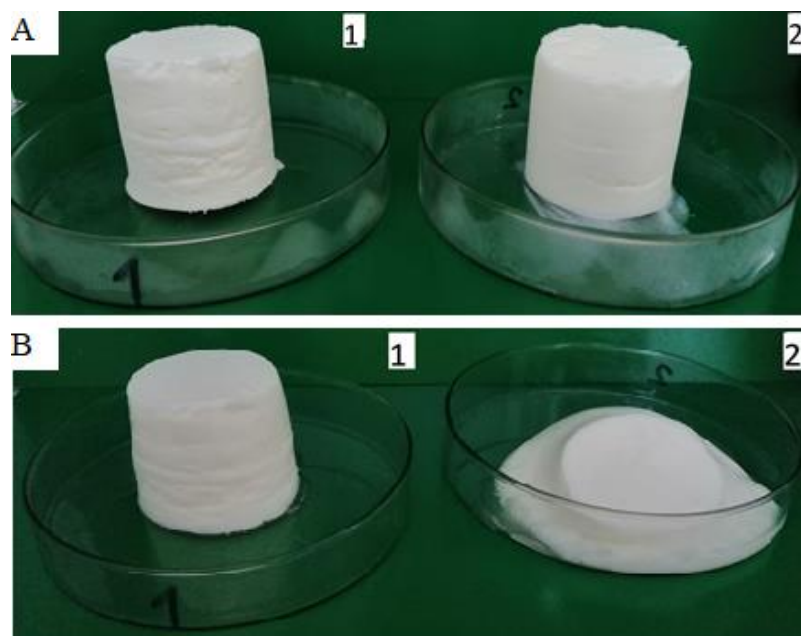


Рис. 3.4 Внешний вид порций образцов десерта: А – до размораживания; В – через 4 ч после размораживания; 1 – с желатином; 2 – с пектином

На представленных микрофотографиях видно, что пектин в количестве 1,30%, в качестве гелеобразователя не позволяет сохранить форму порции десерта.

Количественную оценку формоустойчивости десертов проводили по показателю «степень усадки», представленном на рисунке 3.5.

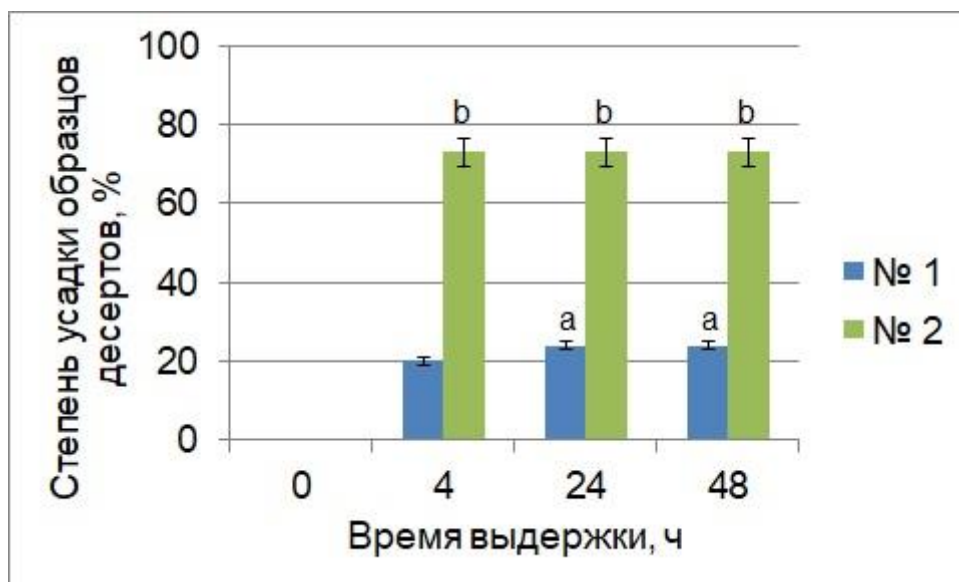


Рис. 3.5 Степень усадки образцов десерта. Одинаковая буква над столбцом<sup>(a, b)</sup> указывает на отсутствие значимых различий ( $p > 0,05$ )

Из данных, представленных на рисунке, следует, что степень усадки десерта с пектином составляет более 70% через 4 ч хранения, в последующие 44 ч этот показатель не изменяется. Использование желатина позволило получить более продукт с более стабильной формой. Через 4 ч степень усадки составила 20%, наибольшее значение данного показателя составляло лишь 24%.

При исследовании показателей качества десертов и смесей с желатином (образец 1) и пектином (образец 2), изготовленных в соответствии с представленной в таблице 3.7 характеристикой, были получены значимые различия показателей качества (таблица 3.8).

Из представленной таблицы следует, что вид используемого стабилизатора - гелеобразователя оказывает значительно влияние на показатели качества. Установлено увеличение динамической вязкости в 5 раз при использовании пектина. Подобное увеличение данного показателя связано со способностью пектина в присутствии сахаров формировать вязкие гели [161]. Выявлено снижение показателей текстуры (твердость и клейкость) при использовании пектина, что может быть связано с менее прочной структурой, сформированной в данном образце десерта.

Установлено значимое увеличение титруемой кислотности при использовании пектина, что коррелирует с другими результатами исследований [162]. Использование пектина привело к значимому снижению взбитости. Это было вызвано отсутствием у пектина, как у полисахарида пенообразующей способности (повышает поверхностное натяжение на границе раздела фаз воздух/вода) и высокой вязкости, что стало причиной более трудному прониканию воздуха в смесь десерта в процессе фризерования [163].

Таблица 3.8 – Показатели качества кисломолочных десертов с желатином и пектином

Показатель	№1	№2
Вязкость смеси, Па·с	3,1±0,1	15,1±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	34,2±0,1	34,4±0,1
Взбитость, %	66±3	45±3
Активная кислотность, ед. рН	6,1	5,9
Титруемая кислотность, °Т	46±1	57±1
Содержание связанной влаги в десерте, %	67,5±0,1 <sup>a</sup>	66,3±0,1 <sup>a</sup>
Содержание связанной влаги в общей влаге десерта, %	99,7±0,1 <sup>a</sup>	99,8±0,1 <sup>a</sup>
Твердость, Н	0,67±0,11	0,30±0,02
Адгезионная сила, Н	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,15±0,01 <sup>a</sup>
Клейкость, мДж	0,25±0,06	0,45±0,06
Значения с одинаковой буквой в одном ряду <sup>(a)</sup> не имеют значимых различий (p>0,05)		

Для оценки состояния воздушной фазы были получены микрофотографии опытных образцов десертов с желатином (образец 1), и с пектином (образец 2), представленные на рисунках 3.6.

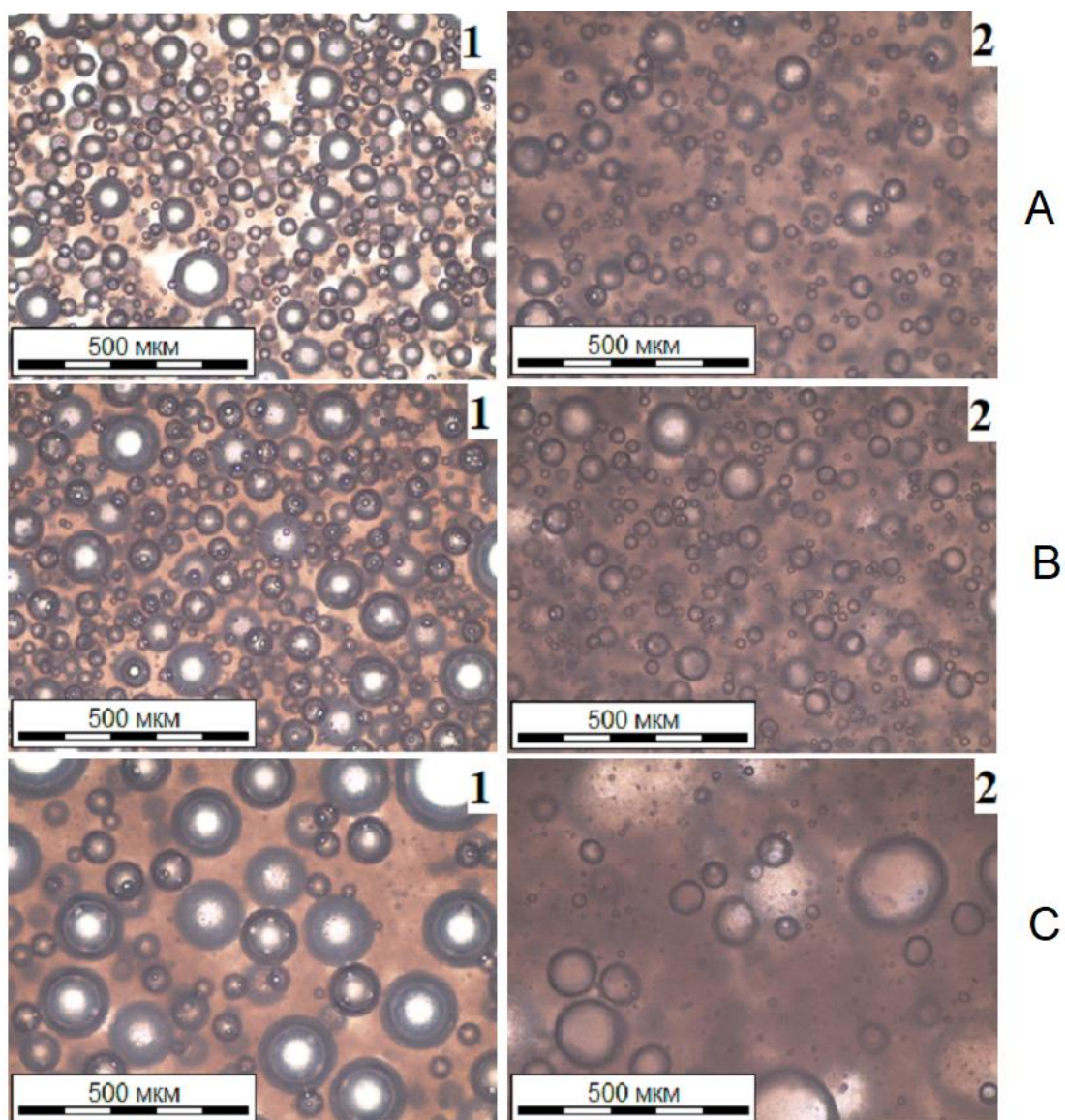


Рис. 3.6 Микрофотографии пузырьков воздуха образцов десертов: А - до размораживания; В - через 4 ч хранения при температуре  $4\pm 2$  °С; С - через 24 ч хранения при температуре  $4\pm 2$  °С

Из представленных фотографий видно, что образец с пектином характеризуется менее однородной воздушной фазой, преобладают мелкие пузырьки воздуха, которые менее устойчивы к коалесценции и диспропорционированию. Данные по размерам и распределение пузырьков воздуха, позволяющие провести количественную оценку дисперсности воздушной фазы в десертах, представлены в таблице 3.9 и на рисунке 3.7.

Таблица 3.9 – Показатели дисперсности воздушной фазы

Образец №	Продолжительность хранения, ч	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %	Доля от 50 до 100 мкм, %	Доля от 100 мкм, %
1	0	$34 \pm 0,6^a$	14	30	80,6	19,0	0,4
	2	$30 \pm 0,5^d$		23	85,9	13,3	0,8
	4	$36 \pm 0,8^{ab}$		28	77,5	19,7	2,9
	6	$35 \pm 0,7^{ab}$		29	80,8	17,4	1,8
	8	$40 \pm 0,9^b$		32	75,7	20,6	3,7
	16	$47 \pm 1,8^e$		36	66,4	22,7	10,9
	24	$70 \pm 2,8^c$		61	35,2	43,1	21,7
	48	$79 \pm 5,5^c$		72	38,6	33,8	27,6
	72	$116 \pm 7,1^f$		120	15,8	19,7	64,5
2	0	$29 \pm 0,6^a$	14	23	88,3	10,7	0,9
	2	$26 \pm 0,4^b$		21	92,4	7,4	0,2
	4	$30 \pm 0,6^{ac}$		23	84,8	14,7	0,5
	6	$27 \pm 0,6^{ab}$		19	89,5	9,0	1,5
	8	$31 \pm 1^{acd}$		20	84,3	11,6	4,2
	16	$30 \pm 1,2^{acd}_e$		19	85,6	10,6	3,8
	24	$33 \pm 2,4^{acd}_e$		15	82,4	10,2	7,4
Значения с одинаковой буквой в одном столбце <sup>(a-c)</sup> не имеют значимых различий ( $p > 0,05$ )							

Из данных, представленных в таблице, видно, что значимое увеличение среднего размера воздушной фазы образца №1 установлено через 8 ч хранения при температуре  $4 \pm 2$  °С. Значимых различий через 24 ч и 48 ч хранения не установлено.

Размораживание десерта с пектином не оказало значимого влияния на средний диаметр пузырьков воздуха. Отличающиеся показатели через 2 ч и 6 ч могут быть отклонением от общей динамики.

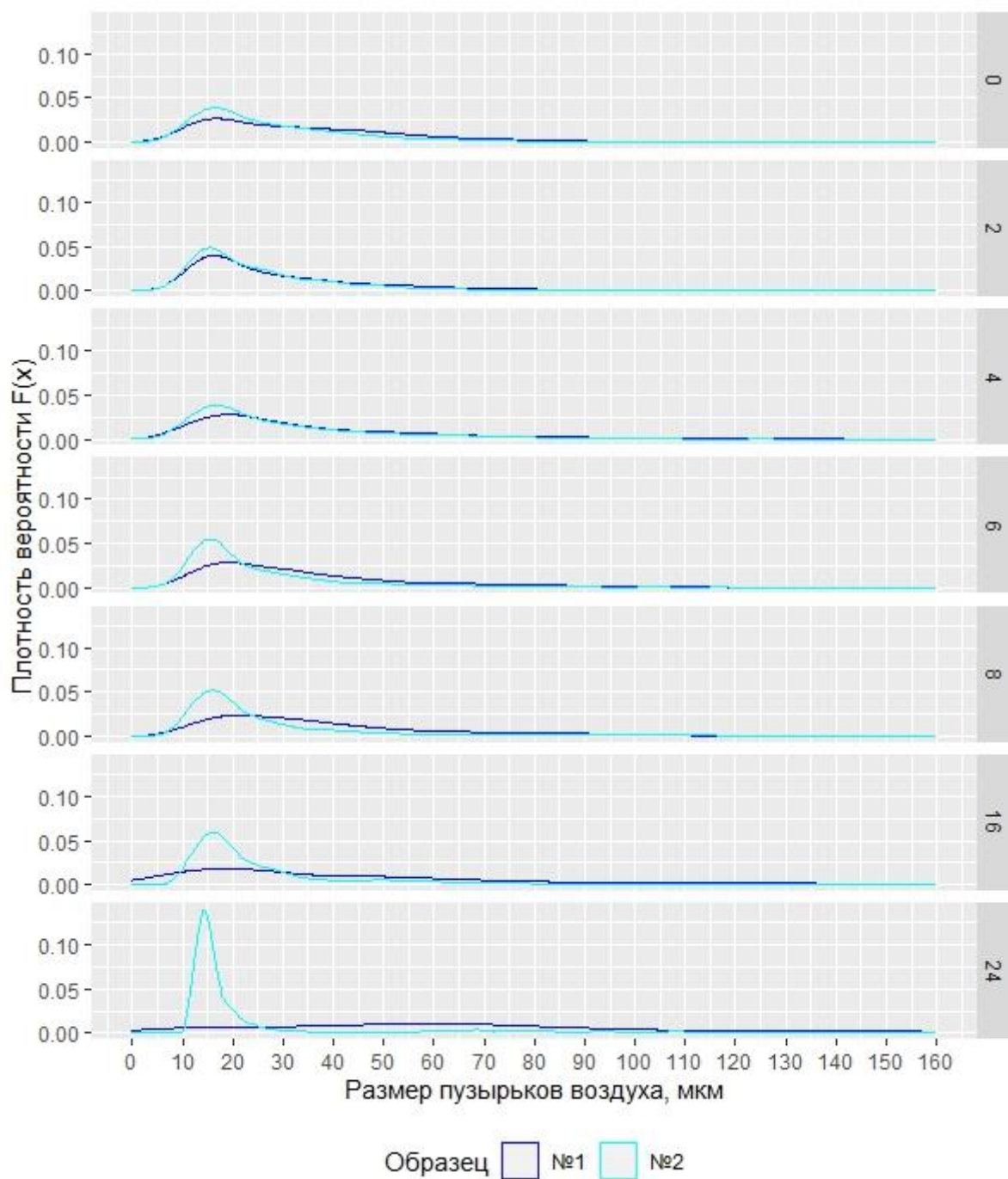


Рис. 3.7 Распределение пузырьков воздуха в образцах десертов замороженных и после хранения при температуре  $4\pm 2$  °С в течение 2, 4, 6, 8, 16 и 24 ч

Из данных, представленных на рисунке 3.9, видно, что желатин и пектин по-разному влияют на дисперсность воздушной фазы. Направление графика распределения пузырьков воздуха образца десерта с пектином вдоль оси  $X$  к 0 свидетельствует о выраженном эффекте дренажа этих структурных элементов, в результате чего остаются преимущественно мелкие пузырьки

воздуха. Этот эффект также подтверждает снижение значения медианы (таблица 3.7). Смещение аналогичного графика для образца с желатином по оси X в сторону увеличения диаметра может указывать на более выраженное влияние на дисперсность воздушной фазы эффекта коалесценции.

Дисперсность воздушной фазы была проанализирована в десертах и в процессе их хранения при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$  через 3 месяца их хранения в замороженном состоянии (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Показатели дисперсности воздушной фазы в кисломолочных десертах с желатином и пектином при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$  через 3 месяца хранения в замороженном состоянии

Образец №	Продолжительность хранения, ч	$D_{\text{ср}}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{\text{мед}}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %	Доля от 50 до 100 мкм, %	Доля от 100 мкм, %
1	0 ч	$41\pm 0,9^{\text{aA}}$	14	35	74,2	23,2	2,6
	8 ч	$43\pm 1^{\text{a}}$		37	71,3	23,5	5,2
	24 ч	$73\pm 3,1^{\text{b}}$		64	33,2	45,8	21,0
2	0 ч	$38\pm 0,7^{\text{A}}$		34	77,8	21,3	0,9
	8 ч	$30\pm 0,6^{\text{b}}$		25	88,8	10,6	0,6
	24 ч	$24\pm 1,7^{\text{c}}$		15	92,2	3,9	3,9
Значения с одинаковой буквой в одном столбце не имеют значимых различий по времени хранения <sup>a</sup> , по образцам <sup>A</sup> ( $p>0,05$ )							

Сохранение высокой дисперсности воздушной фазы в образцах десертов может быть связано с высокой вязкостью, позволяющей сохранить пузырьки воздуха от интенсивного слияния в процессе хранения [164]. Показатели дисперсности воздушной фазы в десертах в процессе их хранения при температуре  $4\pm 2^\circ\text{C}$  через 3 месяца хранения в замороженном состоянии и после закаливания образцов показали аналогичную динамику.

Учитывая, что состояние кристаллов льда в замороженных продуктах сказывается на их структуре в размороженном состоянии, проведена качественная и количественная оценка дисперсности кристаллов льда в десертах с желатином и пектином (рисунок 3.8 и таблица 3.10).



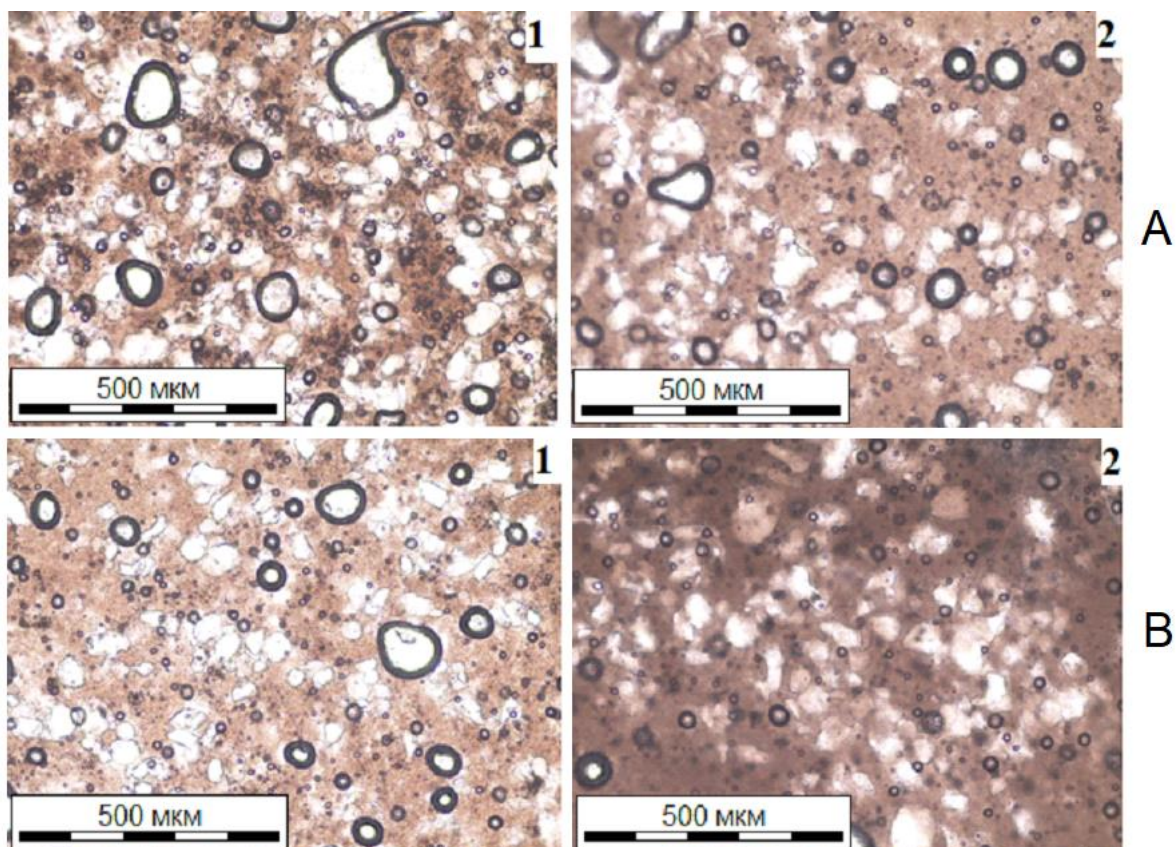


Рис. 3.8 Микрофотографии кристаллов льда в десертах: А - после закаливания; В - через 180 суток хранения

Были определены значения средних размеров, мод и медиан образцов десертов, представленные в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Показатели дисперсности кристаллов льда в замороженных кисломолочных десертах с желатином и пектином

Образец №	Срок хранения, сутки	$D_{\text{ср}}$ , мкм	$D_{\text{м}}$ , мкм	$D_{\text{мед}}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %
1	5	$35 \pm 0,7^{aA}$	33	34	90,7
	180	$35 \pm 1^a$	33	32	84,8
2	5	$36 \pm 1^{aA}$	34	34	83,5
	180	$45 \pm 1,2^b$	41	42	67,7

Значения с одинаковой буквой в одном столбце не имеют значимых различий по времени хранения<sup>a</sup>, по образцам<sup>A</sup> ( $p > 0,05$ )

Из представленной таблицы следует, что использование желатина позволяет сохранить размеры кристаллов льда в течение 180 суток хранения без значимых изменений. В образце с пектином средний размер кристаллов через 180 суток хранения увеличился на 10 мкм. Стабильность дисперсности кристаллов льда является важным фактором при производстве десертов, так

как их размер и форма, кроме воздействия на структуру продукта в размороженном состоянии, могут влиять на сохранность молочнокислых микроорганизмов [165].

