На правах рукописи

**РУБАН НАТАЛЬЯ ВИКТОРОВНА**

# Разработка технологии кондитерских кремов на основе белок-полисахаридных смесей и сахарозаменителей

Специальность: 05.18.01 - Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства

**АВТОРЕФЕРАТ**

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

**Москва – 2015**

Работа выполнена на кафедре «Высокотехнологичные производства пищевых продуктов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств»

**Научный руководитель:** **Васькина Валентина Андреевна**
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Магомедов Газибег Омарович**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», заведующий кафедрой

**Корячкина Светлана Яковлевна**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», заведующая кафедрой

**Ведущая организация** ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности»

Защита состоится «___»_____2015 года в____ часов на заседании Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.148.03 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д.11, ауд. 302 корп. А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств»

С авторефератом можно ознакомиться на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (http://vak.ed.gov.ru/) и ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» (http://www.mgupp.ru).

Автореферат разослан «____» _____2015 г.

Ученый секретарь совета

Д 212.148.03, к.т.н., доц. И.Г. Белявская

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Кондитерские изделия занимают все более значимое место в структуре питания населения нашей страны. Это меняет традиционное отношение к этим продуктам, и в частности, к пищевой ценности кондитерских изделий. В качестве начинок и отделочных полуфабрикатов для конфет, тортов и пирожных используются кондитерские кремы, характеризующиеся высоким содержанием сахара более 50% и жира до 35%, небольшим количеством белка, пищевых волокон и микронутриентов, что придает изделию высокую калорийность.

Большое внимание уделяется вопросам снижения калорийности кондитерских изделий, а также разрабатываются способы обогащения их пищевыми волокнами, белками, витаминами и микронутриентами.

Несмотря на активный интерес к данной тематике, проблемы совершенствования технологии кондитерских кремов остаются нерешенными. Масляные кремы «Шарлотт» и «Гляссе» представляют собой сложную эмульсионно-пенной систему, в которой дисперсной фазой являются пузырьки воздуха и капельки жира, а дисперсионной средой – сахаро-молочно-яичный сироп. На качество крема основное влияние оказывает сироп и условия его термообработки. Белки молочных и яичных продуктов являются основными структурообразующими компонентами крема. Белки формируют границу раздела фаз и образуют оболочки на пузырьках воздуха и капельках жира в структуре крема. Термообработка сиропа является одной из наиболее критических операций, на которой возможна температурная деградация белков яйца, что снижает качество крема – повышается его плотность, влажность и нарушается структура. Проведение термообработки в мягких режимах и длительное охлаждение сиропа приводят к возможности загрязнения патогенными микроорганизмами, что также понижает качество крема и представляет опасность для здоровья.

**Степень разработанности темы.** Разработкой и совершенствованием технологии кондитерских изделий для здорового питания занимались такие известные ученые как Г.А. Маршалкин, А.П. Нечаев, З.Г. Скобельская, Л.М. Аксёнова, Г.Г. Дубцов, В.А. Васькина, В.В. Колпакова, Т.В. Савенкова, А.А. Кочеткова, Г.О. Магомедов, С.Я. Корячкина, И.В. Матвеева, А.Е. Туманова, Т.Б. Цыганова и другие. Исследования, направленные на применение белок-полисахаридных смесей для обогащения кондитерских изделий пищевыми волокнами мало известны. Поэтому актуальным является исследование возможности использования сахарозаменителей и белок-полисахаридных смесей (БПС) в рецептуре кремов для кондитерских изделий. В составе БПС применяли казеинат натрия, альгинат натрия, ксантановую камедь, карбоксиметилцелюлозу и пектин. В качестве сахарозаменителей использовали изомальт, сорбитол, эритритол.

**Цель и задачи исследования.** Цель настоящей работы состояла в разработке технологии масляных кремов с использованием БПС и сахарозаменителей, обеспечивающих повышение качества, увеличение

сроков годности и снижение себестоимости продукта. Достижение этой цели позволит сделать кремы более привлекательными для потребителя и приблизить их к категории продуктов здорового питания. Для реализации поставленной цели решали следующие задачи:

- исследовали процесс получения кондитерских масс пенной структуры на основе БПС;
- изучили кинетику процесса термообработки сиропа для крема на основе БПС и сахарозаменителей;
- разрабатывали технологию крема с БПС и исследовали его физические свойства;
- исследовали влияние БПС и сахарозаменителей на срок годности крема;
- разрабатывали проект нормативной документации для производства крема типа «Шарлотт» и провели опытно-промышленную апробацию результатов исследования.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Научное обоснование возможности использования белок-полисахаридных смесей (БПС) взамен яичных и молочных белков в технологии крема.
2. Определение оптимального состава БПС и сахарозаменителей для стабилизации эмульсионно-пенной структуры крема и для управления процессами термообработки сиропов с целью повышения микробиологической чистоты продукта.
3. Положительные результаты сравнения традиционной и новой технологии крема по физико-химическим параметрам (включая микроструктуру и реологию), органолептическим свойствам, микробиологическим показателям, калорийности и срокам хранения.

**Научная новизна**. Научно обоснована и экспериментально подтверждена возможность использования БПС и сахарозаменителей в производстве кондитерских кремов для обогащения пищевыми волокнами и снижения калорийности.

Установлено, что пенообразующая способность и продолжительность сбивания раствора казеината натрия зависит от различных соотношений полисахаридов: альгината натрия, ксантановой камеди, карбоксиметилцелюлозы и пектина. Установлено, что происходит синергетический эффект при введении в раствор казеината натрия и смеси этих полисахаридов. Выявлено, что введение БПС повышает термостойкость сиропов, сокращает продолжительность их охлаждения и увеличивает микробиологическую стабильность крема.

Показано, что введение БПС и сахарозаменителей в кремы способствует снижению плотности, изменяет их микроструктуру и реологические свойства.

**Практическая значимость.** На основании проведенных исследований разработаны рецептуры и технологии масляных кремов с использованием

БПС и сахарозаменителей, что позволит улучшить качество тортов и пирожных, обогатить их пищевыми волокнами, снизить их энергетическую ценность и увеличить сроки годности.

Применение разработанной рецептуры и технологии кондитерского крема позволит расширить сырьевую базу для производства мучных кондитерских изделий и снизить себестоимость продукта.

Разработаны технические решения «Способ производства крема типа «Шарлотт», новизна которого защищена патентом РФ на изобретение Пат. RU 2559943 C1; приоритет от 28 мая 2014 и положительное решение по заявке №2014135222/13 на изобретение «Способ производства крема типа Гляссе», приоритет от 29 августа 2014 года.

Разработана техническая документация на масляный крем с БПС (проекты ТУ, ТИ, РЦ). По результатам проведена промышленная апробация технологии в условиях ЗАО «ПЕКО» в городе Москва.

Анализ конкурентоспособности и расчет экономической эффективности от внедрения нового вида кондитерского крема с БПС и сахарозаменителями показал, что прибыль от производства поднимется на 2,5% по сравнению со стандартным ассортиментом и подтвердит конкурентоспособность продукта в условиях современного рынка кондитерских изделий.

**Апробация работы**. Результаты исследований были доложены на 1-ой Международной научно-практической конференции - выставке (Москва, МГУПП, 2012), VIII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», (Могилев: УО «МГУП», 2012), Научно-практической конференции - выставке «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины» (Москва, МГУПП, 2013); VI Международном хлебопекарном форуме (Москва, МПА, 2013): IX Международной конференции «Торты, вафли, печенье, пряники» (Москва, МПА, 2014); IX Международной конференции «Торты, вафли, печенье, пряники» (Москва, МПА, 2014); IV Республиканском научно-практическом семинаре «Перспективы развития кондитерской промышленности» (Могилев, УО «МГУП», 2014); X Международной юбилейной конференции «Кондитерские изделия XXI века» (Москва, МПА, 2015); Научно-практической конференции с международным участием «Формирование конкурентного потенциала хлебопекарных предприятий в условиях экономических вызовов». Диплом ( Москва, ФГБНУ НИИХП, 2015)

Разработки экспонировались на выставках: 1-я Международная научно-практической конференция – выставка - Презентация кондитерского изделия «Торт для здорового питания», получен Диплом первой степени (Москва, МГУПП, 2012); 19-я Международная специализированная выставка для хлебопекарного и кондитерского рынка «MODERN BAKERY» MOSKOW (Москва, 2013, Экспоцентр)

**Публикации**. По результатам выполненных исследований опубликовано 18 работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК и патенты РФ, которые отражают основное содержание диссертационной работы.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, пяти глав, выводов, списка использованных источников (200 наименований, в том числе 104 зарубежных) и приложений. Основной текст диссертации изложен на 145 страницах машинописного текста, включает 15 таблиц и 31 рисунка.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится обоснование актуальности исследования, раскрывается научная новизна и практическая значимость работы.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В данной главе представлен обзор отечественной и зарубежной литературы в рамках темы диссертации. Приведены сведения о традиционных и современных способах производства крема для тортов и пирожных, рассмотрены процессы, протекающие при термообработке сиропов для крема, освещены вопросы применения БПС и сахарозаменителей в технологии продуктов эмульсионно-пенной структуры. Даны физико-химическая и технологическая характеристики перспективных видов сырья для производства крема пониженной калорийности.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении диссертационной работы исследования проводили в лаборатории кафедры «Высокотехнологичные производства пищевых продуктов» ФГБОУ ВПО «МГУПП», в лаборатории «Современные методы оценки качества» ФГБНУ ВНИИКП, в лаборатории фундаментальных и прикладных исследований качества продуктов ФГБОУ ВПО «МГУПП», в эталонной нанолаборатории ФГБОУ ВПО «МГУПП», в лаборатории МФТИ.