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

### **3.2.4 Определение влияния концентратов и изолятов белков молока на динамическую вязкость смесей и формоустойчивость йогурта в процессе размораживания**

Учитывая функциональную роль белков, в производстве десертов представляется важным рассмотреть влияние концентратов и изолятов белков на динамическую вязкость и формоустойчивость йогурта в процессе размораживания.

Для исследования влияния белковых компонентов на динамическую вязкость были заквашены образцы йогурта для десертов: №1 – контроль (без концентратов и изолятов белков); №2 – с ИМБ; №3 – с КМБ; №4 – с КСБ; №5 – с ИНСБ. Молочная основа для йогурта содержала: 9,1% СОМО, 3,0% белкового концентрата или изолята и 87,9% воды. Результаты исследований представлены на рисунке 3.9.

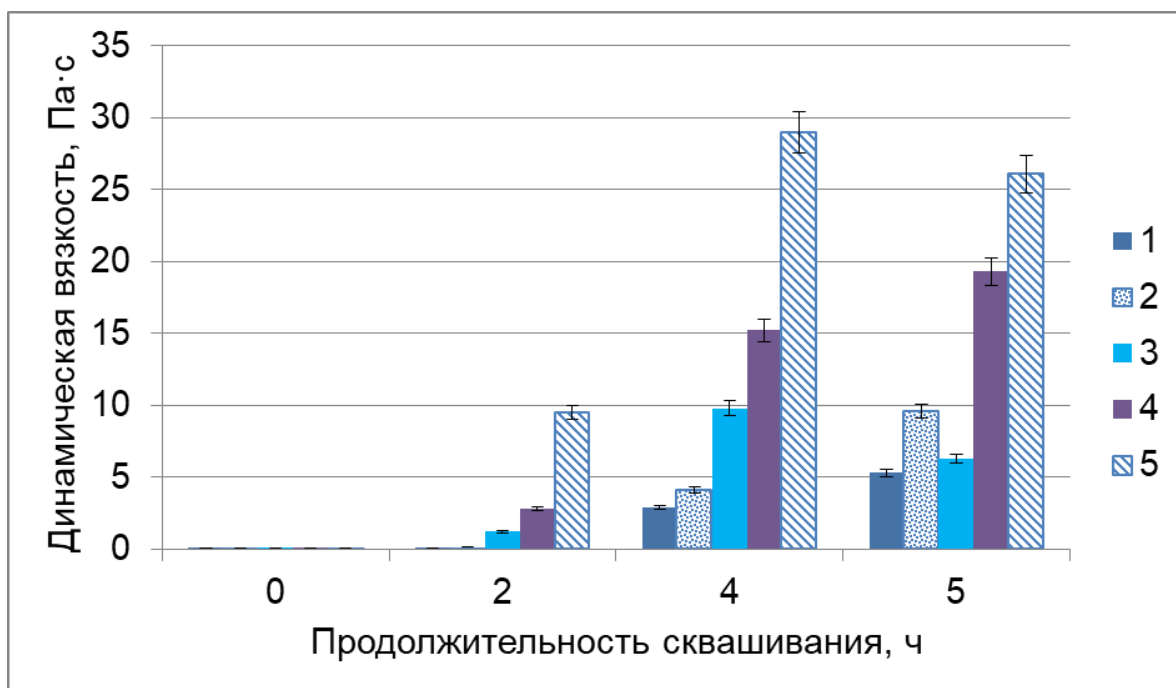


Рис. 3.9 Влияние концентратов и изолятов белков молока на динамическую вязкость молочной основы для десертов в процессе ферментации

Наибольшее значение динамической вязкости через 4 ч сквашивания смесей было установлено в образцах с КМБ и ИНСБ и КСБ – 9,8; 29 и 7,8 Па·с соответственно. Через 5 ч с начала ферментации динамическая вязкость в образцах с КМБ и ИНСБ была снижена в 1,5 и 1,1 раза соответственно, что может быть связано с разрушением сгустка.

Вязкость образцов с КСБ и ИМБ не снижалось, соответственно можно предположить, что данные белки позволяют получить более стабильную структуру сгустка.

В исследуемых образцах была также оценена влагоудерживающая способность (рисунок 3.10).

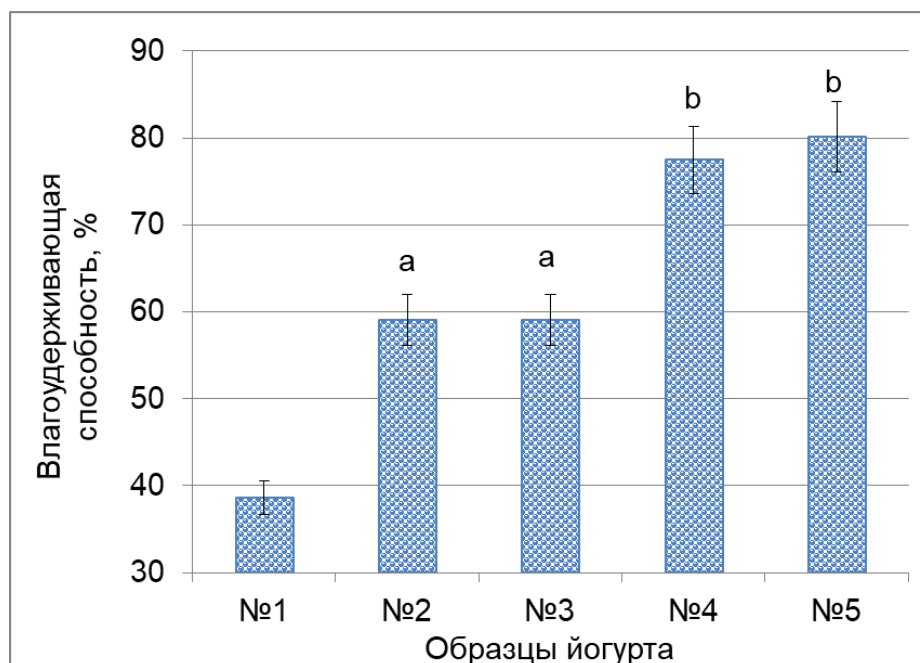


Рис. 3.10 Влагоудерживающая способность. Показатели с одинаковой буквой значимых различий не имеют ( $p > 0,05$ )

Из данных, представленных на рисунке, следует, что образцы с КСБ и ИНСБ имели наилучшие значения исследуемого показателя, что важно при производстве продукта, употребляемого в размороженном виде. ВУС в данных образцах была выше 77%.

Из полученных результатов по динамической вязкости и ВУС можно сделать вывод, что для производства кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном виде следует использовать КСБ.

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

Состояние микроструктуры, определяемое качественным и количественным составом пузырьков воздуха, в процессе размораживания, является наиболее значимым показателем кисломолочных десертов, употребляемых в размороженном виде. На состояние структуры и текстуру взбитых кисломолочных десертов в процессе размораживания и хранения в размороженном состоянии могут влиять: вид и массовая доля стабилизатора – гелеобразователя, количество сквашенной молочной основы,

разновидность и массовая доля жира, дополнительное введение белков, в частности сывороточных.

Для изучения дисперсности воздушной фазы были выработаны образцы десертов:

- с массовой долей сквашенной молочной составляющей 30,0%, 50,0% и 80,0% (образцы №1, №2 и №3);

- с содержанием стабилизатора – гелеобразователя (желатина) 1,3%, 1,6% и 1,9% (образцы №3, №4 и №5);

- с дополнительным внесением 3% КСБ (образец №6);

- с массовой долей жира 2,5% и 5,0% в виде молочного жира (образцы № 7 и №8), кокосового масла (образцы №9 и №10), подсолнечного масла (образцы № 11 и №12). Характеристика состава образцов десертов представлена в таблицах 3.12 и 3.13.

Таблица 3.12 - Характеристика состава экспериментальных образцов кисломолочных десертов №1 – №6

Составные части десертов	Значение показателей в образцах					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Вода,%	66,9			66,6	66,3	63,9
Общие сухие вещества,%, не менее, в том числе:	33,1			33,4	33,7	36,1
СОМО	11,0					
молочный жир	2,5					
мальтодекстрин	2,0					
фруктоза	10,0					
инулин	6,0					
КСБ	-					3,0
эмульгатор	0,3					
гелеобразователь	1,3			1,6	1,9	1,3
Доля сквашенной молочной составляющей, %	30,0	50,0	80,0			
закваска	-	-	+			
Фактическое значение						
Сухие вещества, %	34,2±0,1	34,6±0,2	34,5±0,1	34,7±0,2	34,9±0,2	38,4±0,4
Вода, %	65,8±0,1	65,4±0,2	65,5±0,1	65,3±0,2	65,1±0,2	61,6±0,4
Жир, %	2,5±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1	2,4±0,1	2,5±0,1

Таблица 3.13 - Характеристика состава экспериментальных образцов кисломолочных десертов №7 – №12

Составные части десертов	Значение показателей в образцах					
	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12
Вода, %	67,9	65,4	67,9	65,4	67,9	65,4
Общие сухие вещества, %, в том числе:	32,1	34,6	32,1	34,6	32,1	34,6
молочный жир	2,5	5,0	-	-	-	-
растительный жир (кокосовое масло)	-	-	2,5	5,0	-	-
растительный жир (подсолнечное масло)	-	-	-	-	2,5	5,0
СОМО	11,0					
сахароза	17,0					
эмульгатор	0,3					
гелеобразователь	1,3					
Фактическое значение						
Сухие вещества, %	33,2±0,1	35,7±0,2	33,6±0,1	36,1±0,2	32,9±0,3	35,4±0,2
Вода, %	66,8±0,1	64,3±0,2	66,4±0,1	63,9±0,2	67,1±0,3	64,6±0,2
Жир, %	2,5±0,1	4,9±0,1	2,4±0,1	5,1±0,1	2,5±0,1	5,0±0,1

При оценке качественного и количественного состава жиров на состояние структуры и текстуры десерта сквашенные компоненты не использовали с целью исключения влияния на состояние жировой фазы коагулированного белка.

### 3.3.1 Контроль показателей качества смесей и кисломолочных десертов в процессе производства

Смеси для образцов десертов №1 – №12 изготавливали в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.2. В образцах после процесса сквашивания оценивали активную и титруемую кислотность (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Активная и титруемая кислотность смесей для десертов в процессе ферментации

Продолжительность сквашивания, ч	Показатель	Образец			
		№3	№4	№5	№6
7	pH	4,7	4,7	4,6	4,8
	°T	103±2 <sup>a</sup>	104±2 <sup>a</sup>	105±2 <sup>a</sup>	111±1 <sup>b</sup>
Значения с одинаковой буквой в одном ряду <sup>(a)</sup> не имеют значимых различий (p>0,05)					

Как следует из данных, приведенных в таблице 3.14, образцы смесей с различным содержанием желатина не имели значимых различий титруемой

кислотность. Титруемая кислотность образца №6 была значительно выше, что связано с повышенной массовой долей белка за счет КСБ.

Кислотность образцов десертов после внесения йогурта (образцы №1 и №2) и сиропа из фруктозы (образцы №3 – №6) представлена в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Активная и титруемая кислотность смесей для десертов перед фризированием

Показатель	Образец					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
рН	6,1	5,7	5,4	5,3	5,2	5,3
°Т	46±1	62±1	81±2	82±1	82±2	87±2

Образец с КСБ характеризовался наибольшей титруемой кислотностью, за счет наибольшего содержания белка в своем составе. Кислотность образцов с 30% и 50% йогурта по сравнению с десертом из сквашенной основы была ниже.

В смесях для десертов была определена динамическая вязкость (рисунки 3.11 и 3.12).

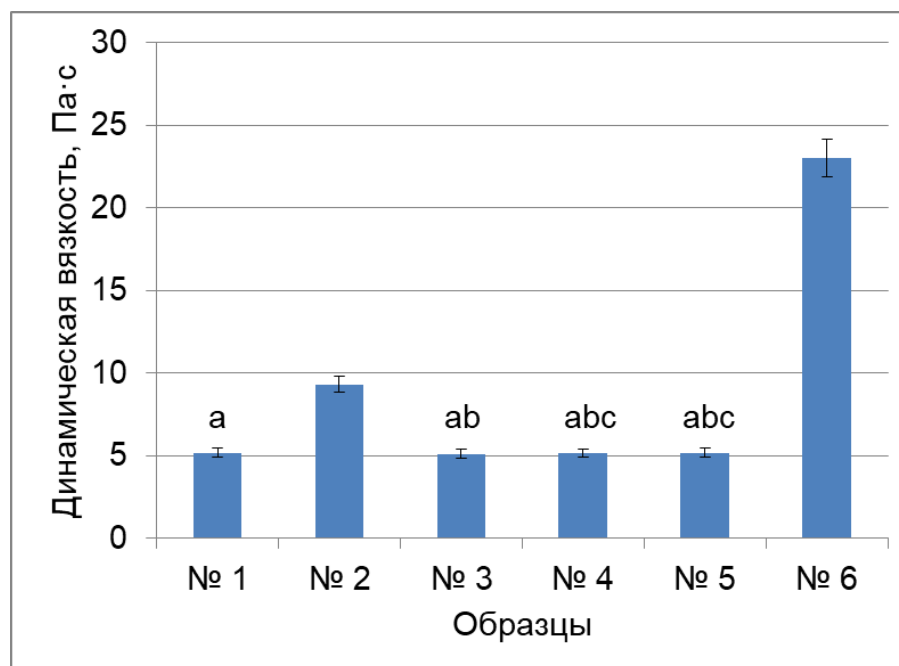


Рис. 3.11 Вязкость образцов смесей для десертов. Значения с одинаковой буквой<sup>(a-c)</sup> значимых различий не имеют ( $p > 0,05$ ).

Из представленного рисунка следует, что количество желатина не оказывает существенного влияния на динамическую вязкость при

температуре ее подачи на фризирование ( $22 \pm 2$  °С), поскольку этот стабилизатор начинает образовывать гели при более низкой температуре. Наибольшее значение динамической вязкости было установлено в образце №6, в состав которого дополнительно было внесено 3% КСБ. Динамическая вязкость этого образца была выше в 4,5 раза по сравнению с показателями образцов №1, №3, №4 и №5. Установлено, что с увеличением массовой доли вносимого йогурта происходит повышение вязкости, что связано с увеличением количества коагулированного белка. Более низкая вязкость при ферментации смеси может быть связана с разрушением сгустка при перемешивании.

В результате исследований установлено существенное влияние вида жира и его количества на динамическую вязкость (рисунок 3.12).

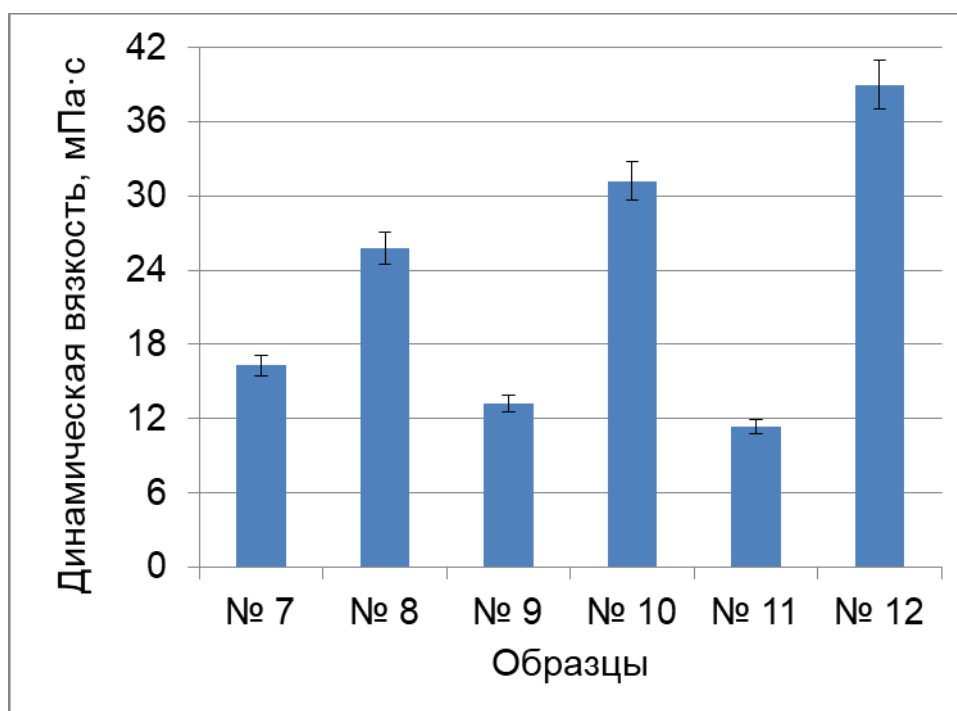


Рис. 3.12 Вязкость образцов смесей для десертов. Значения с одинаковой буквой значимых различий не имеют ( $p > 0,05$ ).

Из данных рисунка 3.12 следует, что динамическая вязкость смесей для десертов с одной и той же разновидностью жира находится в прямо пропорциональной зависимости от их массовой доли. При массовой доле жира в смесях для десертов 2,5% в образцах с молочным жиром отмечена более высокая вязкость по сравнению с ее значением в смесях с



подсолнечным и кокосовым маслами, 5 % – более низкая. Учитывая, что вязкость смесей определяли при температуре  $22\pm 2$  °С, различия данного показателя в образцах с различными жирами, но с одинаковыми массовыми долями жира, можно объяснить разницей в температурах плавления жиров. Различия в динамической вязкости в образцах одинаковыми жирами, но с их различной массовой долей жира, можно объяснить различным содержанием его частиц.

По окончании процесса фризирования определяли взбитость образцов десерта (рисунок 3.13 и 3.14). При оценке этого показателя важно установить влияние применяемых компонентов на способность смеси к насыщению воздухом.

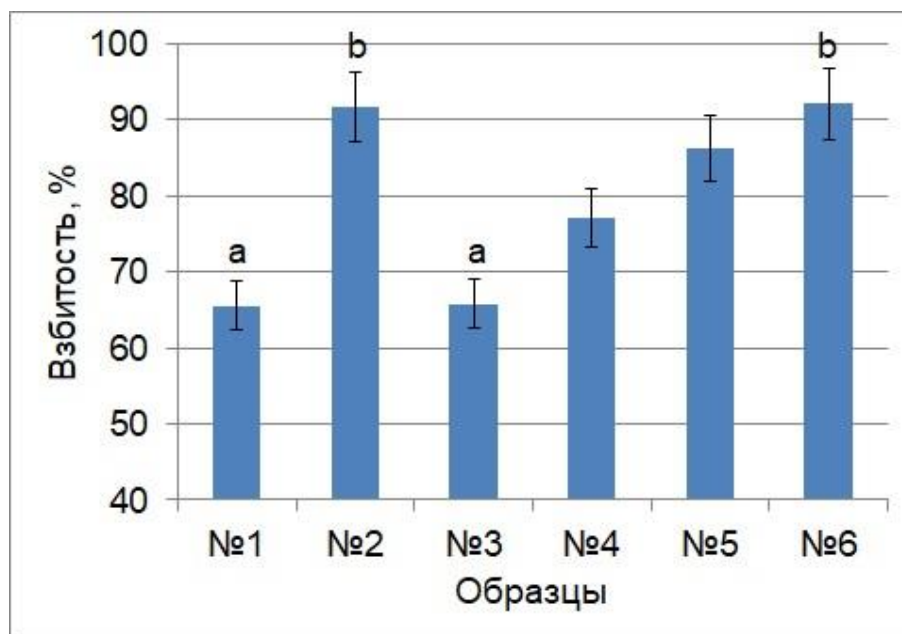


Рис. 3.13 Взбитость образцов десертов №1-№6. Значения с одинаковой буквой<sup>(a, b)</sup> значимых различий не имеют ( $p>0,05$ ).

Было установлено, что повышение количества желатина приводит к увеличению взбитости образцов десертов. Повышение способности смеси к насыщению воздухом может быть связано с рядом факторов: более высокой вязкостью при увеличении количества желатина, эффектом адсорбции белка и агломератов жира на границе раздела фаз воздух-плазма, изменением поверхностного натяжения на границе фаз [166]. В частности, повышение вязкости смеси привело к увеличению взбитости при внесении 50% йогурта в

связи с тем, что в вязких средах воздух прочнее удерживается при взбивании, а его дренирование затруднено [167]. Высокая взбитость образца №6 также связана с повышенной вязкостью смеси, обусловленной применением КСБ [168].