При разработке изделий использовали образцы сахар-песок (ГОСТ 21-94), сливочное масло (ГОСТ 32261-2013),молоко цельное ГОСТ Р 52090-2003. воду питьевую (СанПиН 2.1.4.1074-01), яйцо куриное ГОСТ Р 52121-2003. Дополнительно использовали казеинат натрия ООО «Молоко» (Беларусь); альгинат натрия Е 401 - “Arthur Branwell Co LTD” (Великобритания); кислота лимонная ГОСТ 3652-69. ксантановая камедь «Deosen Biochemical Ltd. (China)»; яблочный пектин «Herbshtain&Fox» (Германия); карбоксиметилцелюлоза «Deosen Biochemical Ltd.(China)»; изомальт (Германия), сорбитол (Россия), эритритол (Россия). Показатели качества и безопасности импортного сырья подтверждены сертификатами соответствия, выданными органами Роспотребнадзора РФ в установленном

порядке. Структурная схема исследования представлена на рисунке 1.1. При выполнении работы применяли общепринятые и специальные методы исследований свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Величину пенообразующей способности рассчитывали как максимальное отношение увеличения объема смеси после сбивания к исходному объему смеси.

Массовую долю влаги в сырье, полуфабрикатах и готовых изделиях определяли ускоренным методом в сушильном шкафу. Плотность изделий определяли волюмометрическим методом. Кремы оценивали по органолептическим показателям: вкус, цвет, консистенция, запах, формоустойчивость.

Рисунок 1.1 – Структурная схема исследований

Жирнокислотный состав жиров определяли методом газовой капиллярной хроматографии на приборе Carlo Erba Strumentazione, HRGC 5300 Mega Series. Количественный анализ содержания отдельных жирных кислот определяли на интеграторе C-R6A Chromatopac фирмы Shimadzu. Расчет проводили методом внутренней нормализации. Для томографического определения пористости кремов использовали томограф GM Nanomex 180, активность воды определяли прибором AquaLab series 3TE (Decagon Devices, USA), реологические свойства теста определяли «Структурометром – СТ-2».

Перекисное и кислотное числа определяли согласно методике МИ 2586-2000 «перекисное, кислотное число жира в кондитерских изделиях» далее определяли по ГОСТ Р 52110-2003 «Жиры и масла животные и растительные.». Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов устанавливалась в соответствии с методическими указаниями МУ 4.2.727-99. Математическую обработку результатов исследований проводили с помощью программных пакетов MathCad, Microsoft Office, VGStudio MAX 2.2 и Surfer 8.

## ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕНИЕ КОНДИТЕРСКИХ МАСС ПЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ БПС

Традиционно в качестве стабилизатора эмульсий и пен используют белки, которые, обладают высокой поверхностной активностью. Относительно недавно было установлено, что долгосрочная стабильность эмульсий и пен повышается, если дополнительно к белку вводить полисахариды, которые способны создавать сетевую структуру дисперсионной среды, что упрочняет дисперсной фазу и замедляет ее разрушение. В работе использовали казеинат натрия и следующие полисахариды: альгинат натрия, ксантановую камедь, Na-КМЦ и пектин. Соотношения массовых долей казеината натрия и отдельных полисахаридов для приготовления БПС были составлены в соответствии с фазовыми диаграммами термодинамической совместимости.

При установлении оптимальных массовых долей выбранных полисахаридов в водных растворах казеината исследовали поведение кратности пены $Y$. Функцию $Y(t)$ изучали для нативного яичного белка и водного раствора казеината натрия. Результаты эксперимента по определению функций $Y(t)$ представлены на рисунке 3.1. Яичный белок взбивали при комнатной температуре, раствор казеината натрия – при 70°С.

Как видно из рисунка 3.1, пенообразующая способность яичного белка составляет $Y_{max}\approx740\%$, продолжительность сбивания – 6 мин ($t^*$), а казеината натрия $Y_{max}=300\%$ ($t^*=5$ мин). Пена, полученная при взбивании раствора казеината натрия, имеет крупноячеистую структуру, характеризуется низкой стойкостью и быстро разрушается в течение нескольких минут.

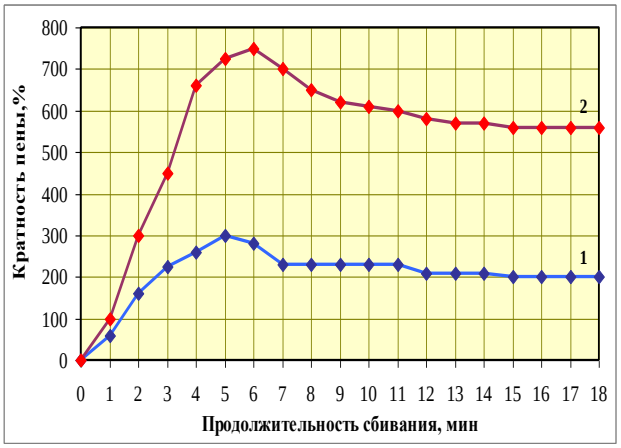



*Рисунок 3.1. Зависимость кратности пены от продолжительности сбивания:1 – раствор казеината натрия; 2 – яичный белок*

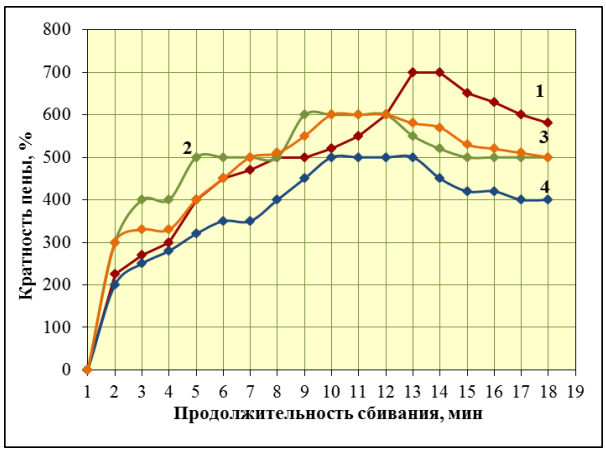



*Рисунок 3.2 - Зависимость кратности пены от продолжительности сбивания раствора казеината натрия и добавленного полисахарида: 1 – ксантановая камедь; 2 – пектин; 3 – КМЦ; 4 – альгинат натрия (4)*

Для повышения стабильности пены использовали добавки полисахаридов. Для определения величины $Y_{max}$ и $t^*$ для растворов казеината натрия с одним из полисахаридов провели серию экспериментов по выявлению оптимальных дозировок этих веществ. На рисунке 3.2 показаны результаты экспериментов по определению зависимости $Y(t)$. Из рисунка 3.2 следует, что пенообразующие способности растворов казеината натрия: с альгинатом натрия – $Y_{max}$=500%, с ксантановой камедью – $Y_{max}$=700%, с пектином и с КМЦ – $Y_{max}$=600%.

Представляет практический интерес возможность прогнозирования пенообразующей способности растворов казеината натрия со смесью полисахаридов. Эти растворы получали смешиванием двух исходных растворов в различных пропорциях. Определяли влияние бинарных смесей полисахаридов на пенообразующую способность растворов казеината натрия (рисунок 3.3). Опыты проводили с трехкратной повторностью в соответствии с симплекс-решетчатым планом третьего порядка. На рисунке 3.3 показаны результаты экспериментов по определению зависимости $Y(t)$ для шести растворов. Из графиков следует, что пенообразующие способности растворов казеината натрия с бинарными смесями полисахаридов составляют: с альгинатом натрия+ксантановая камедь – $Y_{max}$=650%, с ксантановой камедью+пектин – $Y_{max}$=670%, с альгинатом натрия+пектином – $Y_{max}$=640%, с альгинатом натрия+Na-КМЦ - $Y_{max}$ =550%, с ксантановой камедью+Na-КМЦ - $Y_{max}$ =580%, с Na-КМЦ+пектин - $Y_{max}$=620%. Соответствующие продолжительности взбивания $t^*$: с альгинатом натрия+ксантановая камедь – $t^*$=13 мин, ксантановой камедью+пектин – $t^*$=13 мин, альгинат натрия+Na-КМЦ – $t^*$=9 мин, ксантановая камедь+Na-КМЦ – $t^*$=11 мин, Na-КМЦ+пектин – $t^*$=13, альгинат натрия+пектин – $t^*$=13мин.

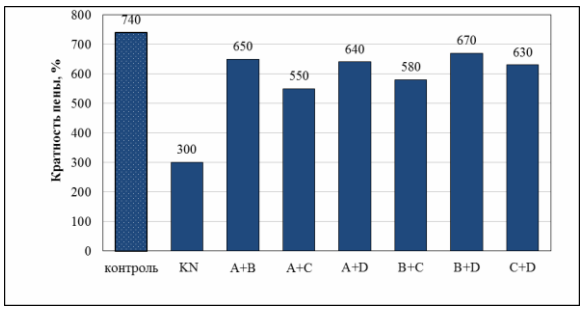



*Рисунок 3.3 – Влияние двойной смеси полисахаридов на кратность пены растворов казеината натрия: контроль – яичный белок.*

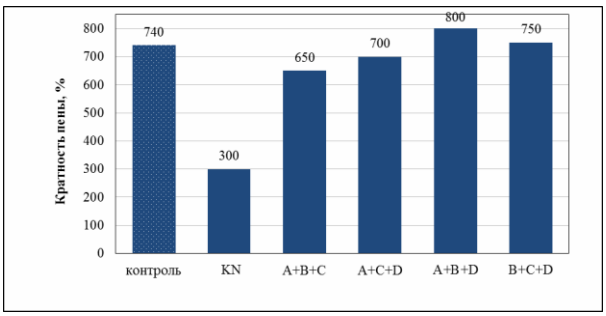



*Рисунок 3.4 – Влияние тройной смеси полисахаридов на кратность пены казеината натрия: контроль – яичный белок.*

На рисунке 3.4 показаны результаты экспериментов по определению зависимости $Y(t)$ для тройных смесей полисахаридов. Из анализа следует, что пенообразующая способность и продолжительность взбивания растворов казеината натрия с: альгинатом натрия+Na-КМЦ+пектин – $Y_{max}$=700% и $t^*$=12 мин, альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин – $Y_{max}$=800% и $t^*$=14 мин, Na-КМЦ+ксантановая камедь+пектин – $Y_{max}$=750% и $t^*$=14 мин, альгинат натрия +Na-КМЦ+ксантановая камедь $Y_{max}$=650%, $t^*$=13 мин.

Для прогнозирования пенообразующей способности казеината натрия со смесью полисахаридов в любых их соотношениях. Для этого в настоящей работе проводили определение пенообразующей способности растворов, состоящих из казеината натрия и из смесей, представляющих сочетание двух или трех полисахаридов.