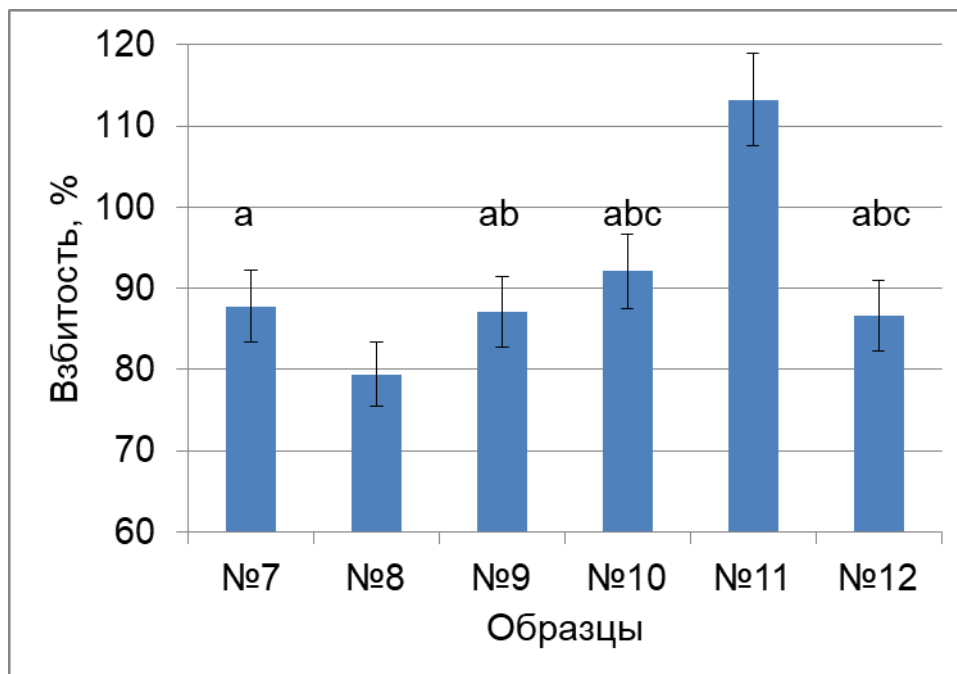


Рис. 3.14 Взбитость образцов десертов №7 – №12. Значения с одинаковой буквой<sup>(a-c)</sup> значимых различий не имеют ( $p > 0,05$ ).

Наиболее значимые отличия взбитости были установлены в образцах №8 (наименьшее значение) и №11 (наибольшее значение). Наибольшее значение взбитости образца №11 может быть связано со стабилизацией воздушной фазы и более прочного ее удержания в смеси при фризировании в результате адсорбции жировых частиц и белков на поверхности пузырьков воздуха [166]. Снижение взбитости при повышении доли молочного жира до 5,0% может быть связано с известной тенденцией снижения способности смеси к насыщению воздухом по мере увеличения массовой доли жира, возможной из-за механического воздействия суспендированных частиц жира на воздушные пузырьки [167].

### 3.3.2 Определение дисперсности микроструктурных элементов взбитых кисломолочных десертов

Важными показателями десертов при хранении являются дисперсность воздушной фазы и кристаллов льда. Было исследовано состояние кристаллов льда в процессе хранения в образцах десерта с различным составом и способом производства. Микроструктурные элементы десертов (кристаллы льда и пузырьки воздуха) сравнивали с образцом кисломолочного мороженого со следующей характеристикой: м.д.ж. – 2,5%, СОМО – 11%, сахара – 15%, стабилизатора – эмульгатора – 0,65%.

Микрофотографии кристаллов льда образцов десертов (№ 1 – № 6) представлены на рисунках 3.15.

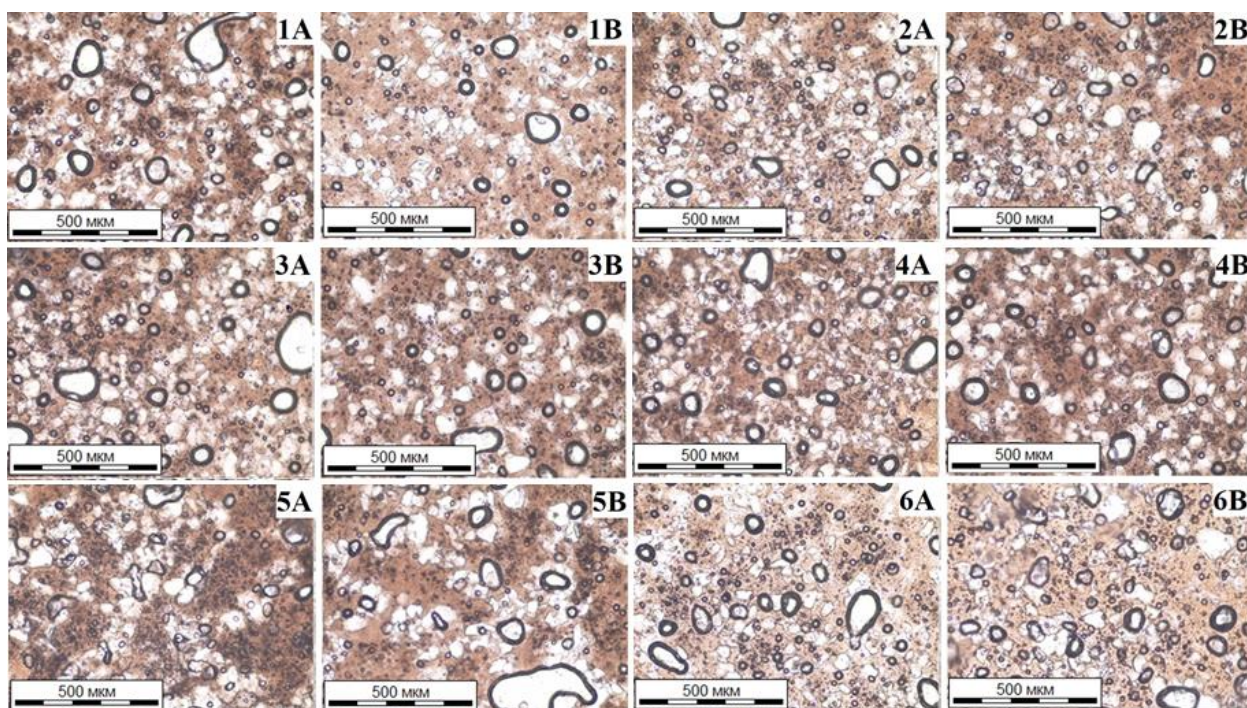


Рис. 3.15 Микрофотографии кристаллов льда в процессе хранения: А – 5 суток; В – 180 суток

На представленных фотографиях видна особенность морфологии кристаллов льда. Кристаллы практически не имеют острых углов, что важно для снижения их влияние как на дисперсность воздушной фазы [68], так и клеточную структуру и, следовательно, выживаемость микроорганизмов. Подобное «скругление» углов может быть связано с высокой влагосвязывающей способностью желатина. Показатели дисперсности кристаллов льда представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Показатели дисперсности кристаллов льда в процессе хранения образцов №1 – №6

Образец №	Срок хранения, суток	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %
Кисломолочное мороженое	5	$35 \pm 0,6^A$	33	36	90,2
	180	$44 \pm 1,2^B$	39	40	70,1
1	5	$35 \pm 0,7^{aA}$	33	34	90,7
	180	$35 \pm 1,4^{aA}$	33	32	84,8
2	5	$32 \pm 0,7^{bA}$	26	30	89,8
	180	$35 \pm 0,8^{abB}$	30	32	87,9
3	5	$36 \pm 0,8^{acA}$	26	35	84,4
	180	$40 \pm 1^{fB}$	33	37	77,6
4	5	$35 \pm 1^{abcdA}$	25	32	85,2
	180	$35 \pm 1,2^{abcA}$	33	35	80,4
5	5	$34 \pm 1,1^{abcdeA}$	25	31	87,1
	180	$35 \pm 1,1^{abcdA}$	31	32	83,3
6	5	$36 \pm 0,9^{acdeA}$	30	34	86,3
	180	$35 \pm 1^{abcdA}$	28	31	84,8
Значения с одинаковой буквой в одном столбце между образцами <sup>(a-d)</sup> /сроками хранения <sup>(A)</sup> не имеют значимых различий ( $p > 0,05$ )					

Из данных представленных в таблице следует, что в процессе хранения в течение 180 суток значимое увеличение размеров кристаллов льда произошло в образцах №2 и №3, в остальных образцах значимого увеличения среднего размера кристаллов льда установлено не было. Наиболее мелкие кристаллы льда через 5 дней хранения отмечены в образце №5, а наиболее крупные – в образце №3 через 180 суток хранения. Разница между наибольшим и наименьшим средними значениями кристаллов льда составляла 8,1 мкм, а количественная доля кристаллов до 50 мкм не превышала 84,4% через 5 суток и 77,6% через 180 суток, что свидетельствует о высокой дисперсности кристаллов льда в процессе хранения. Наибольшее увеличение за 6 мес. хранения установлено в образце кисломолочного мороженого.

Микрофотографии кристаллов льда образцов десерта (№ 7 – № 12) представлены на рисунках 3.16.

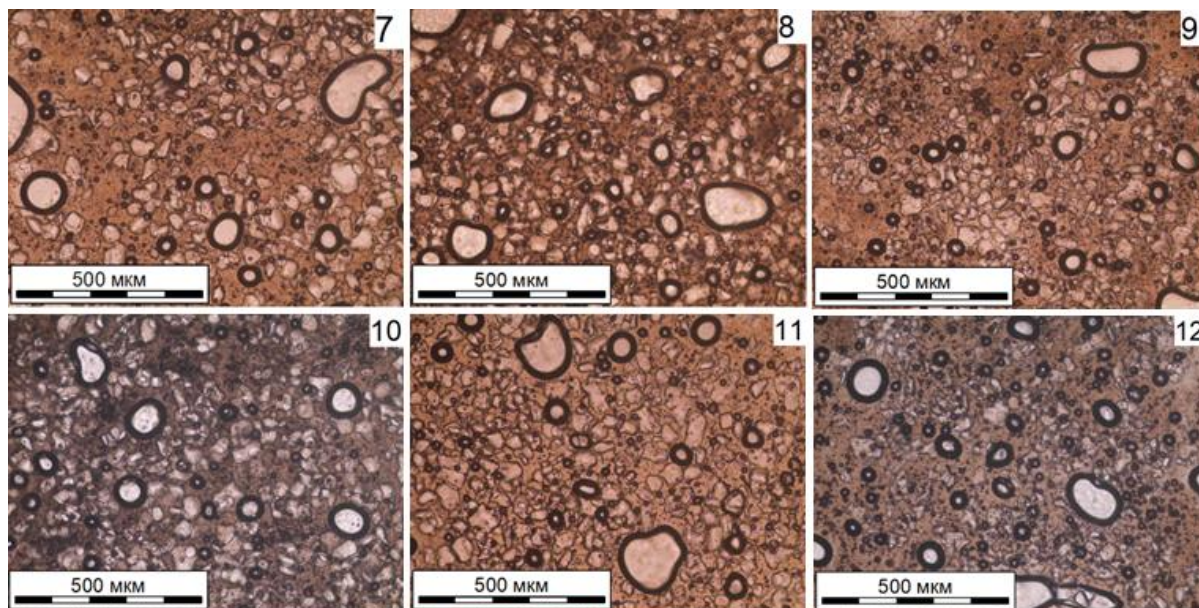


Рис. 3.16 Микрофотографии кристаллов льда

Данные для количественной оценки в дисперсности кристаллов льда представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Показатели кристаллов льда образцов №7 – №12

Образец №	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %
7	$36 \pm 0,9^a$	25	35	85,5
8	$33 \pm 0,8^b$	31	31	90,4
9	$28 \pm 0,7^c$	31	27	94,2
10	$28 \pm 0,7^{cd}$	22	26	96,2
11	$35 \pm 1^{ab}$	34	34	86,2
12	$27 \pm 0,7^{cd}$	21	24	96,4

Значения с одинаковой буквой в одном столбце <sup>(a-d)</sup> не имеют значимых различий ( $p > 0,05$ )

Из таблицы 3.17 следует, что наименьшие кристаллы льда формируются при использовании кокосового масла. Также установлено, что повышение доли масла с 2,5% до 5,0% приводит к снижению среднего размера кристаллов, что может быть связано с влиянием жира на нуклеацию.

Было оценено влияние качественного и количественного состава жира на дисперсность жировых частиц. Микрофотографии жировой фазы образцов представлены на рисунке 3.17, а значения их размеров в таблице 3.19.

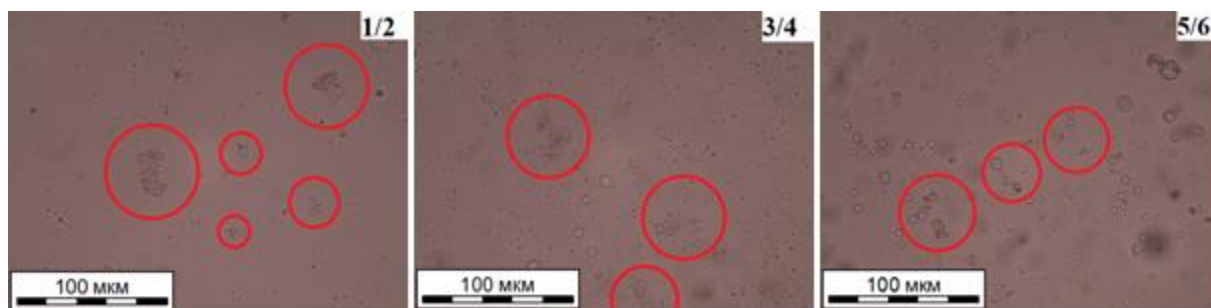


Рисунок 3.17 Жировая фаза образцов десерта

На микрофотографиях можно наблюдать эффект коалесценции в образцах десерта независимо от источника жира, однако различаются размеры жировых глобул, что подтверждается значениями их размеров, представленных в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Показатели жировых частиц образцов №7 – №12

Образец №	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм
7	$1,1 \pm 0,6^a$	0,7	0,9
8	$1,0 \pm 0,5^{ab}$	0,7	0,9
9	$1,2 \pm 0,6^{abc}$	1,0	1,0
10	$1,2 \pm 0,7^{abc}$	1,0	1,1
11	$3,7 \pm 1,8^d$	3,0	3,4
12	$3,5 \pm 1,7^d$	2,9	3,3

Значения с одинаковой буквой в одном столбце <sup>(a-d)</sup> не имеют значимых различий ( $p > 0,05$ )

Из таблицы 3.18 следует, что в образцах с подсолнечным маслом размер жировых глобул в 3,0 – 3,7 раз больше, что может быть связано с химическим составом жиров и различным поверхностным натяжением на границе раздела фаз, в результате чего в процессе гомогенизации образуются глобулы большего размера. Между образцами с молочным и кокосовым жиром не было установлено значимых различий. Также не было выявлено значимых различий в дисперсности жировых частиц для всех видов жира при его массовой доли 2,5% и 5,0%.

Была оценена дисперсность воздушной фазы образцов десертов №1 – №6 в процессе хранения в замороженном виде в течение 180 суток (таблица 3.19).

Таблица 3.19 – Показатели дисперсности воздушной фазы замороженных десертов

Образец №	Срок хранения, суток	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %	Доля от 50 до 100 мкм, %	Доля от 100 мкм, %
Кисломолочное мороженое	5	33±0,6 <sup>a</sup>	14	30	81,2	18,6	0,2
	30	35±0,6 <sup>ab</sup>		32	80,6	19,1	0,3
	90	33±0,5 <sup>a</sup>		30	82,4	17,5	0,1
	180	38±0,8 <sup>b</sup>		33	76,1	22,6	1,3
1	5	34±0,6 <sup>aA</sup>	14	30	80,6	19,0	0,4
	30	38±0,7 <sup>A</sup>		33	77,3	21,4	1,3
	90	41±0,9 <sup>A</sup>		35	74,2	23,2	2,6
	180	33±0,6 <sup>aA</sup>		29	84,0	14,9	1,1
2	5	37±0,6 <sup>C</sup>	15	33	78,1	21,1	0,8
	30	34±0,5 <sup>ab</sup>	14	30	84,3	14,5	1,2
	90	34±0,5 <sup>ab</sup>		29	83,2	16,2	0,6
	180	34±0,6 <sup>abAB</sup>		30	82,4	17,2	0,4
3	5	38±0,7 <sup>aCD</sup>	14	32	74,6	23,8	1,6
	30	36±0,7 <sup>aABC</sup>		28	79,0	19,0	2,0
	90	39±0,8 <sup>abAB</sup>		32	74,3	22,9	2,8
	180	39±0,8 <sup>abC</sup>		33	73,5	23,9	2,6
4	5	35±0,6 <sup>aABCDE</sup>	14	31	77,1	21,2	1,7
	30	35±0,6 <sup>aABC</sup>		23	78,3	19,2	2,5
	90	40±0,7 <sup>bABC</sup>		33	73,5	23,7	2,8
	180	39±0,8 <sup>bC</sup>		30	78,9	19,7	1,4
5	5	34±0,5 <sup>aABCDE</sup>	14	30	79,8	18,6	1,6
	30	37±0,6 <sup>abABC</sup>		30	76,7	21,6	1,7
	90	41±0,8 <sup>ABCD</sup>		34	73,0	24,1	2,9
	180	34±0,5 <sup>abAB</sup>		29	82,3	16,4	1,3
6	5	39±0,8 <sup>aCDE</sup>	14	33	73,9	24,1	2,0
	30	42±0,7 <sup>b</sup>		36	65,5	31,8	2,7
	90	40±0,8 <sup>abABCD</sup>		32	70,5	27,1	2,4
	180	44±1,1 <sup>b</sup>		35	65,3	28,8	5,9

Значения с одинаковой буквой в столбце одного образца <sup>(a-d)</sup> или одного срока хранения <sup>(A-D)</sup> не имеют значимых различий ( $p > 0,05$ )

При оценке дисперсности воздушной фазы было установлено, что повышение количества сквашенной молочной составляющей положительно сказалось на стабильности воздушной фазы. При использовании 30% йогурта

средний размер пузырьков воздуха значительно увеличился через 30 и 90 суток хранения, в то время как при использовании 50% йогурта после 30 суток хранения этот показатель не изменился, а в образце из сквашенной смеси изменений не было установлено после 180 суток.

Повышение массовой доли желатина до 1,6% и 1,9% также положительно сказалось на дисперсности воздушной фазы, изменение среднего размера пузырьков было установлено спустя 90 суток хранения.

В образце №6, содержащем дополнительно 3% КСБ, отмечен наибольший средний размер воздушной фазы через 180 дней хранения. Значимых изменений в среднем размере пузырьков воздуха после 30 суток хранения установлено не было.

При оценке дисперсности воздушной фазы необходимо учитывать не только средний размер пузырьков воздуха, но и их количественную долю. Наименьшая дисперсность воздушной фазы была установлена в образцах №3 и №6. Средняя количественная доля пузырьков воздуха до 50 мкм в процессе хранения не превышала 75% и 69 %, в то время как в остальных образцах данный показатель находился в диапазоне от 77% до 82%.

Различий изменений воздушной фазы между образцами кисломолочных десертов и кисломолочного мороженого не было установлено. За 6 мес. хранения увеличение среднего размера составило не более 5 мкм.

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

#### **3.4.1 Определение формоустойчивости и влагосвязывающей способности кисломолочных десертов**

Сохранение формы продукта при его размораживании один из основных показателей качества готового изделия. Формоустойчивость образцов десертов оценивали через 0 ч, 4 ч, 24 ч и 48 ч (рисунки 3.18 и 3.19).



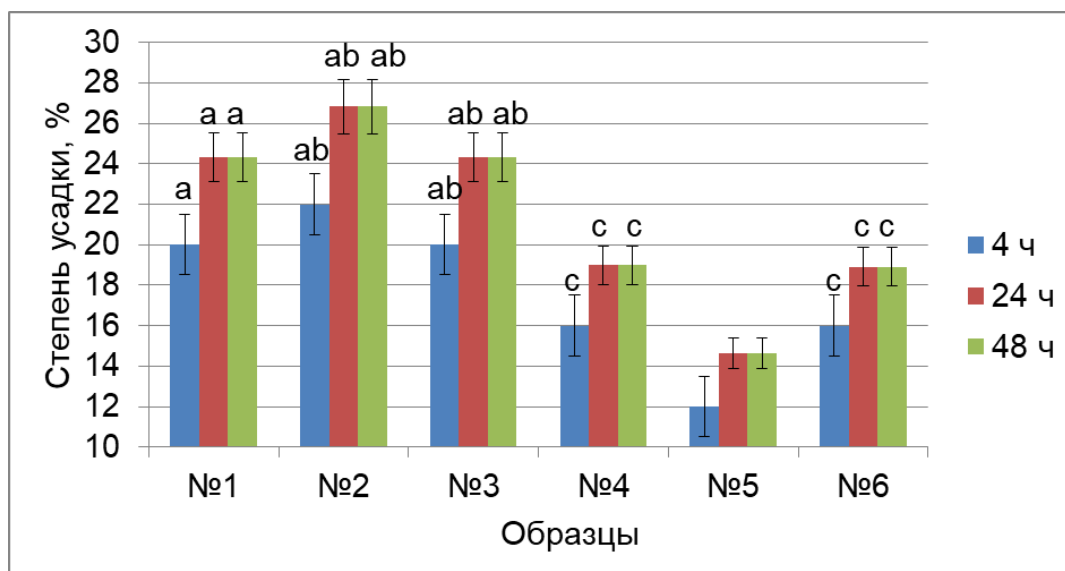


Рис. 3.18 Степень усадки образцов десертов №1 – №6. Значения с одинаковой буквой<sup>(a-c)</sup> значимых различий между образцами не имеют ( $p>0,05$ ).

Из данных, представленных на рисунке, следует, что количество вносимого йогурта или же ферментация смеси не оказывает значимого влияния на степень усадки. Наибольшее влияние на исследуемый показатель оказывает количество желатина и использование сывороточного белка, что связано с формированием более прочной структуры. Степень усадки в этих образцах после 4 ч хранения не превышала 16%.

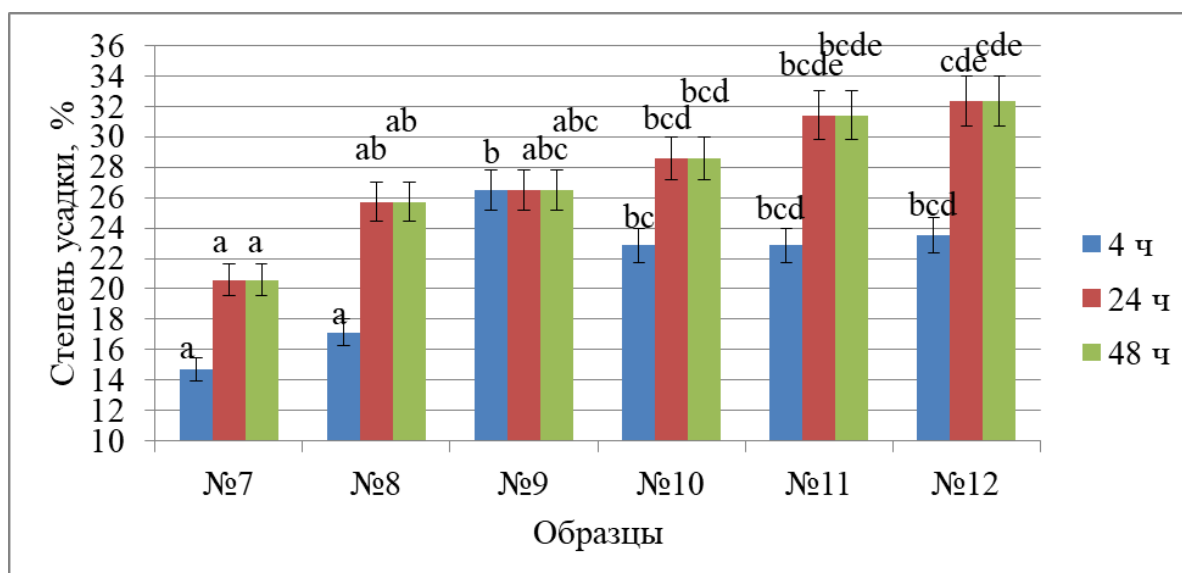


Рис. 3.19 Степень усадки образцов десертов №7 – №12. Значения с одинаковой буквой<sup>(a-e)</sup> значимых различий между образцами не имеют ( $p>0,05$ ).