Пенообразующая способность растворов казеината натрия с полисахаридами зависит не только от вида полисахарида в смеси, но и от соотношения их массовых долей. В соответствии с симплекс-решетчатым планом третьего порядка проводили опыты по определению значения $Y_{max}$ пенообразующей способности и продолжительности сбивания $t^*$ для семи процентных соотношений полисахаридов. Предварительно готовили водные растворы полисахаридов с казеинатом натрия. Всего использовали 3 вида исходных растворов. В первом в качестве полисахарида использовали пектин, во втором – Na-КМЦ, в третьем – альгинат натрия. Результирующий рабочий раствор (рабочая смесь) получали в результате смешивания исходных растворов в разных пропорциях.

Математическое описание результатов исследований выражали в виде уравнения неполной кубической модели:

$$Z = K_0 + K_1 \cdot x_1 + K_2 \cdot x_2 + K_3 \cdot x_1^{\,2} + K_4 \cdot x_1 \cdot x_2 + K_5 \cdot x_2^{\,2} + K_6 \cdot \left(x_1^{\,2} \cdot x_2 + x_2^{\,2} \cdot x_1\right)$$

где $K_i$ =0, 1,…, 6 – искомые коэффициенты уравнения; $x_1$, $x_2$– массовые доли,%, (в результирующем растворе) исходных растворов казеината натрия с пектином и казеината натрия с ксантановой камедью.

В уравнении при определении пенообразующей способности результирующего раствора под $Z$ понимается величина $Y_{max}$,%, а при

установлении продолжительности взбивания – величина $t^*$, мин. Значения $Z$ получали для семи различных соотношений полисахаридов в растворе казеината натрия. Построение и анализ функции $Z$ ($x_1$, $x_2$) осуществляли на основе графо-аналитического метода. Результаты определения пенообразующей способности $Y_{max}$ и продолжительности пенообразования $t^*$ при взбивании растворов казеината натрия с полисахаридами представлены на рисунке 3.5.

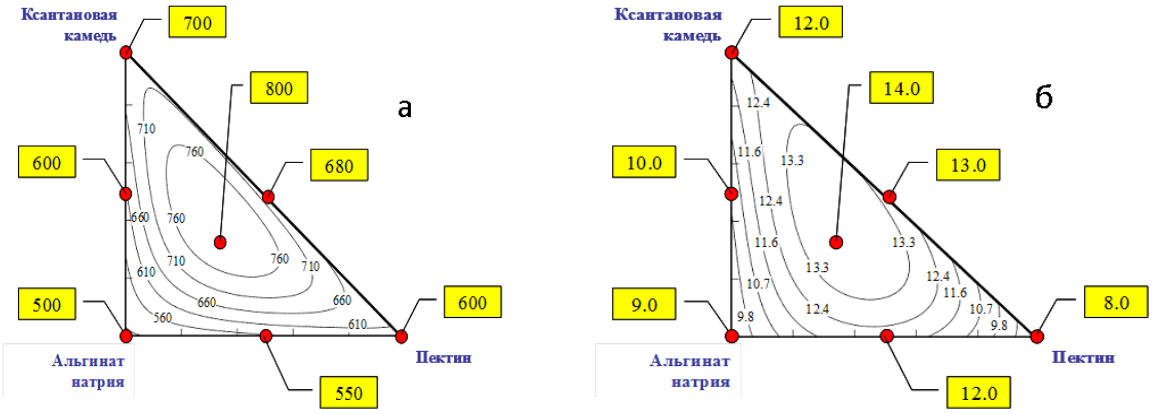



*Рисунок 3.5. Контурные кривые поверхностного отклика: а – пенообразующей способности $Y_{max}$ (%), б – продолжительности взбивания $t^*$ (мин) системы «казеинат натрия+альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин».*

Диаграмма на рисунке 3.5*а* представляет собой изолинии поверхности отклика пенообразующей способности $Y_{max}$ результирующего раствора в зависимости от соотношения полисахаридов. Из диаграммы следует, что результирующий раствор казеината натрия с тройной смесью полисахаридов «альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин» проявляет свойство синергизма, так как значение $Y_{max}$ для этого раствора выше, чем исходных. При смешивании исходных растворов в равной пропорции для обоих результирующих растворов $Y_{max}$ достигаются усредненные величины. Поверхность отклика функции $Y_{max}(x_1, x_2)$ характеризуется наличием точки минимума. Область повышенных значений $Y_{max}$ (>760%) для растворов казеината натрия со смесями полисахаридов наблюдается в центральной части треугольника.

Поверхность отклика длительности взбивания $t^*$ (изолинии на рисунке 3.5*б*) характеризуется максимумом, тяготеющим также к центру треугольника, который соответствует тройной смеси из альгината натрия, ксантановой камеди и пектина.

## ГЛАВА 4. ТЕРМООБРАБОТКА СИРОПА ДЛЯ КРЕМА НА ОСНОВЕ БЕЛОК-ПОЛИСАХАРИДНЫХ СМЕСЕЙ И САХАРОЗАМЕНИТЕЛЕЙ

Основное влияние на качество крема оказывают состав сиропа и условия его термообработки. Стадия охлаждения сиропа для крема является одной из наиболее критических операций. С процессом охлаждения сиропа

связаны основные показатели качества крема - плотность, влажность и микробиологическая чистота. Продолжительное охлаждение сиропа и возможность его загрязнения патогенными микроорганизмами представляют потенциальную опасность для здоровья. Поэтому представляет интерес возможность использовать БПС в качестве рецептурных компонентов сиропа взамен молочных и яичных продуктов. В качестве белка в БПС применяли казеинат натрия, а в качестве полисахаридов – альгинат натрия, пектин, карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) и ксантановую камедь. Изучили влияние состава БПС на процесс термообработки сиропов для улучшения качества крема для тортов и пирожных. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- оптимизировать состав тройной смеси полисахаридов в БПС для приготовления сиропов;
- исследовать влияние БПС на термообработка сиропов для крема;
- изучить влияние состава БПС на качество крема.

Основной этап приготовления крема - термообработка сиропа, которая описывается зависимостью температуры сиропа от времени уваривания и охлаждения (температурный профиль). С помощью температурного профиля можно оценить продолжительность процессов нагревания и охлаждения сиропа до заданных температур, а также выявить изменение агрегатного состояния сахарозы в сиропе. Сироп с БПС уваривали до температуры 105°С, а затем его охлаждали до температуры 40°С.

Температурные профили сиропов с использованием БПС на основе тройной смеси полисахаридов взамен молока и яиц представлены на рисунке 4.1. Температурные профили сиропов с БПС сравнивали с контрольным вариантом.

Продолжительность уваривания сиропа (рисунок 4.1), приготовленного с использованием молока и яйца, составила 24,5 мин, а продолжительность охлаждения - 44 мин. Общая продолжительность процессов уваривания и охлаждения контрольного сиропа составила 68,5 мин. Следует отметить, что в процессе охлаждения не происходит изменения агрегатного состояния сахарозы. Как видно из рисунка 4.1***a***, продолжительность уваривания до температуры 105°С опытного сиропа с БПС на основе тройной смеси полисахаридов (альгинат натрия+ксантановая камедь+КМЦ) составляет 18 мин, а охлаждения - 37 мин. Общая продолжительность термообработки сиропа составила 55 мин, что на 20% меньше, чем у контроля. Введение в сироп БПС на основе смеси (альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин) приводит к сокращению процесса термообработки до 48,5 мин (рисунок 4.1***b***), что на 29% меньше по сравнению с контролем, при этом время уваривания составляет 19,5 мин, а охлаждения - 29 мин. Использование БПС на основе смеси (альгинат натрия+КМЦ+пектин) приводит к сокращению продолжительности уваривания сиропа до 18 мин, а охлаждения - до 38 мин (рисунок 4.1***c***). Общая продолжительность термообработки сиропа составила 56 минут, что на 18% меньше, чем контроля. Введение в сироп БПС на основе тройной смеси (ксантановая камедь+КМЦ+пектин) приводит к

увеличению процесса термообработки до 72 мин (рис. 4.1***d***), что на 5% больше по сравнению с контролем, при этом время уваривания составляет 21 мин, а охлаждения – 51 мин.