Установлено, что после 4 ч хранения при температуре  $4\pm 2$  °С была существенная разница по степени усадки между образцами с молочным и растительными жирами. Разница составляла от 8,1% до 11,7%. Образцы с растительным жиром между собой значимых различий не имели.

Определено, что все образцы характеризуются высокой влагоудерживающей способностью (таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Влагосвязывающая способность исследуемых образцов

Показатель	№1	№2	№ 3	№4	№ 5	№ 6
ВСС <sub>1</sub> , %	67,5±0,3	66,7±0,4	66,9±0,3	66,5±0,2	65,8±0,3	62,9±0,4
ВСС <sub>2</sub> , %	99,7±0,2	99,5±0,3	99,7±0,1	99,7±0,1	99,7±0,2	99,8±0,1
Показатель	№7	№8	№ 9	№10	№ 11	№ 12
ВСС <sub>1</sub> , %	65,8±0,2	66,1±0,3	65,7±0,3	66,2±0,4	65,7±0,2	65,9±0,4
ВСС <sub>2</sub> , %	96,8±0,4	98,2±0,4	96,7±0,2	98,1±0,2	96,8±0,1	97,1±0,3

Источник и количество используемого жира, количество желатина, количество сквашенной молочной составляющей и внесение КСБ не оказали значимого влияния на ВСС. Массовая доля желатина 1,3% значительно повышает влагоудерживающую способность десерта, что оказывает положительное влияние на его органолептические показатели и пищевую ценность.

### 3.4.2 Исследование состояния структуры десертов при температуре $4\pm 2$ °С

Изменение дисперсности воздушной фазы в размороженных десертах обусловлено повышением температуры, ускорившей протекание процессов коалесценция и диспропорционирование. Результат данных процессов можно увидеть на микрофотографиях пузырьков воздуха, представленных на рисунке 3.20.

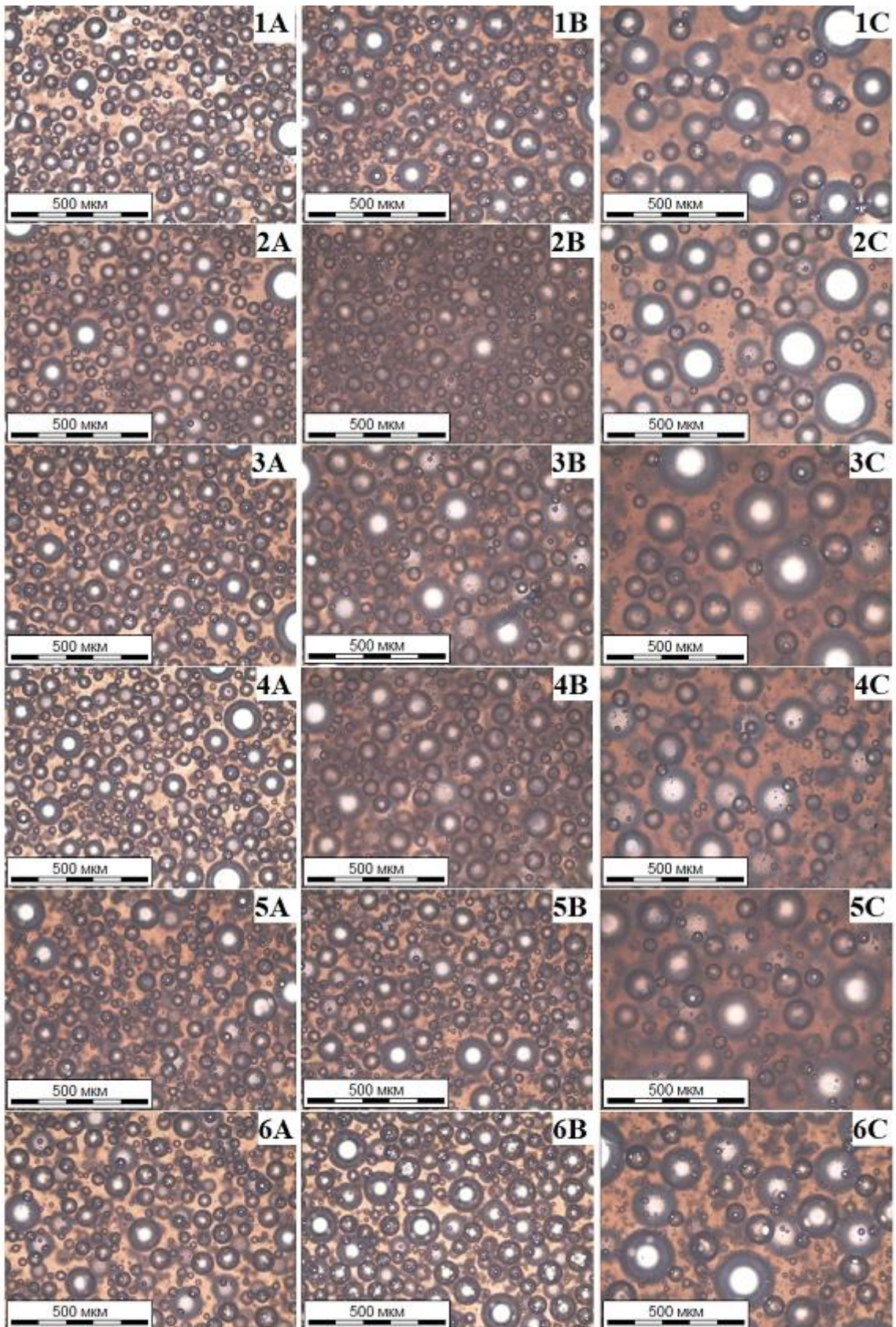


Рис. 3.20 Микрофотографии пузырьков воздуха: А – в замороженных десертах; В – через 4 ч хранения; С – через 24 ч хранения

Из приведенных микрофотографий структуры видно, что высокая дисперсность воздушной фазы сохраняется в течение 4 ч хранения образцов при температуре  $4 \pm 2$  °С. Через 24 ч хранения в образцах десертов отмечен эффект коалесценции и диспропорционирования. Динамика изменения размеров пузырьков воздуха после закаливания представлена в таблице 3.21 и на рисунке 3.21.

Таблица 3.21 – Показатели дисперсности воздушной фазы образцов десертов после закаливания

Образец №	Продолжительность хранения, ч	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %	Доля от 50 до 100 мкм, %	Доля от 100 мкм, %
1	0	$34 \pm 0,6^a$	14	30	80,6	19,0	0,4
	2	$30 \pm 0,5^d$		23	85,9	13,3	0,8
	4	$36 \pm 0,8^{ab}$		28	77,5	19,7	2,8
	6	$35 \pm 0,7^{ab}$		29	80,8	17,4	1,8
	8	$40 \pm 0,9^b$		32	75,7	20,6	3,7
	16	$47 \pm 1,8^e$		36	66,4	22,7	10,9
	24	$70 \pm 2,8^c$		61	35,2	43,1	21,7
	48	$79 \pm 5,5^c$		72	38,6	33,8	27,6
	72	$116 \pm 7,1^f$		120	15,8	19,7	64,5
2	0	$37 \pm 0,6^a$	15	33	78,1	21,1	0,8
	2	$28 \pm 0,6^{ab}$	14	31	77,5	21,7	0,8
	4	$31 \pm 0,5^{ab}$		29	80,9	18,7	0,4
	6	$34 \pm 0,9^{ad}$		33	71,5	24,9	3,6
	8	$35 \pm 0,9^d$		33	71,4	25,1	3,5
	16	$66 \pm 2,4^c$		53	46,5	34,1	19,4
	24	$47 \pm 2,2^e$		34	58,6	29,0	12,4
	48	$56 \pm 3,3^{ef}$		23	60,8	18,7	20,5
	72	$54 \pm 3,6^{ef}$		21	64,5	16,2	19,3
3	0	$36 \pm 0,7^a$	14	32	74,6	23,8	1,6
	2	$34 \pm 0,7^{ab}$		29	75,7	23,4	0,9
	4	$33 \pm 1^{abc}$		30	71,8	24,4	3,8
	6	$35 \pm 1,1^{abcd}$		27	77,5	18,1	4,4
	8	$36 \pm 1,3^{cde}$		30	73,0	19,5	7,5
	16	$55 \pm 2,6^f$		33	58,9	25,0	16,1
	24	$48 \pm 2,5^{efg}$		24	69,2	17,6	13,2
	48	$36 \pm 2,6^{acdeg}$		20	79,5	8,1	12,4
	72	$42 \pm 2,9^{acdeg}$		19	82,0	3,0	15,0

Продолжение таблицы 3.21

4	0	35±0,6 <sup>a</sup>	14	30	76,3	22,2	1,5
	2	33±0,7 <sup>ab</sup>		30	75,8	23,1	1,1
	4	33±0,7 <sup>abc</sup>		30	72,9	24,7	2,4
	6	34±0,9 <sup>abcd</sup>		29	76,5	19,9	3,6
	8	34±1,1 <sup>abcd</sup>		28	74,9	19	6,1
	16	61±3,1 <sup>g</sup>		45	42,7	38,6	18,7
	24	50±2,9 <sup>e</sup>		26	68,3	19,4	12,3
	48	44±2,5 <sup>ef</sup>		21	71,4	13,8	14,8
	72	47±2,8 <sup>ef</sup>		21	70,6	12,2	17,2
5	0	34±0,8 <sup>a</sup>	14	30	79,8	18,6	1,6
	2	33±0,8 <sup>ab</sup>		29	75,3	23,4	1,3
	4	34±1 <sup>abc</sup>		29	76,7	21,5	1,8
	6	33±0,8 <sup>abcd</sup>		29	77,7	19,2	3,1
	8	33±0,8 <sup>abcd</sup>		29	75,4	20,1	4,5
	16	66±1,2 <sup>f</sup>		59	37,4	40,7	21,9
	24	43±1,5 <sup>g</sup>		28	69,1	20,4	10,5
	48	52±2,7 <sup>e</sup>		22	64,2	19,7	16,1
	72	53±1,1 <sup>e</sup>		23	64,7	17,4	17,9
6	0	34±0,6 <sup>a</sup>	14	33	73,9	24,1	2,0
	2	37±0,7 <sup>b</sup>		34	66,6	31,4	2,0
	4	37±0,7 <sup>bc</sup>		34	65,9	30,3	3,8
	6	35±0,8 <sup>abd</sup>		32	73,0	24,1	2,9
	8	34±0,9 <sup>e</sup>		25	82,4	14,1	3,5
	16	33±2,1 <sup>adf</sup>		23	74,0	19,2	6,8
	24	27±1,7 <sup>adef</sup>		19	81,6	8,9	9,5
	48	44±3 <sup>bc</sup>		20	71,4	14,9	13,7
	72	24±3,5 <sup>g</sup>		19	89,8	5,0	5,2
Значения с одинаковой буквой в столбце одного образца <sup>(a-h)</sup> не имеют значимых различий (p>0,05)							

В образце № 1 (с 30% йогурта) высокая дисперсность воздушной фазы сохранялась в течение 16 ч хранения, при этом значимые изменения в значении среднего размера пузырьков воздуха начинаются после 8 ч хранения. При хранении образцов между 24 ч и 48 ч значимых различий в дисперсности воздушной фазы не было установлено. Таким образом, исследование состояния воздушной фазы в этом образце десерта в процессе хранения при температуре 4±2 °С позволило условно выделить 4 интервала: 1 – от 0 до 8; 2 – от 8 до 16; 3 – от 16 до 48; 4 – от 48 до 72. После 16 ч

хранения доля пузырьков воздуха размером до 50 мкм снизилась до 66%, а после 24 ч до 35%. Такие изменения в состоянии воздушной фазы оказывают отрицательное влияние и на органолептические характеристики продукта.

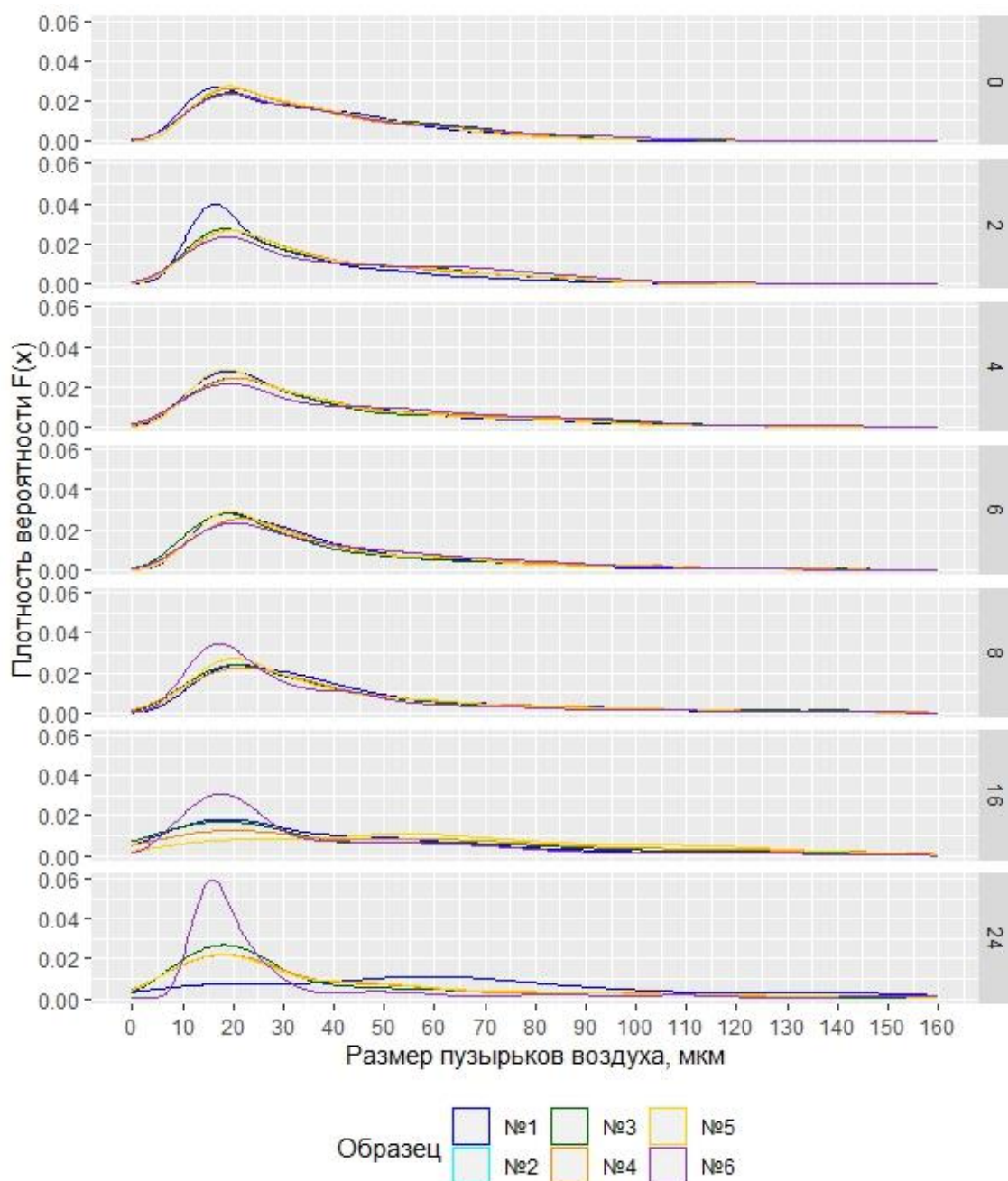


Рисунок 3.21 Распределение пузырьков воздуха

Была установлена зависимость среднего размера пузырька воздуха ( $M_e$ ) от количества сквашенной молочной составляющей (30-80%) и продолжительности хранения при температуре  $4 \pm 2$  °C (0-24 ч) (рисунок 3.22), описываемая следующим квадратичным уравнением (3.10):

$$Me = 31,5058 - 0,1358 \times x + 1,911 \times y + 0,0019 \times x^2 - 0,0136 \times x \times y - 0,0023 \times y^2 \quad (3.10)$$

Где  $x$  – количество сквашенной молочной составляющей, %;  $y$  – продолжительность хранения, ч.

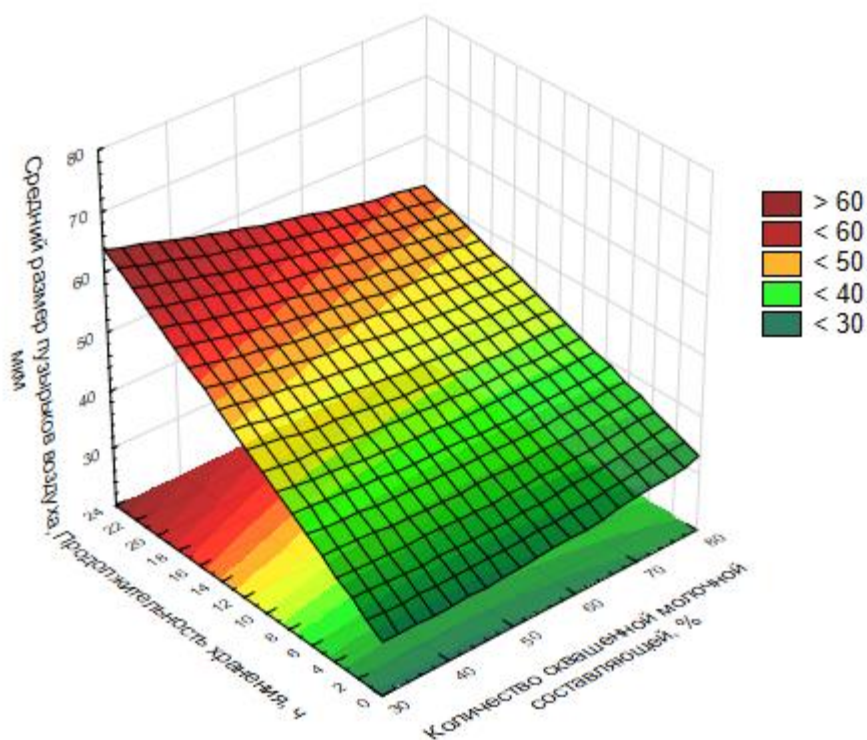


Рис. 3.22 Зависимость среднего размера пузырьков воздуха от продолжительности хранения и количества сквашенной молочной составляющей.

При увеличении доли вносимого йогурта с 30% до 50% (образец №2), а также при использовании сквашенной основы дисперсность воздушной фазы существенно повышалась. Характерные для состояния воздушной фазы в образце №1 интервалы 3 и 4, в образце №2 разделить было трудно. А максимальное значение среднего размера воздушных пузырьков в образце №2 за одно и тоже время хранения при температуре  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  было меньше в 1,7 – 2,1 раза, чем в образце №1.

Количественная доля пузырьков воздуха диаметром до 50 мкм в течение 8ч хранения в образцах №1 – №3 находилась в узком диапазоне

значений – от 85,9% до 71,4%. Наиболее значимое влияние количества сквашенной молочной составляющей на дисперсность воздушной фазы установлено после 16 ч хранения. В образце №1 отмечено повышение среднего диаметра воздушных пузырьков в течение всей продолжительности хранения, а в образцах №2 и №3 увеличение данного показателя происходило в течение 16 ч хранения, после чего произошло его снижение. Отмеченное изменение может быть связано с увеличением прочности структуры из-за большего количества денатурированного белка, который формирует более прочную матрицу. В связи с этим наиболее активно происходит диспропорционирование воздушных пузырьков, что и ведет к уменьшению их среднего размера и увеличению доли до 50 мкм. При этом скорость коалесценции пузырьков снижается.

Значимые изменения среднего диаметра пузырьков воздуха образцов №4 и №5 были установлены через 16 ч с момента начала размораживания. Окончательные изменения, о которых можно судить по отсутствию статистически значимых различий, были установлены в образцах через 24 ч и 48 ч. Отмеченную устойчивость воздушной фазы можно объяснить высоким содержанием стабилизатора – гелеобразователя (в составе образцов с содержанием желатина 1,6% и 1,9%), образующего прочную гель – сетку, удерживающую и стабилизирующую пузырьки воздуха.

Из-за протекающих процессов (диспропорционирование и коалесценция) воздушная фаза в образце №6 на этапе размораживания претерпевает постоянные изменения. Из-за этого средний размер пузырьков воздуха не превышает 50 мкм, а дисперсность воздушной фазы остается высокой, количественная доля пузырьков воздуха до 50 мкм в процессе размораживания изменяется от 65% до 89%. Резкое снижение среднего размера пузырьков воздуха в данном образце можно объяснить схлопыванием наиболее крупных из них.

Представленные графики на рисунке 3.21 в полной мере отражает изменение дисперсности пузырьков воздуха образцов №1 – №6 в процессе их



хранения при температуре  $4\pm 2$  °С. Из представленных на графиках данных видно, что плотность вероятности распределения пузырьков воздуха по размерам до 6 ч хранения практически не отличается. Через 24 ч хранения в наибольшей степени изменилась дисперсность воздушной фазы в образце №1 (с наименьшим содержанием сквашенной молочной составляющей), что отрицательно сказывается на состоянии структуры. Наиболее постоянная дисперсность воздушной фазы и, соответственно однородная структура, установлена в образцах №2 – №5.

В наиболее значимых для анализа продолжительностях хранения (0 ч, 8 ч и 24 ч) была повторно оценена дисперсность воздушной фазы образцов десертов в процессе хранения при температуре  $4\pm 2$  °С через 3 мес. их хранения при температуре – 18°С (таблица 3.22).