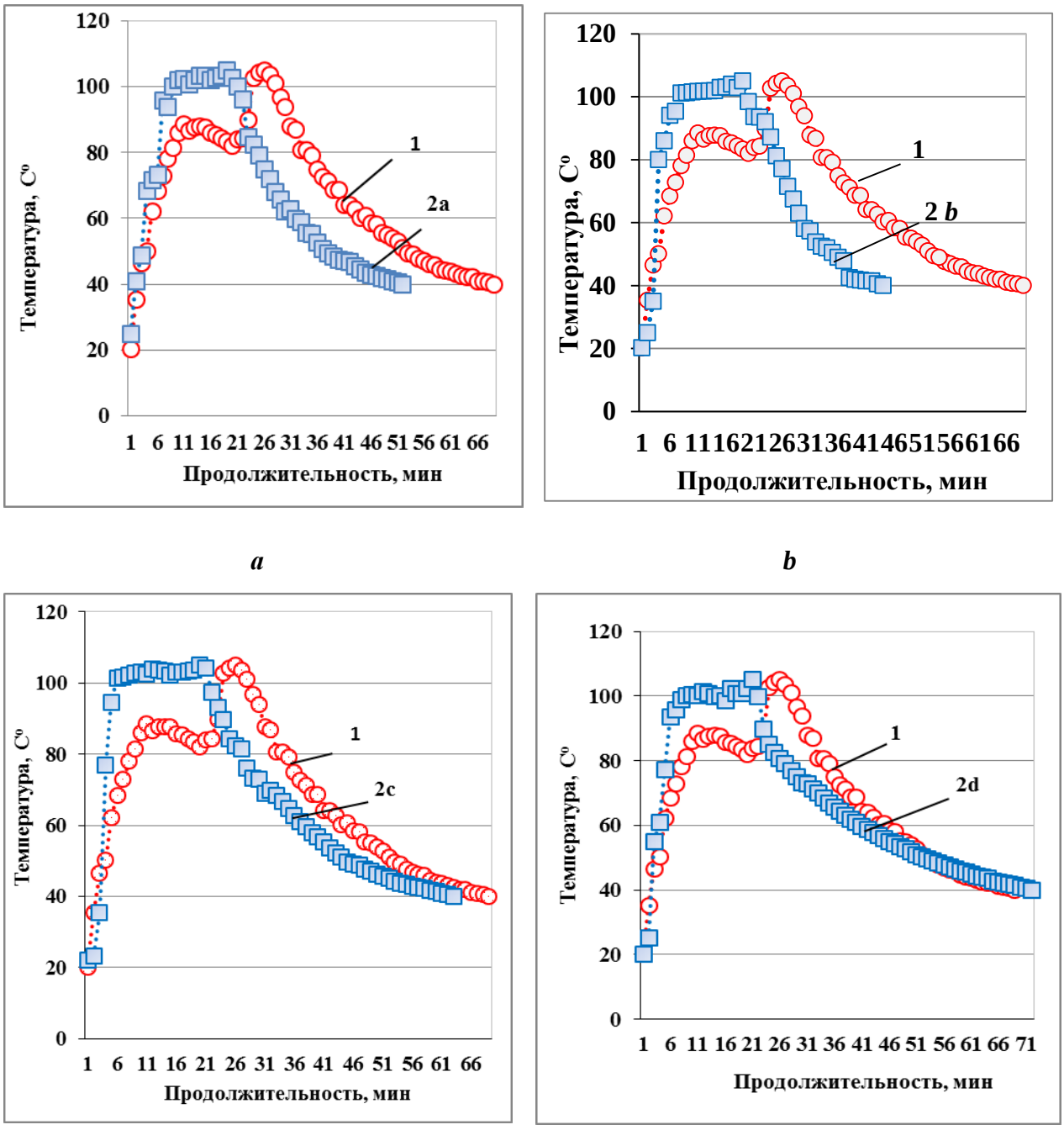



*Рисунок 4.1 – Температурные профили приготовления сиропов с БПС на основе смеси полисахаридов: 1 - контрольный сироп на основе молока и яиц; 2**a** – альгинат натрия+ксантановая камедь+Na-КМЦ; 2**b** – альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин; 2**c** – альгинат натрия+Na-КМЦ+пектин; 2**d** – ксантановая камедь+Na-КМЦ+пектин.*

Проведены исследования влияния тройной смеси сахарозаменителей в равных количествах (изомальт, эритрит, сорбит) на процесс термообработки сиропа с БПС и изучены их температурные профили. Выявлено, что продолжительность уваривания сиропа с тройной смесью сахарозаменителей и БПС (альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин) составила 9 мин, а охлаждение – 45 мин. Общая продолжительность термообработки сиропа составила 54 минуты, что на 21% меньше чем у контроля.

Таким образом, проведенные исследования термообработки сиропов для крема показали, что введение в сироп любой по составу БПС на основе тройной смеси полисахаридов приводит к сокращению процесса уваривания на 14–26% по сравнению с контрольным вариантом. Однако влияние БПС на процесс охлаждения сиропа проявляется по-разному, наблюдается как значительное сокращение (на 13–34%), так и увеличение (на 16%) продолжительности. Полученные температурные профили сиропов с добавками БПС на основе тройной смеси полисахаридов позволяют расположить их в ряд по степени снижения продолжительности процесса термообработки: альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин < альгинат натрия+ксантановая камедь+Na-КМЦ < альгинат натрия+Na-КМЦ+пектин < ксантановая камедь+Na-КМЦ+пектин. Совместное использование тройной смеси сахарозаменителей и БПС в сиропе сокращает продолжительность его термообработки на 21% меньше чем у контроля.

# ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕМА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

На завершающем этапе исследования приготовили кремы масляные для тортов и пирожных, используя раствор казеината натрия с полисахаридами. Для выбора оптимального состава БПС, обеспечивающий получение крема с высокими показателями качества, определяли влияние БПС на качество готового продукта. В емкость загружали казеинат натрия с полисахаридами, добавляли воду, раствор смешивали с сахарным песком и уваривали при 105-107°С, затем полученный сироп охлаждали до комнатной температуры. Параллельно взбивали сливочное масло и в полученную массу вливали сахаро-белково-полисахаридный сироп, а за 30с до завершения взбивания добавляли вкусовые и ароматические вещества. Контролем служил крем, приготовленный по традиционной технологии с использованием молока и яйца. Качество готового крема оценивали по плотности ρ (кг/м$^3$) и влажности $w$ (%). Математическое описание результатов исследований выражали в виде уравнения неполной кубической модели, где при определении плотности $Z$ - поверхность отклика $\rho(x_1, x_2)$, а при определении влажности $Z$ - поверхность отклика $w(x_1, x_2)$. Аргументы $x_1$, $x_2$ имеют тот же смысл, что и при определении $Y_{max}$ и $t^*$. Полученные результаты представлены на рисунке 5.1.