Таблица 3.22 – Показатели дисперсности воздушной фазы кисломолочных десертов при температуре  $4\pm 2$  °С (через 3 месяца хранения при температуре – 18°С)

Образец №	Продолжительность хранения, ч	$D_{cp}$ , мкм	$D_m$ , мкм	$D_{med}$ , мкм	Доля до 50 мкм, %	Доля от 50 до 100 мкм, %	Доля от 100 мкм, %
1	0 ч	$41\pm 0,9^{aA}$	14	35	74,2	23,2	2,6
	8 ч	$43\pm 1^{aA}$		37	71,3	23,5	5,2
	24 ч	$73\pm 3,1^a$		64	33,2	45,8	21,0
2	0 ч	$34\pm 0,5^{AB}$	14	29	83,2	16,2	0,6
	8 ч	$36\pm 0,6^{cAB}$		32	82,4	15,9	1,7
	24 ч	$79\pm 3,6^{ab}$		69	32,3	37,9	29,8
3	0 ч	$39\pm 0,8^{abAB}$	14	32	74,3	22,9	2,8
	8 ч	$36\pm 0,9^{cAB}$		28	79,6	17,2	3,2
	24 ч	$49\pm 2,8^c$		20	70,6	14,6	14,8
4	0 ч	$40\pm 0,8^{abc}$	14	33	73,5	23,7	2,8
	8 ч	$44\pm 1,3^{ab}$		35	70,1	20,2	9,7
	24 ч	$63\pm 3$		47	51,8	31,2	17,0
5	0 ч	$41\pm 0,8^{abcd}$	14	34	73,0	24,1	2,9
	8 ч	$47\pm 1,5^{ab}$		37	68,3	21,9	9,8
	24 ч	$77\pm 3,1^{ab}$		74	31,1	39,9	29,0
6	0 ч	$40\pm 0,8^{abcd}$	14	32	70,5	27,1	2,4
	8 ч	$32\pm 0,7$		22	84,3	13,2	2,5
	24 ч	$56\pm 3,1^c$		20	63,1	16,3	20,6
Значения с одинаковой буквой в столбце образцов одного времени хранения <sup>(a-d)</sup> или							

одного образца <sup>(A-B)</sup> не имеют значимых различий ( $p>0,05$ )

Было установлено, что через 3 мес. хранения образцов десерта средний размер пузырьков воздуха значимо отличался только в образце №2. Через 8 ч хранения при температуре  $4\pm 2$  °С значимых изменений воздушной фазы не было установлено в образцах №1 – №3. Наибольшее значение среднего размера пузырьков воздуха было установлено в образце №2. Наилучшая дисперсность воздушной фазы спустя 3 мес. хранения установлена в образцах №3 и №6. Сравнение образцов №3 – №5 позволило установить, что через 3 мес. хранения в замороженном состоянии в процессе размораживания десертов количество желатина существенно влияет на средний диаметр воздушных пузырьков. При размораживании после закаливания средний диаметр этих структурных элементов в тех же временных интервалах был значительно больше, что свидетельствует о том, что стабильность воздушных пузырьков при размораживании десертов по мере повышения продолжительности их хранения в замороженном состоянии снижается.

Установлено, что различия в жирнокислотном составе жировой фазы десертов также сказываются на дисперсности воздушной фазы (рисунок 3.23).

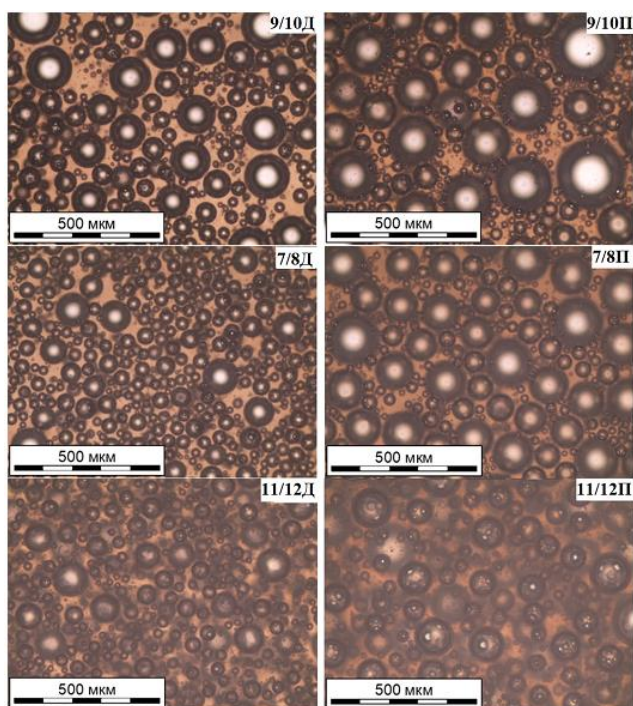


Рис. 3.23 Воздушная фаза образцов десертов: д – до размораживания; п – через 4 ч хранения при температуре  $4\pm 2$  °С

Визуальной разницы в дисперсности воздушной фазы при увеличении массовой доли жира с 2,5% до 5,0% установлено не было. На представленных фотографиях можно наблюдать большое скопление мелких пузырьков воздуха в области крупных в образцах №1 – №4. Для оценки влияния количества и вида используемого источника жира на дисперсность воздушной были определены ее показатели, представленные в таблице 3.23 и рисунке 3.24.

Таблица 3.23 – Показатели дисперсности воздушной фазы образцов десертов с молочным и растительными жирами после закаливания

Образец №	Продолжительность хранения, ч	Dcp, мкм	Dm, мкм	Dmed, мкм	Доля до 50 мкм, %	Доля от 50 до 100 мкм, %	Доля от 100 мкм, %
7	0	36±0,8 <sup>a</sup>	14	31	82,3	16,3	1,4
	2	33±1 <sup>a</sup>		24	84,9	9,6	5,5
	4	41±1,6 <sup>ab</sup>		28	76,4	13,4	10,2
	6	40±1,5 <sup>ab</sup>		29,4	79,1	13,0	7,8
	8	50±2,6 <sup>c</sup>		37	69,0	18,1	12,9
	24	69±4,1 <sup>d</sup>		50	49,6	27,2	23,2
8	0	33±0,7 <sup>a</sup>	14	29	83,6	16,2	0,1
	2	31±0,9 <sup>ab</sup>		24	84,7	12,9	2,3
	4	36±1,2 <sup>abc</sup>		26	82,7	11,2	6,1
	6	40±1,8 <sup>cd</sup>		28	81,6	10,0	8,4
	8	47±2,5 <sup>d</sup>		36	72,2	17,1	10,7
	24	75±4,6 <sup>e</sup>		57	46,0	21,0	33,0
9	0	40±1,2 <sup>a</sup>	14	31	72,7	22,8	4,4
	2	35±1,6 <sup>ab</sup>		21	86,2	4,3	9,4
	4	34±1,5 <sup>ab</sup>		20	85,5	5,0	9,6
	6	51±3,5 <sup>d</sup>		32	68,4	19,0	12,7
	8	64±4,4 <sup>c</sup>		49	52,1	29,3	18,6
	24	72±4 <sup>c</sup>		40	51,9	15,5	32,6
10	0	38±1,1 <sup>a</sup>	14	30	77,7	18,7	3,6
	2	36±1,3 <sup>ab</sup>		27	86,5	8,3	5,2
	4	35±1,3 <sup>ab</sup>		27	89,0	7,8	3,2
	6	46±2 <sup>d</sup>		35	72,6	19,9	7,5
	8	60±3,5 <sup>c</sup>		43	56,4	26,0	17,6

	24	67±4,3 <sup>c</sup>		39	56,4	16,4	27,3
--	----	---------------------	--	----	------	------	------

Продолжение таблицы 3.23

11	0	34±0,8 <sup>a</sup>	14	29	84,1	14,8	1,1
	2	37±1 <sup>ab</sup>		29	76,8	20,9	2,3
	4	42±1,7 <sup>bc</sup>		29	69,0	25,6	5,4
	6	48±1,7 <sup>cd</sup>		39	59,1	34,2	6,7
	8	53±3 <sup>d</sup>		41	58,6	25,6	15,8
	24	74±4,5 <sup>e</sup>		44	51,1	18,7	30,1
12	0	35±1 <sup>a</sup>	14	29	79,0	20,2	0,8
	2	36±1 <sup>a</sup>		27	77,5	20,9	1,6
	4	43±1,8 <sup>b</sup>		34	71,0	21,2	7,8
	6	45±2,9 <sup>bc</sup>		35	69,3	24,1	6,6
	8	54±3,6 <sup>c</sup>		38	55,9	30,3	13,8
	24	80±4,6 <sup>d</sup>		64	39,6	26,4	34,1
Значения с одинаковой буквой в столбце одного образца(a-h) не имеют значимых различий (p>0,05)							

Из данных, представленных в таблице, можно установить, что при использовании молочного жира в размороженных десертах удается дольше сохранить наиболее высокодисперсную структуру. В образце с молочным жиром значимые увеличения среднего размера пузырьков воздуха произошли после 6 ч хранения, а с растительными жирами – после 4 ч. Вероятно различия обусловлены различной температурой плавления жиров. Использование подсолнечного масла в качестве единственного источника жира позволило получить пузырьки воздуха размером, как и при использовании молочного жира, однако после 6 – 8 ч хранения при температуре 4±2 °С разница в их среднем размере составляла 6% – 17%. Установлено, что повышение количества молочного жира с 2,5% до 5,0% не повлияло на дисперсность воздушной фазы. При увеличении количества растительного жира дисперсность воздушной фазы сохранилась в наибольшей степени после 6 – 24 ч хранения.

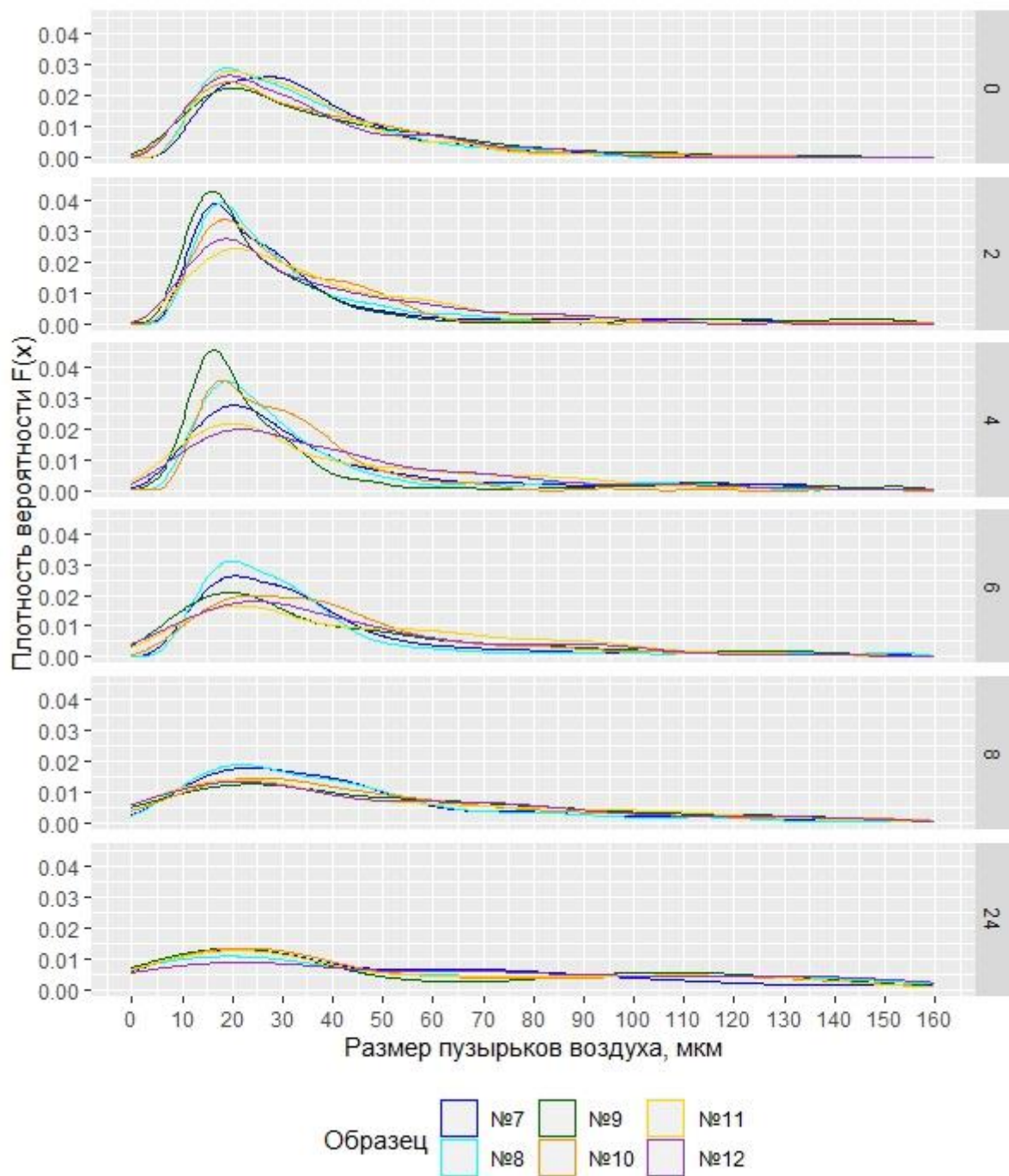


Рисунок 3.24 Распределение пузырьков воздуха

Данные, представленные на рисунке 3.24, подтверждают различия во влиянии жиров, отличающихся составом и, следовательно, температурами плавления, на дисперсность воздушной фазы. Через 6 ч наибольшая стабильность воздушной фазы была отмечена в образцах с молочным жиром.

### 3.4.3 Определение показателей текстуры взбитых кисломолочных десертов

Состояние текстуры десертов, как и других пищевых продуктов, предопределяет ощущения, возникающие при их употреблении, в частности при попадании продукта в полость рта, в процессе его откусывания и пережевывания. В связи с этим важно проводить количественную оценку состояния текстуры. Был оценен ряд показателей текстуры, указанных на графиках типичного анализа текстуры (рис. 3.25). Результаты исследований представлены в таблице 3.24 и 3.25.

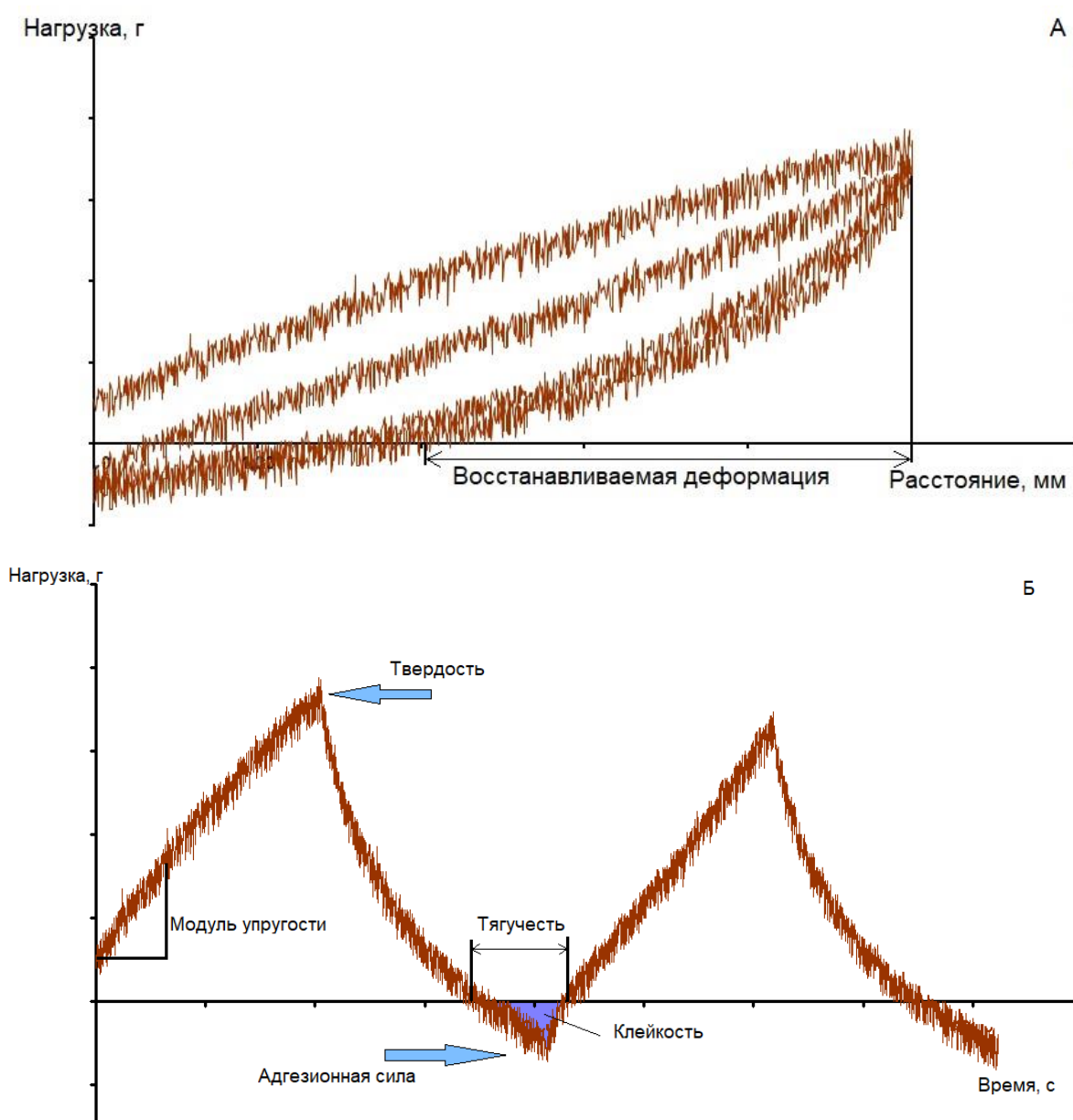


Рис. 3.25 Типичные кривые, получаемые при оценке текстуры

При установлении взаимосвязи между показателями состояния текстуры и органолептическими использовали нижеприведенные понятия.

Твердость – пиковая нагрузка, прилагаемая для достижения определенной деформации продукта, имеющая большое значение при его откусывании.

Адгезионная сила – максимальная нагрузка, необходимая для отрыва зонда от образца, а при употреблении пищи – отрыва зубов от продукта.

Клейкость – усилия, затраченные на отделение продукта от поверхности датчика, при употреблении – прилипшего к зубам в процессе пережевывания.

Тягучесть – длина, на которую может вытянуться продукт, прилипший к датчику, при жевании – к зубам.

Кажущийся модуль – один из основных механических показателей текстуры продуктов, характеризующий состояние структуры при наличии эффекта гелеобразования (желирования).

Восстанавливаемая деформация – высота восстановленного образца после снятия нагрузки.

Последние два показателя характеризуют устойчивость структуры десерта в процессе его размораживания.

Таблица 3.24 – Показатели текстуры образцов десертов №1 – №6

Образец №	Показатель					
	Твердость, Н	Адгезионная сила, Н	Клейкость, мДж	Тягучесть, мм	Кажущийся модуль, Н/с	Восстанавливаемая деформация, мм
1	0,67±0,12 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,25±0,07 <sup>a</sup>	2,4±0,1 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	2,2±0,1 <sup>a</sup>
2	1,07±0,31 <sup>b</sup>	0,24±0,05 <sup>ab</sup>	0,24±0,02 <sup>ab</sup>	2,3±0,7 <sup>ab</sup>	0,12±0,04 <sup>b</sup>	2,1±0,7 <sup>ab</sup>
3	0,94±0,16 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	0,20±0,05 <sup>abc</sup>	0,25±0,06 <sup>abc</sup>	2,0±0,5 <sup>abc</sup>	0,10±0,02 <sup>bc</sup>	2,5±0,1 <sup>bc</sup>
4	0,93±0,12 <sup>b</sup> <sub>cd</sub>	0,18±0,04 <sup>abcd</sup>	0,25±0,08 <sup>abc</sup> <sub>d</sub>	2,1±0,4 <sup>abcd</sup>	0,09±0,02 <sup>bcd</sup>	2,8±0,3 <sup>bc</sup>
5	0,93±0,10 <sup>b</sup> <sub>cd</sub>	0,16±0,02 <sup>abcd</sup> <sub>e</sub>	0,24±0,07 <sup>abc</sup> <sub>de</sub>	1,8±0,2 <sup>bcde</sup>	0,09±0,01 <sup>bcd</sup>	2,8±0,3 <sup>bcd</sup>
6	0,58±0,14 <sup>a</sup>	0,14±0,03 <sup>abcd</sup> <sub>e</sub>	0,18±0,06 <sup>abc</sup> <sub>de</sub>	2,1±0,2 <sup>abcde</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	2,3±0,4 <sup>abcd</sup>
Значения с одинаковой буквой в одном столбце <sup>(a-e)</sup> не имеют значимых различий (p>0,05)						

Из представленной таблицы следует, что образцы №1 – №6 в наибольшей степени отличались по таким показателям текстуры, как «твердость» и «кажущийся модуль». Установлено, что повышение количества йогурта, вносимого в десерт, с 30,0% до 50,0%, а также проведение ферментации 80% основы для десерта приводит к увеличению твердости в 1,3 – 1,6 раз. Увеличение твердости данных образцов может быть связано с упрочнением структуры в результате коагуляции белков и соответственно формированию более прочной матрицы. Увеличение доли желатина с 1,3% до 1,9% значимого влияния на показатели текстуры не оказало. Использование сывороточных белков привело к снижению в десерте значений показателей «твердость» и «кажущийся модуль», что может быть связано с их высокой пенообразующей способностью (взбитость образца была наибольшей).

Был проведен анализ главных компонент всех показателей текстуры данных образцов, представленный на рисунке 3.26.

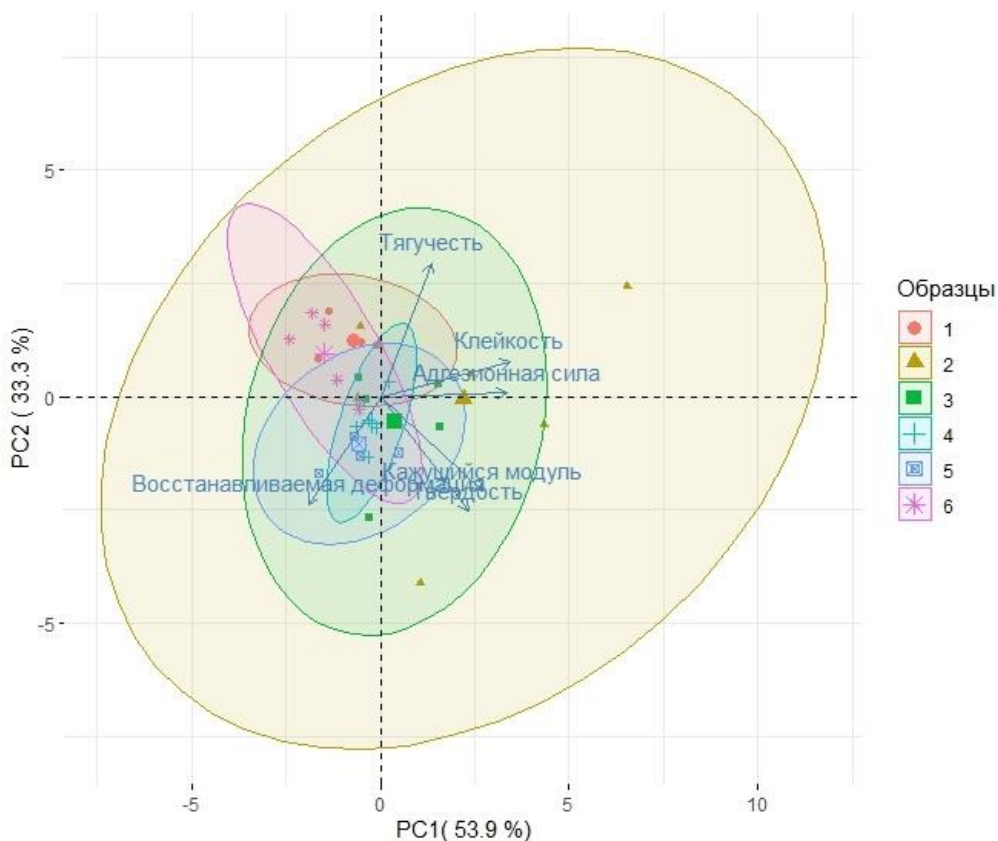


Рис.3.26 – PC анализ образцов №1-№6



Были получены уравнения для обеих компонент 3.11 и 3.12:

$$PC1 = 0,364 \times x_1 + 0,52 \times x_2 + 0,534 \times x_3 + 0,212 \times x_4 + 0,423 \times x_5 - 0,297 \times x_6$$

(3.11)

$$PC2 = -0,498 \times x_1 + 0,018 \times x_2 + 0,154 \times x_3 + 0,583 \times x_4 - 0,41 \times x_5 - 0,469 \times x_6$$

(3.12)

где  $x_1 - x_6$  – твердость, адгезионная сила, клейкость, тягучесть, кажущийся модуль и восстанавливаемая деформация соответственно.

Доля дисперсии PC1 образцов №1 – №6 составляла 53,9%. Наибольший вес в данную компоненту вносят адгезионная сила и клейкость. Корреляция между данными показателями составляет 88,9%. PC2 объясняет 33,3% всей дисперсии. Наибольший вклад в данную компоненту вносит тягучесть. Также установлена высокая (93,6%) корреляция между показателями «твердость» и «кажущийся модуль». Общая дисперсия PC1 и PC2 объясняет 87,1% всей дисперсии. На представленном рисунке невозможно дифференцировать образцы по группам, что может объясняться высокой долей схожести исследуемых образцов по показателям текстуры.

Таблица 3.25 – Показатели текстуры образцов десерта №7 – №12

Образец №	Показатель					
	Твердость, Н	Адгезионная сила, Н	Клейкость, мДж	Тягучесть, мм	Кажущийся модуль, Н/с	Восстанавливаемая деформация, мм
7	0,55±0,10 <sup>a</sup>	0,07±0,02 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>	1,0±0,2 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	3,6±0,1 <sup>a</sup>
8	0,70±0,10 <sup>a</sup>	0,12±0,03 <sup>ab</sup>	0,12±0,05 <sup>ab</sup>	1,6±0,2 <sup>b</sup>	0,06±0,01 <sup>ab</sup>	3,1±0,1 <sup>b</sup>
9	0,53±0,08 <sup>ab</sup>	0,10±0,02 <sup>abc</sup>	0,07±0,03 <sup>abc</sup>	1,7±0,1 <sup>bc</sup>	0,05±0,01 <sup>abc</sup>	2,9±0,1 <sup>c</sup>
10	0,42±0,03 <sup>ab</sup>	0,08±0,01 <sup>abc</sup>	0,06±0,01 <sup>abc</sup>	1,8±0,3 <sup>bc</sup>	0,05±0,00 <sup>abc</sup>	2,3±0,3 <sup>b</sup>
11	0,29±0,01 <sup>c</sup>	0,03±0,01 <sup>d</sup>	0,003 <sup>a</sup>	0,6±0,2 <sup>ad</sup>	0,03±0,00 <sup>d</sup>	3,5±0,3 <sup>a</sup>
12	0,28±0,01 <sup>c</sup>	0,05±0,01 <sup>d</sup>	0,004 <sup>a</sup>	1,2±0,2 <sup>ad</sup>	0,03±0,00 <sup>ad</sup>	3,0±0,5 <sup>b</sup>

Значения с одинаковой буквой в одном столбце<sup>(a-e)</sup> не имеют значимых различий (p>0,05)

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 «твердость», «кажущийся модуль», «липкость» и «клейкость». Снижение данных показателей связано с различиями температур плавления жиров. Показатель «тягучесть» образцов с подсолнечным маслом и с молочным жиром (№1 и №2) значительно не отличался. Показатель «восстанавливаемая деформация» снижался при увеличении массовой доли жира с 2,5% до 5,0% на 14 – 21%.

Был проведен анализ главных компонент всех показателей текстуры исследуемых образцов десертов, представленный на рисунке 3.27.

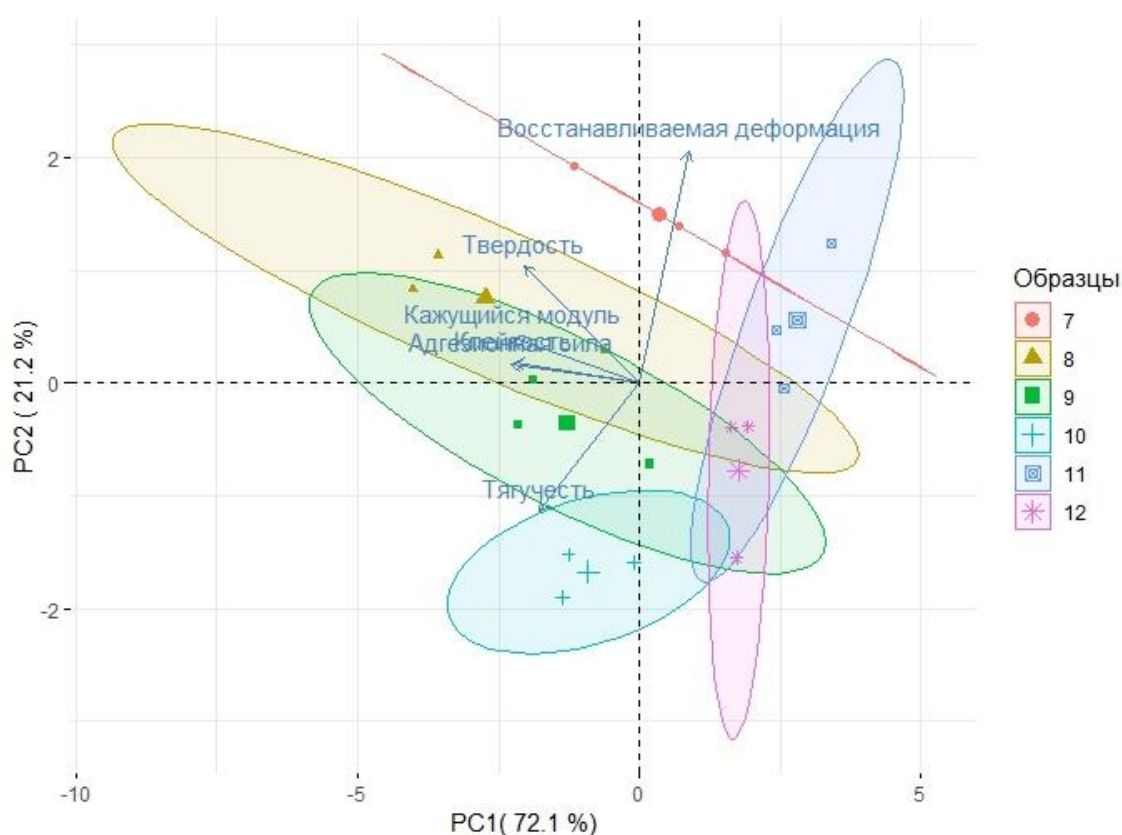


Рис.3.27 – РС анализ образцов №7 – №12

Уравнения обеих компонент могут быть представлены в виде 3.13 и 3.14:

$$PC1 = -0,426 \times x_1 - 0,472 \times x_2 - 0,461 \times x_3 - 0,369 \times x_4 - 0,464 \times x_5 + 0,18 \times x_6 \quad (3.13)$$

$$PC2 = 0,367 \times x_1 + 0,062 \times x_2 + 0,069 \times x_3 - 0,434 \times x_4 + 0,155 \times x_5 + 0,788 \times x_6 \quad (3.14)$$

где  $x_1 - x_6$  – твердость, адгезионная сила, клейкость, тягучесть, кажущийся модуль и восстанавливаемая деформация соответственно.

Анализ главных компонент образцов №7 – №12 показал, что двумя компонентами можно оценить 93,3% всей дисперсии. PC1 объясняет 72,1% дисперсии, при этом значения адгезионной силы, кажущегося модуля и клейкости вносят практически одинаковый вклад. Это объясняется высокой корреляцией между данными показателями: адгезионной силой – клейкостью (95,2%), адгезионной силой – кажущимся модулем (93,6%) и клейкостью – кажущимся модулем (91,9%). В PC2 наибольший вклад вносит показатель «восстанавливаемая деформация», процент дисперсии, которая объясняет данная компонента, составляет 21,2. Также была выявлена высокая корреляция показателей «твердость» и «адгезионная сила» (90,4%) и «кажущийся модуль» (93,8%). На рисунке 3.30 прослеживается четкая дифференциация показателей текстуры образцов десертов не только с разными видами жира, но и с различными их количествами.

#### **3.4.4 Исследование микробиологических показателей десертов**

В соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» количество молочнокислых микроорганизмов на конец срока годности продукта, а также наличие патогенных микроорганизмов, являются одними из показателей качества готового продукта.

В процессе производства кисломолочных десертов и их хранения в замороженном и размороженном состояниях возможно изменение микробиологических показателей. Причиной является то, что десерты подвергаются динамическому замораживанию, вызывающему повреждение оболочек клеток и отмирание микроорганизмов, и предварительному размораживанию перед употреблением, что повышает активность воды и вызывает развитие микроорганизмов. Результаты исследования выживаемости молочнокислых микроорганизмов после фризирования и в процессе хранения при температуре минус 20°C, а также наличия БГКП и *S.aureus* в процессе хранения и размораживания представлены в таблице 3.26.

Таблица 3.26 – Микробиологические показатели кисломолочных десертов

Продукт	Этап определения	Количество молочнокислых микроорганизмов, lgN	Наличие БГКП в 0,1 г продукта	Наличие S.aureus в 1 г продукта
Кисломолочные десерты	В смеси после сквашивания	7	Не обнаружено	Не обнаружено
	В смеси после смешивания с фруктозным сиропом перед фризерование	7		
	В десерте после фризирования	7		
	После 180 суток хранения	6		
	После 6 мес. хранения при минус 20±2 °С и 72 ч при 4±2 °С	x		
	После 180 суток хранения при минус 20±2 °С	6		
Кисломолочное мороженое	В смеси после сквашивания	7	x	x
	В смеси после смешивания с фруктозным сиропом перед фризерование	7	x	x
	В мороженом после фризирования	6	x	x
	После 180 суток хранения при минус 20±2 °С	4-5	x	x

Как следует из представленной таблицы, процесс размораживания при температуре 4±2°С в течение 72 ч не оказал отрицательного влияния на количество БГКП и S. aureus в 0,1 и 1 г продукта соответственно. Данные показатели удовлетворяли требованиям ТР ТС 033/2013.

При оценке количества молочнокислых микроорганизмов в замороженных кисломолочных десертах было установлено, что они обладают высокой выживаемостью, которая может быть обусловлена их составом. Содержание молочнокислых микроорганизмов в кисломолочном

мороженом через 6 мес. хранения было меньше на 1-2 порядка по сравнению с кисломолочными десертами. В частности, высокое содержание желатина может оказывать инкапсулирующее влияние на клетки микроорганизмов в процессе фризирования и хранения при температурах ниже 0°C. Также их выживанию способствуют пониженной подвижностью находящейся в виде вязкого геля незамороженной части воды, использование инулина, в частности его пребиотические свойства и способность инициировать нуклеацию.

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

#### **3.5.1 Определение пищевой ценности, сладости и ГИ кисломолочных десертов**

Помимо физико-химических и структурно – механических исследований была проведена оценка пищевой ценности готового продукта и его себестоимости.

Пищевая ценность — понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспечения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах, энергии и органолептические свойства.

Оценка основных пищевых веществ и энергетической ценности проводили в соответствии с химическим составом готового продукта, представленным в таблице 3.27. Для сравнительной оценки показателей кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами была подобрана модель химического состава образца кисломолочного мороженого. Расчеты основных пищевых веществ и энергетической ценности выполнены в соответствии с методикой, описанной в п. 2.3.

Таблица 3.27 – Содержание основных пищевых веществ и энергетическая ценность 100 г готового продукта

Определяемый показатель	Образец №				
	Кисломолочное мороженое	1 – 3	4	5	6
Белки, г	3,4	4,9	5,1	5,4	7,4
Жиры, г	7,3	2,8	2,8	2,8	2,8
Усвояемые углеводы, г	22,4	15,9	15,9	15,9	15,9
Пищевые волокна, г	0,0	5,1	5,1	5,1	5,1
Энергетическая ценность, ккал/кДж	168/708	108/487	109/490	110/495	118/529
Гликемический индекс	65,9	22,3	22,3	22,3	22,3
Относительная сладость	23,6	20,8-24,9	24,9	24,9	24,9

На основании данных, приведенных в таблице 3.27, образцы десертов, содержащих 5,1 г пищевого волокна в соответствии с ТР ТС 022/2011, можно реализовывать с информацией о заявленной пищевой ценности «источник пищевых волокон» Образец № 6, в состав которого входил концентрат сывороточных белков в количестве 3%, можно отнести к категории продукции, маркируемой как «источник белка», поскольку он содержит более 5 % от среднесуточной потребности белка, а его обеспечение энергетической ценности составляет не менее 12%. Использование фруктозы для замены сахарозы по сладости и частично по сухим веществам позволяет снизить ГИ в 2,9 раза.

### 3.5.2 Органолептическая оценка кисломолочных десертов

Органолептическая оценка кисломолочных десертов проводилась группой опытных дегустаторов по следующим критериям: вкус (общий), вкус (кислый), аромат, упругость, пористость, форма, твердость. Вкус (общий) и аромат оценивались гедонически, остальные показатели оценивались по интенсивности. Согласованность экспертов была проверена в соответствии с коэффициентом конкордации Кендалла (W) (таблица 3.28).

Таблица 3.28 – Согласованность экспертов по Кендаллу

Образец №	1	2	3	4	5	6
W	0,74	0,51	0,52	0,66	0,53	0,83
$X^2(k=6)$	22,2	15,3	15,6	19,8	15,9	24,9
Образец №	7	8	9	10	11	12
W	0,84	0,89	0,87	0,82	0,86	0,77
$X^2(k=6)$	25,2	26,7	26,1	24,6	25,8	23,1

Во всех образцах установлено значение конкордации Кендалла выше 50%. Сравнение полученного значения критерия Пирсона ( $X^2$ ) с табличным ( $=12,6$ ) при уровне значимости 0,05 позволяет утверждать, что мнения экспертов согласованны и возможна дальнейшая оценка сенсорных показателей образцов десерта.

Тепловые карты результатов органолептической оценки образцов №1 – №6 представлены на рисунке 3.28.

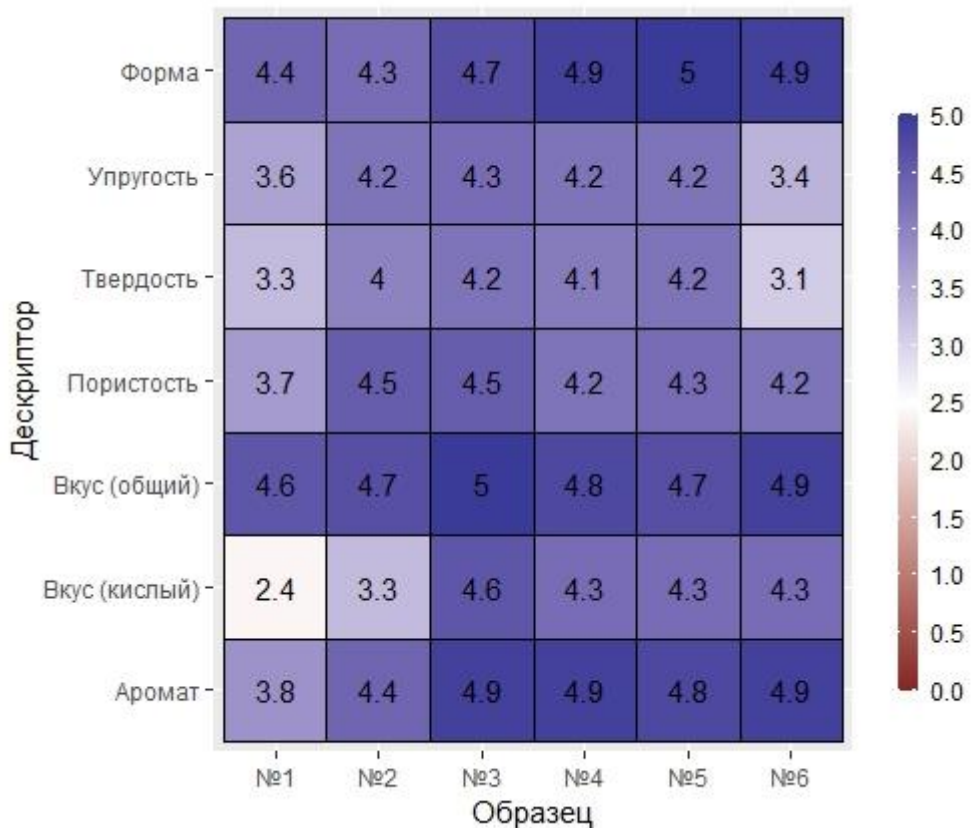


Рис.3.28 Органолептическая оценка образцов №1 – №6

По данным, представленным на рисунке 3.28, можно сделать выводы о влиянии количества сквашенной молочной составляющей, доли желатина и

количества КСБ на органолептические свойства продукта. Наиболее кислый вкус был отмечен в образцах со сквашенной молочной основой с содержанием желатина 1,6% и 1,9%, и КСБ. Наименьшая кислотность отмечена в образце с 30% йогурта. Данный результат обусловлен различиями в титруемой кислотности готовых десертов. Остальные показатели, по которым оценивали десерты, не различались между собой более чем в 1 балл.

Результаты органолептической оценки образцов №7 – №12 представлены на рисунке 3.29.

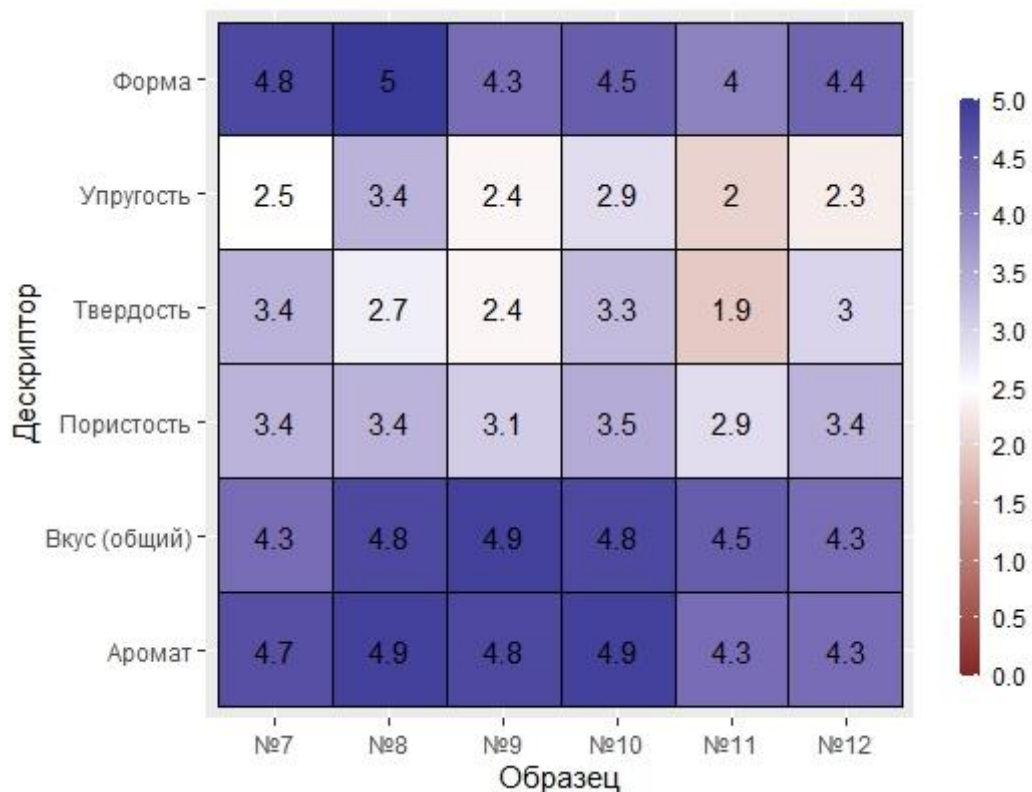


Рис.3.29 Органолептическая оценка образцов №7 – №12

Как следует из представленной тепловой карты наибольшие различия среди образцов установлены по показателям пористость, твердость и упругость. Различия характеристик твердости и упругости обусловлены температурой плавления жиров, входящих в состав образцов десерта. Так образцы с молочным жиром характеризовались более высокими значениями показателей данных характеристик. Показатель «пористость» обусловлен качественным и количественным составом воздушной фазы, который в процессе размораживания подвергался заметным изменениям. Через 4 ч



хранения десертов при температуре  $4\pm 2$  °С различия среднего диаметра воздушных пузырьков составляли лишь 10 мкм, в результате чего оценки данного показателя находятся в интервале от 4 до 3.

### **3.6 Обоснование и разработка технологии взбитых кисломолочных десертов функциональной направленности, употребляемых в размороженном состоянии, и расчет себестоимости готового продукта**

На основании проведенных исследований разработана технология кисломолочных десертов функциональной направленности, употребляемых в размороженном состоянии. По результатам исследований были установлены:

- температура подачи смеси на фризер, равная  $22\pm 2$  °С;
- возможность производства данного вида десертов двумя способами;
- возможность использования КСБ;
- высокая выживаемость молочнокислых микроорганизмов в процессе производства и хранения.

Характеристика состава взбитых кисломолочных десертов с усовершенствованными потребительскими свойствами представлена в таблице 3.29. Новизна технических решений отражена в патенте № 2 788 710. Производимый десерт обладает высокой формоустойчивостью при температуре  $4\pm 2$  °С, характеризуется высоким содержанием пищевых волокон и является источником белка.

Таблица 3.29. – Характеристика образцов взбитых кисломолочных десертов

Вид и подвид десерта	Массовая доля, %, не менее								
	молочного жира	СОМО	сухих веществ						
			фруктозы	фруктов	инулина	белков	концентрата сывороточных	желатина	эмульгатора (Е 471)
Десерты с массовой долей жира 2,5%: <i>Йогуртный:</i> без аромата и пищевкусных продуктов, с ароматом с фруктами	2,5	11,0	10,0	-	6,0	3,0	1,1	0,3	33,5
	2,5	9,6	10,0	1,4	6,0	3,0	1,1	0,3	33,5
с фруктами и ароматом	2,5	10,0	10,0	1,0	6,0	3,0	1,1	0,3	33,5
<i>С йгуртом:</i> без аромата и пищевкусных продуктов, с ароматом с фруктами	2,5	11,0	10,0	-	6,0	3,0	1,1	0,3	33,5
	2,5	9,6	10,0	1,4	6,0	3,0	1,1	0,3	33,5
с фруктами и ароматом	2,5	10,0	10,0	1,0	6,0	3,0	1,1	0,3	33,5

Технологические схемы производства представлены на рисунках 3.30 и 3.31.



Рис. 3.30 Технологическая схема изготовления взбитых кисломолочных десертов с использованием заквасочных культур

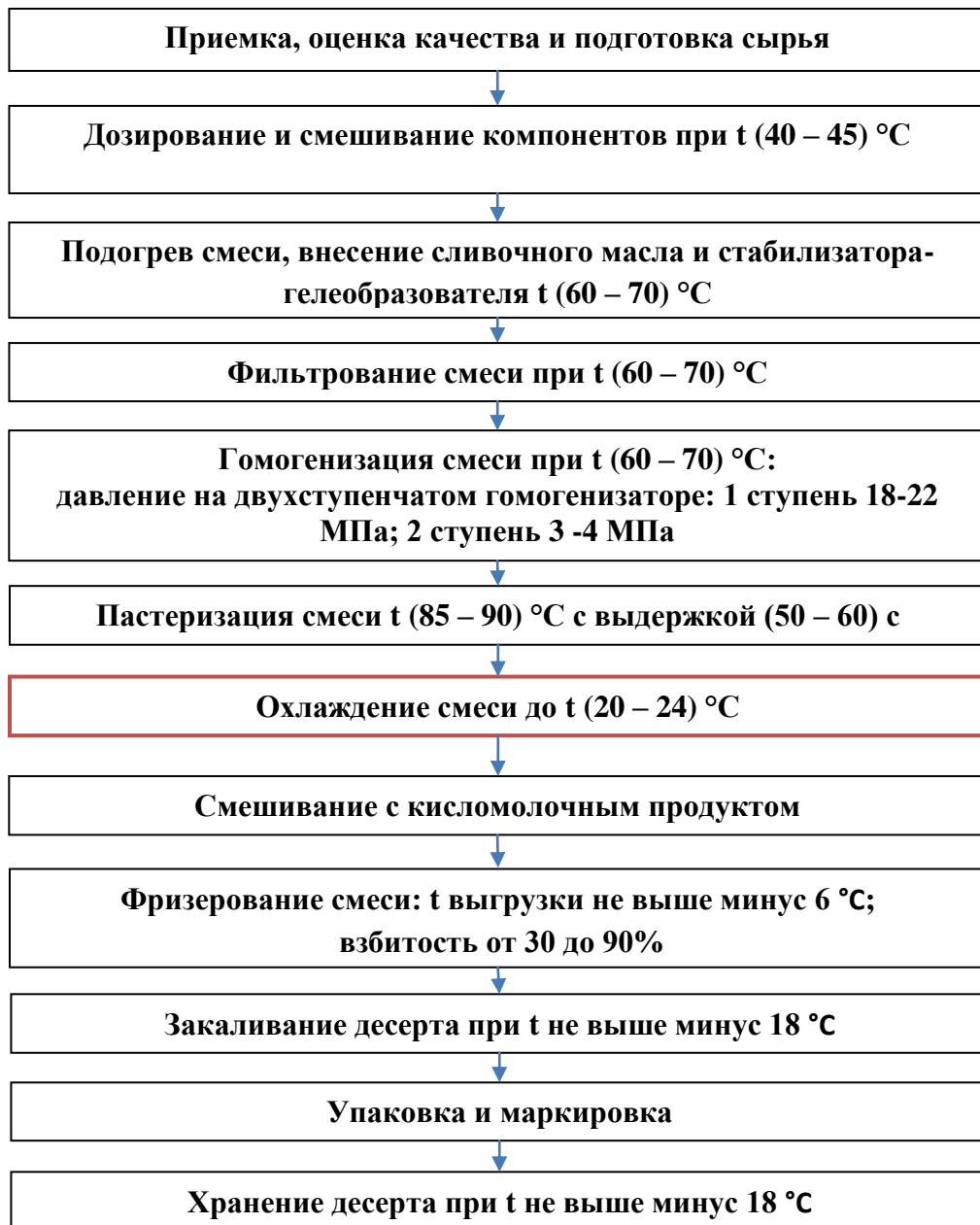


Рис. 3.31 Технологическая схема изготовления взбитых кисломолочных десертов с использованием готового кисломолочного продукта

При выборе продукта, потребитель уделяет внимание не только его качеству, но и стоимости. Соответственно для значительного числа потребителей продукция должна быть доступной по цене. Производство десертов предполагается на предприятиях отрасли мороженое, соответственно в себестоимости продукции будут изменяться в основном затраты на сырье. В таблице 3.30 представлены расчеты по стоимости сырья

для производства 1 т десертов без обогащения (№1), обогащенных пищевым волокном (№2) и обогащенных пищевым волокном и белком (№3).

Таблица 3.30 – Расчет стоимости компонентов на 1 т десерта

Используемые компоненты	кг на т			Цена за 1 кг, руб	Затраты на сырье, руб.		
	№1	№2	№3		№1	№2	№3
Молоко коровье цельное (жира 3,2%)	300,0	300,0	300,0	42,5	12750	12750	12750
Молоко коровье обезжиренное сухое (СОМО 95%)	90,3	90,3	90,3	253,3	22872,99	22872,99	22872,99
Масло сливочное (жира 72,5%)	21,3	21,3	21,3	444,6	9469,98	9469,98	9469,98
Сахароза	179,0	-	-	49,4	8842,6	-	-
Фруктоза	-	105,3	105,3	156,2	-	16447,86	16447,86
Мальтодекстрин	-	21,1	21,1	83,4	-	1759,74	1759,74
КСБ	-	-	35,7	1140,0	-	-	40698
Инулин	-	62,5	62,5	682,0	-	42625	42625
Желатин (180 Блум)	13,0	13,0	13,0	804,0	10452	10452	10452
Эмульгатор (Е 471)	3,0	3,0	3,0	290,6	871,8	871,8	871,8
Итого:					65259,4	117249,4	157947,4

В соответствии с данными, представленными в таблице, затраты на производство разновидностей десертов, содержащих пищевое волокно и пищевое волокно и КСБ выше, в 1,8 и 2,4 раза соответственно.

Затраты на компоненты для 1 порции десерта, обогащенного пищевым волокном или пищевым волокном и белком, массой 70 г составят 8,3 и 11,1 руб., учитывая, что это основная составляющая затрат на производство (около 50 %), очевидно, что этот продукт будет доступным для основной части потребителей.

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<sup>6</sup> КОЕ/г.

## 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 агара, 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  $4\pm 2$  °С.

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 и ТИ ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022). Новизна технических решений отражена в патенте № 2 788 710.



**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

КСБ – концентрат сывороточных белков;

ИНСБ – изолят нативных сывороточных белков;

КМБ – концентрат молочных белков;

ИМБ – изолят молочных белков;

СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток;

ВУС – влагоудерживающая способность;

ВСС – влагосвязывающая способность.

ТТГ – твердые триглицериды

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Микулович, Л.С. Советы специалиста. О продуктах питания/ Л.С. Микулович, В.В. Серегин.- Минск.:Вышэйшая школа.- 2009.- 240 с
2. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. Утв. Распоряжение Правительства 29 июня 2016 г. №1364-р.
3. ТР ТС 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции. Утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии №67. 10.07.2020. – 107 с
4. Savaiano D. A. Lactose digestion from yogurt: mechanism and relevance. *The American Journal of Clinical Nutrition*. – 2014. – Vol. 99, № 5. – P. 1251S–1255S.
5. Riboflavin-overproducing strains of *Lactobacillus fermentum* for riboflavin-enriched bread / P. Russo [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2014. – Vol. 98. – P. 3691–3700.
6. Functional Properties of Microorganisms in Fermented Foods / J.P. Tamang [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–13.
7. Nandkumar R. Quantitative profiling of bacteriocins present in dairy-free probiotic preparations of *Lactobacillus acidophilus* by nanoliquid chromatography-tandem mass spectrometry / R. Nandkumar, K. Talapatra // *Journal of Dairy Science*. – 2014. – Vol. 97, № 4. – P. 1999–2008.
8. Dave R. Characteristics of bacteriocin produced by *L. acidophilus* LA-1 / R. Dave, N.P. Shah // *International Dairy Journal*. – 1997. – Vol. 7, № 11. – P. 707–715.
9. Храпцов, А.Г. Научно - научно технические основы биотехнологии молочных продуктов нового поколения : учебное пособие - Ставрополь : СевКавГТУ, 2002. - 118 с.
10. Role of milk and dairy foods in nutrition and health // *Dairy Processing and Quality Assurance* / R.C. Chandan. – OX., 2016. – Vol. 18. – P. 428-466.

11. Dairy: fermented products // Food Processing: Principles and Applications / R.C. Chandan. – W.S., 2014. – Vol. 18. – P. 405-436.
12. Health benefits of yogurt // Health Benefits of Fermented Foods and Beverages / R.C. Chandan. – FL., 2015. – Vol.7. – P. 275-295.
13. Yogurt // Handbook of Animal Based Fermented Food and Beverage Technology / R.C. Chandan, K.R. Nauth. – FL., 2012. – Vol. 12. – P. 213-233.
14. Shah N. P. Yogurt in Health and Disease Prevention. – Amsterdam: Academic Press, 2017. – 572 p.
15. Benjamin C., Paul Finglas and Fidel Toldra Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition / C. Benjamin, F. Paul, T. Fidel. – 2nd edition. - Amsterdam: Academic Press, 2003. – 6000 p.
16. Ott A. Determination and Origin of the Aroma Impact Compounds of Yogurt Flavor / A. Ott, L.B. Fay, A. Chaintreau // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1997. – Vol. 45. – P. 850–858.
17. Gurkan H. Volatiles and sensory characteristics of yogurt manufactured by incorporating basil (*Ocimum basilicum* L.) / H. Gurkan, A.A. Hayaloglu // International Journal of Food Properties. – 2017. – Vol.20. – P. 779–789.
18. Evaluation of Volatile Compounds during the Fermentation Process of Yogurts by *Streptococcus thermophilus* Based on Odor Activity Value and Heat Map Analysis / Li Zhang [et al.] // International Journal of Analytical Chemistry. – 2020. – P. 1 – 10.
19. Cheng H. Volatile flavor compounds in yogurt: a review / Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2010. - Vol. 50, № 10. – P. 938–950.
20. Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review / C. Chen [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2017. – Vol. 20. – P. S316 - S330.
21. Routray W. Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review / W. Routray, H.N. Mishra // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2011. - Vol.10, № 4. – P. 208–220.

22. Processing of high-protein yoghurt – A review / C. Jørgensen [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2019. – Vol.88. – P. 42-59.
23. Temesgen M. Effect of Application of Stabilizers on Gelation and Syneresis in Yoghurt / *Food Science and Quality Management*. – 2015. – Vol. 37. – P. 90-102.
24. Dairy Chemistry and Biochemistry // Heat-Induced Changes in Milk / P.F. Fox [et al.]. – BT., 2015. – Vol. 9. - P.–345-375.
25. Yogurts with an increased protein content and physically modified starch: rheological, structural, oral digestion and sensory properties related to enhanced satiating capacity / P. Morell [ et al.] // *Food Research International*. – 2015. – Vol. 70. – P. 64–73.
26. Joyner S. Rheology of Semisolid Foods Food Engineering Series. – Cham: Springer, 2019. – 413 p.
27. Effects of Some Stabilizers on the Textural Properties of Yogurt / E. Macit [et al.] // *Alnteri Zirai Bilimler Dergisi*. – 2019. – Vol. 3, № 1. – P. 10 – 15.
28. Dried Fruit Matrices Incorporated with a Probiotic Strain of *Lactobacillus plantarum* / C. Ribeiro [et al.] // *International Journal of Food Studies*. – 2014. – Vol. 3. – P. 69–73.
29. *Lactobacillus plantarum* survival during the osmotic dehydration and storage of probiotic cut apple / K. Emser [et al.] // *Journal of Functional Foods*. – 2017. – Vol. 38. – P. 519–528.
30. Tsakalidou E., Papadimitriou K. Stress Responses of Lactic Acid Bacteria. – MA.:Springer, 2011. – 367 p.
31. Rousk J. Fungal and bacterial growth in soil with plant materials of diferent C/N ratios / J. Rousk, E. Baath // *FEMS Microbiology Letters*. – 2007. – Vol. 62. – P. 258–267.
32. Charalampopoulos D. Survival of human derived *Lactobacillus plantarum* in fermented cereal extracts during refrigerated storage / D. Charalampopoulos, S.S. Pandiella // *LWT - Food Science and Technology*. – 2010. – Vol. 43. – P. 431–435.

33. Effect of acidification on the activity of probiotics in yoghurt during cold storage / O.N. Donkor [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2006. – Vol. 16. – P. 1181–1189.
34. Yoon K.Y. Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria / K.Y. Yoon, E.E. Woodams, Y.D. Hang // *Bioresource Technology*. – 2006. – Vol. 97. – P. 1427–1430.
35. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2006. – 17 с.
36. ГОСТ Р 55516-2013 Технологии пищевых продуктов холодильные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. – 9 с.
37. Influence of Storage Temperature and Packaging on Bacteria and Yeast Viability in a Plant-Based Fermented Food / M. Cabello-Olmo [et al.] // *Foods*. – 2020. – Vol.9, № 3. – Article 302.
38. Fonseca F. Freeze-drying of lactic acid bacteria / F. Fonseca, S. Cenard, S. Passot // *Methods in molecular biology*. – 2015. – Vol.1257. – P. 477–488.
39. Storage stability of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* (La-5) in relation to water activity and presence of oxygen and ascorbate / F. Kurtmann [et al.] // *Cryobiology*. – 2009. – Vol. 58, № 2. – P. 175-180.
40. Storage Stability of Freeze-dried Starter Cultures (*Streptococcus thermophilus*) as Related to Physical State of Freezing Matrix / A.B. Andersen [et al.] // *Lwt - Food Science and Technology*. – 1999. – Vol. 32. – P. 540-547.
41. Snow flea antifreeze peptide for cryopreservation of lactic acid bacteria / X. Chen, [et al.] // *npj Science Food*. – 2022. – Vol. 6. – P. 1 – 10.
42. Kemsawasd, V. Effects of Frozen Storage on Viability of Probiotics and Antioxidant Capacities of Synbiotic Riceberry and Sesame-Riceberry Milk Ice Creams / V. Kemsawasd, P. Chaikham // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. – 2020. – Vol.8, № 1. – P. 107-121.

43. Relevant factors for the preparation of freeze-dried lactic acid bacteria / A.S. Carvalho [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2004. – Vol. 14. P. 835–847.
44. Рябцева, С. А. Мороженое как средство доставки *Lactobacillus acidophilus* / С. А. Рябцева, В. Р. Ахмедова, Г. С. Анисимов // *Техника и технология пищевых производств*. – 2018. – Т. 48, № 2. - С. 5–27.
45. Ice-cream as a probiotic food carrier / A.G. Gruz [et al.] // *Food Research International*. – 2009. – Vol. 42, № 9. P. 1233–1239.
46. Optimal combination of multiple cryoprotectants and freezing-thawing conditions for high lactobacilli survival rate during freezing and frozen storage / G. Wang [et al.] // *LWT*. – 2019. – Vol.99. – P. 217–223.
47. Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry / A. Ayar [et al.] // *International Journal of Dairy Technology*. – 2018. – Vol.71, №1. – P. 174–82.
48. The addition of inulin and lactobacillus casei 01 in sheep milk ice cream / C.F. Balthazar [et al.] // *Food Chemistry*. – 2018. – Vol. 246. – P. 464–472.
49. Сергеевич, А.Г. Влияние пребиотиков на выживаемость заквасочной микрофлоры кисломолочного мороженого в технологическом цикле / А.Г. Сергеевич, А.В. Кызы, Р.С. Андреевна // *Наука. Инновации. Технологии*. – 2014. - № 3. – С. 191 – 196.
50. Freezing for Food Preservation / K.S. Ojha [et al.] // *Reference Module in Food Sciences*. – 2016. – P. 1-9.
51. Tan, M. The Formation and Control of Ice Crystal and Its Impact on the Quality of Frozen Aquatic Products: A Review / M. Tan, J. Mei, J. Xie // *Crystals*. - 2021. – Vol. 11, № 1. - P. 1-17.
52. Pintor, A., Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology / A. Pintor, P. Severiano-Pérez, A. Totosaus // *Food science and technology international*. - 2014. – Vol. 20, № 7. - P. 489–500.

53. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products / D.B. Aime [et al.]// Food Research International. - 2001. - № 34. - P. 237-246.

54. Sofjan R.P. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream / R.P. Sofjan, R.W. Hartel // International Dairy Journal. – 2004. – Vol. 14. – P. 255-262.

55. Wilbey, R.A., & Cooke, T. (1998). Effects of solute concentration, overrun and storage on the hardness of ice cream / R.A. Wilbey, T. Cooke // Ice cream. Proceedings of the International Symposium held in Athens (Greece, 18-19 September 1997). – Brussels, 1998. – P. 186 – 187.

56. Modeling of the effect of freezer conditions on the hardness of ice cream using response surface methodology / K. Inoue [et al.] // Journal of dairy science. – 2009. – Vol. 92, № 12. – P. 5834 - 5842.

57. Ghaderi S. Qualitative analysis of the structural, thermal and rheological properties of a plant ice cream based on soy and sesame milks / S. Ghaderi, M. Mazaheri Tehrani, M.A. Hesarinejad // Food Science & Nutrition. - 2021. – Vol. 9. – P. 1289 - 1298.

58. Optimization of the new formulation of ice cream with native Iranian seed gums (*Lepidium perfoliatum* and *Lepidium sativum*) using response surface methodology (RSM) / M. Azari-Anpar [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 54. – P. 196-208.

59. Innovation in the Italian ice cream production: effect of different phospholipid emulsifiers / M. Rinaldi [et al.] // Dairy Science & Technology. 2014. – Vol.94. – P. 33-49.

60. Muse, M. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness / M. Muse, R.W. Hartel //Journal of dairy science. – 2004. – Vol. 87, № 1. – P. 1-10.

61. Mullan, M. Controlling the hardness of ice cream, gelato and similar frozen desserts [Electronic resource] / M. Mullan // Food Science and Technology. – 2019. – Режим доступа: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com>. – Загл. с экрана.

62. Texture evaluation of whey protein concentrate incorporated ice cream by Back Extrusion technique / H.M. El-Zeini [et al.]//International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. – 2018. – Vol. 3, № 1. – P. 6-13.
63. Optimisation of yogurt mousse dairy protein levels: a rheological, sensory, and microstructural study / A.M. Gomez-Betancur [et al.] // International Food Research Journal. – 2020. – Vol.27, №6. – P. 1076-1086.
64. Garden-Robinson, J. Food Freezing Basics: Freezing Dairy Products, Eggs and Other Foods // NDSu Extension Circular. - 2022. – URL:<https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/publications/food-freezing-basics-freezing-dairy-products-eggs-and-other-foods>
65. Approaches to minimise yoghurt syneresis in simulated tzatziki sauce preparation / P. Vareltzis [et al.] // International Journal of Dairy Technology. – 2016. – Vol. 69. – P. 191-199.
66. Lee W.J. Formation and physical properties of yogurt / W.J. Lee, J.A. Lucey // Asian-australasian Journal of Animal Sciences. – 2010. – Vol. 23. – P. 1127-1136.
67. Compositional and physical properties of yogurts manufactured from milk and whey cheese concentrated by ultrafiltration / R.B. Magenis [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2006. – Vol. 41. – P. 560–568.
68. Creation and characterisation of aerated food products / G.M. Campbell [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 1999. – Vol. 10. – P. 283-296.
69. Campbell G. M. Bubbles in Food 2: Novelty, health and luxury. – MI.: Eagan Press, 2008. – 464 p.
70. Zúñiga R.N. Aerated food gels. Fabrication and potential applications / R.N. Zúñiga, J.M. Aguilera // Trends in Food Science & Technology. – 2008. – Vol. 19, № 4. – P. 176–187.



71. Rolls B.J. Increasing the volume of a food by incorporating air affects satiety in men / B.J. Rolls, E.A. Bell, B.A. Waugh // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 2000. – Vol. 72, № 2. – P. 361–368.

72. Osterholt K.M. Incorporation of air into a snack food reduces energy intake / K.M. Osterholt, L.S. Roe, B.J. Rolls // *Appetite*. – 2007. – Vol. 48, № 3. – P. 351–358.

73. Bell E.A. Sensory-specific satiety is affected by volume than by energy content of a liquid food / E.A. Bell, L.S. Roe, B.J. Rolls // *Physiology & Behavior*. – 2003. – Vol. 78, № 4–5. – P. 593–600.

74. Characterization of ice cream structure by direct optical microscopy. Influence of freezing parameters / A. Caillet [et al.] // *LWT - Food Science and Technology*. – 2003. – Vol.36. – P. 743–749.

75. Hagiwara T. Effect of sweetener, stabilizer and storage temperature on ice recrystallization in ice cream / T. Hagiwara, R.W. Hartel // *Journal of Dairy Science*. – 1996. – Vol.79. – P. 735–744.

76. Warren M.M. Structural, compositional, and sensorial properties of United States commercial ice cream products / M. M. Warren, R. W. Hartel // *Journal of Food Science*. - 2014. – Vol. 79. – P. 2005–2013.

77. Eisner M.D. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix / M.D. Eisner, H. Wildmoser, E.J. Windhab // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2005. – Vol. 263. – P. 390-399.

78. Revealing the microstructural stability of a three-phase soft solid (ice cream) by 4D synchrotron X-ray tomography / E. Guo [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2018. – Vol. 234. – P. 204-214.

79. Rodriguez Patino J.M. Implications of interfacial characteristics of food foaming agents in foam formulations / J.M. Rodriguez Patino, C. Carrera Sanchez, M.R. Rodriguez Nino // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2008. – Vol. 140, №2. – P. 95–113.

80. Damodaran S. Protein stabilization of emulsions and foams // *Journal of Food Science*. – 2005. – Vol. 70. – P. 54–66.

81. Ettelaie R. Computer simulation and modeling of food colloids // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. – 2003. – Vol. 8, № 4–5. – P. 415–421.
82. Foaming and air-water interfacial characteristics of solutions containing both gluten hydrolysate and egg white protein / A.G.B. Wouters [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2018. – Vol. 77. – P. 176–186.
83. Salem S.A. Effect of Partial Fat Replacement by Whey Protein, Oat, Wheat Germ and Modified Starch on Sensory Properties, Viscosity and Antioxidant Activity of Reduced Fat Ice Cream / S.A. Salem, E.M. Hamad, I.S. Ashoush // *Food and Nutrition Sciences*. – 2016. – Vol. 7. – P. 397-404.
84. Ruger P.R. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream / P.R. Ruger, R.J. Baer, K.M. Kasperson // *Journal of dairy science*. – 2002. – Vol. 85, № 7. – P. 1684-1692.
85. The Role of Fats in Milk and Dairy Products in Nutrition and Health from Infancy to Adulthood // *Dairy in Human Health and Disease Across the Lifespan* / C. Galli, P. Risé. – USA, 2017. – Vol.4. – P. 57–72.
86. Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and spirulina / A.A. Atallah [et al.] // *International Journal of Food Properties*. - 2020. – Vol. 23. - P. 1678 - 1691.
87. Li X. Egg white protein microgels as aqueous Pickering foam stabilizers: Bubble stability and interfacial properties / X. Li, B.S. Murray // *Food Hydrocolloids*. – 2020. – Vol.98. – Article 105292.
88. Zúñiga R.N. Structure–fracture relationships in gas-filled gelatin gels / R.N. Zúñiga, J.M. Aguilera // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Vol. 23, № 5. – P. 1351–1357.
89. Zúñiga R.N. Ultrasonic generation of aerated gelatin gels stabilized by whey protein b-lactoglobulin / R.N. Zúñiga, U. Kulozik, J.M. Aguilera // *Food Hydrocolloids*. – 2011. – Vol. 25, № 5. – P. 958–967.

90. Dickinson E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems // *Food Hydrocolloids*. – 2003. – Vol. 17, № 1. – P. 25–39.
91. Davis J.P. Foaming and interfacial properties of polymerized whey protein isolate / J.P. Davis, E.A. Foegeding // *Journal of Food Science*. – 2004. – Vol. 69, № 5. – P. 404–410.
92. Dalen G.V. Determination of bubbles in foods by X-ray microtomography and image analysis / SkyScan micro-CT user meeting (April 2009). – 2009. – P. 15-23.
93. Гофф, Г.Д. Мороженое/ Г.Д. Гофф, Р.У. Гартел. – 7-е изд., перераб. и доп., пер. с англ. под науч. ред. д-ра техн. наук А.А. Твороговой.- Спб.: Профессия. – 2016. – 540 с.
94. Sung K.K. Effect of solid fat content on structure in ice creams containing palm kernel oil and high-oleic sunflower oil / K.K. Sung, H.D. Goff // *Journal of food science*. – 2010. – Vol. 75, № 3. – P. 274-283.
95. Elucidating the relationship between the spreading coefficient, surface-mediated partial coalescence and the whipping time of artificial cream / N.E. Hotrum [et al.] // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2005. – Vol.260. – P. 71-78.
96. Orrego M. Aerated whey protein gels as new food matrices: Effect of thermal treatment over microstructure and textural properties / M. Orrego, E. Troncoso, R.N. Zúñiga // *Journal of Food Engineering*. – 2015. – Vol. 163. – P. 37-44.
97. Whey protein particles modulate mechanical properties of gels at high protein concentration / D. Saglam [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – Vol. 38. – P. 163–171.
98. Chang Y. Development of air cells in a batch ice cream freezer / Y. Chang, R.W. Hartel // *Journal of Food Engineering*. – 2002. – Vol. 55. – P. 71–78.

99. The effect of low molecular weight surfactants and proteins on surface stickiness of sucrose during powder formation through spray drying / B. Adhikari [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2009. – Vol.94, №2. – P. 135-143.

100. Bos M.A. Interfacial rheological properties of adsorbed protein layers and surfactants a review / M.A. Bos, T.V. Vliet // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2001. – Vol.97. – P. 437 – 471.

101. Valadbaigi P. Generation of ultra-stable Pickering microbubbles via poly alkylcyanoacrylates / P. Valadbaigi [et al.] // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2019. – Vol.536. – P. 618–627.

102. Wildmoser H. Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream / H. Wildmoser, J. Scheiwiller, E.J. Windhab // *LWT - Food Science and Technology*. – 2004. – Vol.37. – P. 881-891.

103. Güven M. Effect of Using Different Kinds and Ratios of Vegetable Oils on Ice Cream Quality Characteristics / M. Güven, M.A. Kalender, T. Taşpinar // *Foods*. – 2018. – Vol. 7, №7.

104. Kemenady E. Palm Oil in Gelato for Better Melting and Mouthfeel Properties / E. Kemenady, M.E. Pramudita, M.A. Prabawa // *International Journal of Oil Palm*. – 2019. – Vol.2, № 2.

105. Nadeem M. Effect of incorporating rape seed oil on quality of ice cream / M. Nadeem, M. Abdullah, M.Y. Ellahi // *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. – 2010. – Vol. 3. – P. 121-126.

106. O'brien R.D. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*. – Third edition. - Boca Raton: CRC Press, 2008. – 680 p.

107. Творогова А.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование формирования и стабилизации структуры мороженого: диссертация доктора технических наук. – Москва. - 2006. – 352 с.

108. Effect of Cow's Milk on Human Health // *Beverages in nutrition and health* / L.D McBean, G.D Miller, R.P. Heaney. – NJ., 2004. – Vol. 5. – P. 205-223.

109. Dietary whey protein inhibits the development of dimethylhydrazine induced malignancy / G. Bounous [et al.] // *Clinical and investigative medicine*. – 1988. – Vol.11. – P. 213–7.

110. Brück W. A two-stage continuous culture system to study the effect of supplemental  $\alpha$ -lactalbumin and glycomacropeptide on mixed cultures of human gut bacteria challenged with enteropathogenic *Escherichia coli* and *Salmonella* serotype Typhimurium / W. Brück, G. Graverholt, G. Gibson // *Journal of Applied Microbiology*. – 2003. – Vol.95. – P. 44–53.

111. Health-Related Aspects of Milk Proteins / S. Davoodi [et al.] // *Iranian journal of pharmaceutical research*. – 2016. – Vol. 15, № 3. – P. 573–591.

112. Inhibition of hydroxyapatite dissolution by whole casein: the effects of pH, protein concentration, calcium, and ionic strength / M.E. Barbour [et al.] // *European Journal of Oral Sciences*. – 2008. – Vol.116. – P. 473–8.

113. Meinertz H. Soy protein and casein in cholesterol-enriched diets: effects on plasma lipoproteins in normolipidemic subjects / H. Meinertz, K. Nilausen, O. Faergeman // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 1989. – Vol. 50. – P. 786–93.

114. Герасимова, В. А. Использование подслащающих веществ в производстве пищевых продуктов / В.А. Герасимова, Е.С. Белокурова // *Технико-технологические проблемы сервиса*. - 2010. – Т. 2, № 12. - С. 53 – 57.

115. Polyols // *Optimising sweet taste in foods* / M. Embuscado. – Cambridge, 2006. – Vol. 8. - P. 153-174.

116. Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. / A.P. Whelan [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2008. – Vol. 43, № 9. – P. 1520–1527.

117. The Effect of Artificial Sweeteners Use on Sweet Taste Perception and Weight Loss Efficacy: A Review / K. Wilk [et al.] // *Nutrients*. – 2022. – Vol. 14. – Article 1261.

118. Резниченко, И. Ю. Сахарозаменители и подсластители в технологии кондитерских изделий / И. Ю. Резниченко, М. С. Щеглов //

Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 4. – С. 576–587.

119. Новые виды сахаросодержащего сырья для производства пищевой продукции / Е. И. Кузьмина [и др.] // Пищевые системыю – 2022. – Т. 5, № 2. – С. 145-156.

120. Absolute quantitation of stevioside and rebaudioside A in commercial standards by quantitative NMR / A. Tada [et al.] // Chemical & pharmaceutical bulletin. – 2013. – Vol. 61, № 1. – P. 33-41.

121. Non-nutritive sweeteners: no class effect on the glycemic or appetite responses to ingested glucose / С.Е. Bryant [et al.] // European journal of clinical nutrition. – 2014. – Vol. 68. – P. 629 - 631.

122. ГОСТ 32929-2014 Мороженое кисломолочное. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с.

123. Творогова, А. А. Применение продуктов переработки крахмала для восполнения сухих веществ в мороженом с низким содержанием жира / А.А. Творогова, Н.В. Казакова, А.В. Ландиховская // Достижения науки и техники АПК. - 2020. - Т. 34, № 5. - С. 77–81.

124. Владимировна, Н.Н. Исследование физико-химических свойств замороженных десертов специального назначения / Н.Н. Владимировна, П.Н. Михайловна // Вестник МАХ. – 2015. - № 2. – С. 28 – 31.

125. Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate / S. Roy [et al.] // Applied Food Research. – 2021. – Vol. 2, № 1.

126. Flaxseed Soluble Dietary Fibre Enhances Lactic Acid Bacterial Survival and Growth in Kefir and Possesses High Antioxidant Capacity/ M. Hadinezhad [et al.] // Journal of Field Robotics. – 2013. – Vol. 2. – P. 152-163.

127. Özer, D. Effect of Inulin and Lactulose on Survival of Lactobacillus AcidophilusLA-5 and Bifidobacterium Bifidum BB-02 in Acidophilus-Bifidus Yoghurt / D. Özer, S. Akin, B. Özer // Food Science and Technology Internation. – 2005. – Vol. 11. – P. 19 - 24.

128. Wiedmann M. Synergistic sweeteners / M. Wiedmann, M. Jager// *Food Ingredients and Analysis International*. - 1997.- № 11-12.- p. 51-56.
129. Inulin // *Biopolymers* / A. Frippiat, L. De Leenheer. – Germany, 2002. – Vol. 6. – P. 439-479.
130. ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. Утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии N 58. 20.07.2012. – 308 с
131. Творогова, А.А. Научно-практические рекомендации по стабилизации структуры мороженого. - Москва: Россельхозакадемия, 2003. - 46 с.
132. Application of inulin and mucilage as stabilizer in yoghurt / E.A. Maha [et al.] // *American Journal of Food Technology*. – 2011. – Vol. 6, № 1. – P. 31-39.
133. Rahim, N.A. Acacia honey lime ice cream: physicochemical and sensory characterization as effected by different hydrocolloids / N.A. Rahim, N.M. Sarbon // *International food research journal*. – 2019. – Vol. 26, № 3. – P. 883-891.
134. Ström A. Rheological characterization of acid pectin samples in the absence and presence of monovalentions / A. Ström, E. Schuster, S.M. Goh // *Carbohydrate Polymers*. – 2014. – Vol. 113. – P. 336-343.
135. Rahmawati D. Extraction and characterization of gelatin from skin trimming pickled waste of tannery // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Indonesia, 9-10 October 2018)*. – Bandung, 2019. – 9 p.
136. Extraction of Agar and Alginate from Marine Seaweeds in Red Sea Region / K. Surender Reddy [et al.] // *Int. J. Marine. Biol. Res.* – 2018. – Vol. 3, № 2. – P. 1-8.
137. Extraction, Characterization, and Applications of Pectins from Plant By-Products / A. Belkheiri [et al.] // *Applied Sciences*. – 2021. – Vol. 11. - Article 6596.

138. Production of carrageenan by different strains of *kappaphycus alvarezii* cultivated in serang, Indonesia / A. Zakaria [et al.] // *IJUM Engineering Journal*. – 2019. – Vol. 20, № 2. – P. 12–21.

139. Tailoring Cod Gelatin Structure and Physical Properties with Acid and Alkaline Extraction / S.R. Derkach [et al.] // *Polymer*. – 2019. – Vol. 11. – Article 1724.

140. Аймесон, А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи. - СПб.:Профессия.- 2012.- 408 с.

141. Gad A.S. Effect of hydrocolloid type on physiochemical properties of nonfat drinkable yogurt fermented with ropy and non-ropy yogurt cultures / A.S. Gad, S.H. Mohamad // *Comunicata Scientiae*. – 2014. – Vol.5, №3. – P. 318 – 325.

142. Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins / Z. Pang [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2013. – Vol. 35. – P. 484-493.

143. Effect of addition of gelatin on the rheological and microstructural properties of acid milk protein gels / Z. Pang [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2015. – Vol. 43. – P. 340-351.

144. Effect of extraction parameters on the chemical structure and gel properties of kappa/iota- hybrid carrageenans obtained from *Mastocarpus stellatus* / L. Hilliou, [et al.] // *Biomolecular Engineering*. – 2006. – Vol.23. – P. 201-208.

145. Ninghidayati S. Production of carrageenan from seaweed (*Eucheuma cottoni*) with KOH treatment // *International seminar on fundamental and application of chemical engineering (Indonesia, 1-2 November 2016)*. – Surabaya, 2017. – 7 p.

146. Harris P. *Food Gels*. – NE.:Springer, 1990. – 486 p.

147. Hilliou, L. Structure–Elastic Properties Relationships in Gelling Carrageenans / L. Hilliou // *Polymers*. – 2021. – Vol. 13. - Article 4120.

148. Small and large deformation rheology and microstructure of  $\kappa$ -carrageenan gels containing commercial milk protein products / Y. Hemar [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2002. – Vol. 12. – P. 371-381.



149. Alistair M.S., Glyn O.P., Peter A.W. Food Polysaccharides and Their Applications. – FL.: CRC/Taylor & Francis Group, 2006. – 748 p.
150. Factors affecting yield and gelling properties of agar / W. Lee [et al.] // Journal of Applied Phycology. – 2017. – Vol. 29, № 3. – P. 1527 – 1540.
151. Sriamornsak P. Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses: A Review. – 2003. – Vol.3, №1-2. - P. 206-228.
152. The role of sucrose concentration in self-assembly kinetics of high methoxyl pectin / D. Giacomazza [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2018. – Vol. 122. – P. 1183–1190.
153. Pectin from Husk Tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at different extraction conditions / B.E. Morales-Contreras [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2018. – Vol. 179. – P. 282–289.
154. Энциклопедия «Пищевые технологии». Том 16 «Технологии холодильной обработки и хранения пищевой продукции», книга 2.- ООО «ИД «Углич»», 2019.- 298 с.
155. Mellinas C. Recent Trends in the Use of Pectin from Agro-Waste Residues as a Natural-Based Biopolymer for Food Packaging Applications / C. Mellinas [et al.] // Materials. – 2020. – Vol. 13, № 3. – P. 1-17.
156. Fermentative capacity of three stains of *Lactobacillus* using different sources of carbohydrates: In vitro evaluation of symbiotic effects, resistance and tolerance to bile and gastric juices / D. Pak [et al.] // Journal of Food Research. – 2013. – Vol. 2. – P. 158–167.
157. Kumar P. Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties / P. Kumar, H. N. Mishra // Food Chemistry. – 2004. – Vol.87, №4. – P. 501–507.
158. Arioui F. Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of *Citrus sinensis* / F. Arioui, D. Ait Saada, A. Cheriguene // Food Science & Nutrition. – 2017. – Vol. 5. – P. 358 - 364.

159. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate / A. S. Akalin [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2012. – Vol. 95, № 7. – P. 3617–3628.

160. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос, 2002. – 390 с.

161. Gawkowska D. Structure-Related Gelling of Pectins and Linking with Other Natural Compounds: A Review / D. Gawkowska, J. Cybulska, A. Zdunek // *Polymers*. – 2018. - Vol 10, № 7.

162. Arioui F. Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of *Citrus sinensis* / F. Arioui, D. Ait Saada, A. Cheriguene // *Food Science & Nutrition*. – 2017. – Vol. 5. – P. 358 - 364.

163. Ayudiarti D.L. The Effect of Different Types and Gelatin Concentrations on Ice Cream Quality // *The 3rd International Symposium on Marine and Fisheries Research (Indonesia, 8-9 July 2019)*. – Yogyakarta, 2020. – 8 p.

164. Pectin from Citrus Canning Wastewater as Potential Fat Replacer in Ice Cream / H. Zhang [et al.] // *Molecules*. – 2018. – Vol.23, № 4. – Article 925.

165. Kemsawasd, V. Effects of frozen storage on viability of probiotics and antioxidant capacities of synbiotic riceberry and sesame-riceberry milk ice creams / V. Kemsawasd, P. Chaikham // *Current Research in Nutrition and Food Science*. – 2020. – Vol. 8, № 1. – P. 107–121.

166. Goff, H.D. A study of fat and air structures in ice cream / H.D. Goff, E. Verespej, A.K. Smith // *International Dairy Journal*. - 1999. – Vol. 9, № 11. - P. 817-829.

167. Muse, M. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness / M. Muse, R.W. Hartel // *Journal of dairy science*. - 2004. Vol. 87, № 1. - P. 1-10.

168. Increasing the protein content of ice cream / M.R. Patel [et al.] // *Journal of dairy science*. – 2006. – Vol. 89, № 5. – P. 1400-1406.

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ ИМ. В.М. ГОРБАТОВА» РАН**

ОКПД 2 10.52.10.130

Группа Н17  
(ОКС 67.100.40)УТВЕРЖДАЮ  
Врио директора ВНИХИ –  
филиал ФГБНУ«ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН

А.Г. Белозеров



**ДЕСЕРТЫ ВЗБИТЫЕ ЗАМОРОЖЕННЫЕ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ  
ОБОГАЩЕННЫЕ**

**Технические условия  
ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022  
(вводятся впервые)**

Дата введения в действие 26.12.2022

РАЗРАБОТАНО

ВНИХИ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых  
систем им. В.М. Горбатова» РАН

Зам. директора по научной работе

Мивер А.А. Творогова

Москва  
2022

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ ИМ. В.М. ГОРБАТОВА» РАН**

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора ВНИХИ –  
филиал ФГБНУ

«ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН

\_\_\_\_\_ А.Г. Белозеров



**ДЕСЕРТЫ ВЗБИТЫЕ ЗАМОРОЖЕННЫЕ КИСЛОМОЛОЧНЫЕ  
ОБОГАЩЕННЫЕ**

**Технологическая инструкция  
ТИ ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022  
(вводятся впервые)**

Дата введения в действие 26.12.2022

РАЗРАБОТАНО

ВНИХИ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых  
систем им. В.М. Горбатова» РАН

Зам. директора по научной работе

\_\_\_\_\_ Творогова А.А. Творогова

Старший научный сотрудник лаборатории  
технологии мороженого

\_\_\_\_\_ Казакова И.В. Казакова

Младший научный сотрудник лаборатории  
технологии мороженого

\_\_\_\_\_ Гурский И.А. Гурский

Москва  
2022

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

**№ 2788710**

**Композиционный состав размороженного  
кисломолочного мусса без добавленной сахарозы**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный научный центр  
пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН (RU)*

Авторы: *Творогова Антонина Анатольевна (RU), Гурский  
Игорь Алексеевич (RU), Шобанова Татьяна  
Владимировна (RU), Ландиховская Анна Валентиновна  
(RU), Казакова Наталья Владимировна (RU)*

Заявка № **2022100207**

Приоритет изобретения **11 января 2022 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **24 января 2023 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **11 января 2042 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Ю.С. Зубов*





УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО

«Серебряный снег»

Л.А. Гибадуллина

Акт

внедрения результатов научных исследований в производство

г. Уфа, ул. Трамвайная, д.19,

ООО «Серебряный снег»

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог ООО «Серебряный снег» Крицкая О.В., зам. директора по научной работе ВНИКИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН Творогова А.А. и аспирант ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН Гурский И.А., составили настоящий акт о том, что в мае 2023 г. внедрили в производственных условиях ООО «Серебряный снег» технологию взбитых кисломолочных десертов.

Взбитые кисломолочные десерты изготавливали в соответствии с ТУ и ТИ ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022. В результате проверки установлена возможность производства этого вида продукции в промышленных условиях.

Главный технолог  
ООО «Серебряный снег»

/О.В. Крицкая/

Зам. директора по научной работе  
ВНИКИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ  
пищевых систем им. В.М. Горбатова»  
РАН

/А.А. Творогова/

Аспирант ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН

/И.А. Гурский/

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
«ВСМ Арктикум»*Лавров В.Г.* Лавров В.Г.

## АКТ

внедрения результатов научных исследований в производство

Московская обл, г. Видное,  
п. Развилка, ул. 1-ый Квартал,  
влад. 10, этаж/пом. 4/15

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог ООО «ВСМ Арктикум» Голубева О.Б, зам. директора по научной работе ВНИХИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН Творогова А.А. и аспирант ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН Гурский И.А., составили настоящий акт о том, что в мае 2023 г. внедрили в производственных условиях ООО «ВСМ Арктикум» технологию взбитых кисломолочных десертов.

Взбитые кисломолочные десерты изготавливали в соответствии с ТУ и ТИ ТУ 10.52.10 – 030 – 19811926 – 2022. Реализация продукции предполагается в торговой сети «ВкусВилл».

Главный технолог  
ООО «ВСМ Арктикум»

*Голубева*

/О.Б. Голубева/

Зам. директора по научной работе  
ВНИХИ – филиала ФГБНУ «ФНЦ  
пищевых систем им. В.М. Горбатова»  
РАН

*Творогова*

/А.А. Творогова/

Аспирант ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН

*Гурский*

/И.А. Гурский/