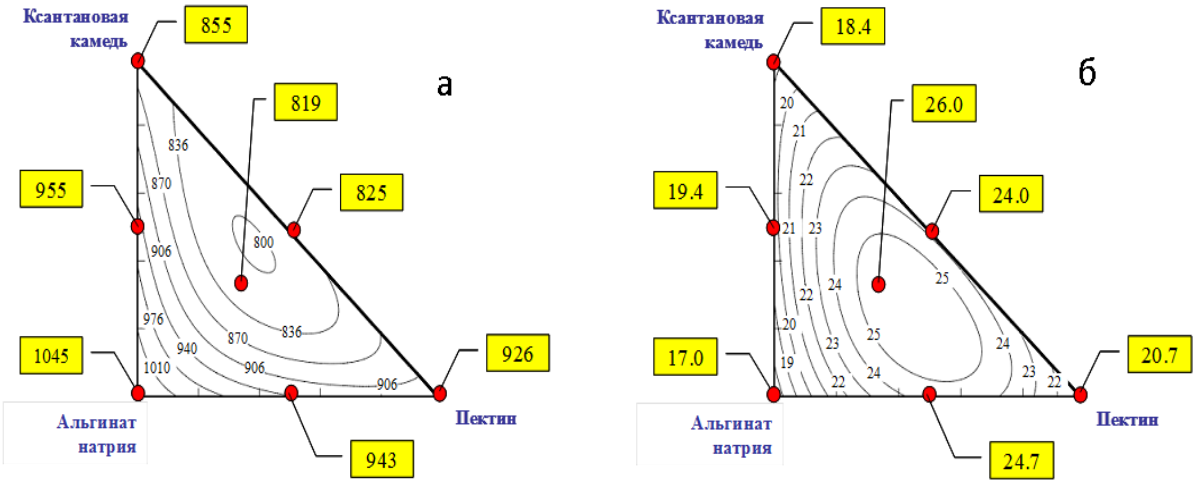
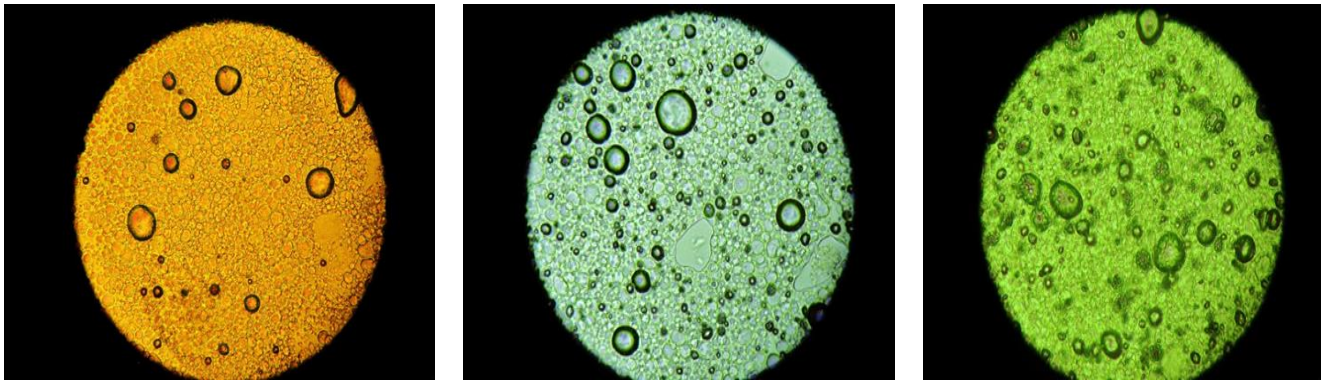



*Рисунок 5.1 - Контурные кривые поверхностного отклика: а – плотности массы ρ (кг/м$^3$), б – влажности w(%) крема масляного, приготовленного на казеинате натрия с полисахаридами.*

Область минимальных значений плотности крема (800÷820 кг/м$^3$) находится в центральной части треугольника, примыкающей к гипотенузе «ксантановая камедь-пектин» (см. рисунок 5.1, а). Поверхность отклика по показателю влажности крема представлена изолиниями на рисунке 5 б. Область максимальных значений *w* находится в центре треугольника.

Для исследования структуры разработанных кремов были приготовлены контрольные и опытные образцы продукта по традиционной и новой технологии. Типичная микроструктура опытных кремов, полученная на люминесцентном микроскопе «XSZ 2103, показана на рисунке 5.2. Томографическое исследование воздушных пустот в масляных кремах проводили на приборе томограф GM Nanomex 180. Для последующей обработки было сделано по 1000 рентгеновских изображений каждого образца при его повороте на 360°. Исследования были проведены при разрешении томографии 3,6 мкм на пиксель.



***а*** ***б*** ***в***

*Рисунок 5.2 – Микроструктура крема: **а** –контроль; **б** – опытный с смесью A+B+D; **в** – опытный с смесью B+C+D.*

Обработку массива полученных фотографий с целью получения трехмерной цифровой картины структуры образца крема проводили по программе Phoenix Datosx 2 Reconstruction. Чтобы оценить пустотное пространство крема (пузырьков воздуха), были определены следующие характеристики: пористость (отношение объема, занимаемого всеми обнаруженными пузырьками, к объему, занимаемому всем образцом), и распределение по радиусам пузырьков. Определение параметров образцов производилось с помощью встроенного в ПО модуля Porosity/Inclusion Analysis Module.

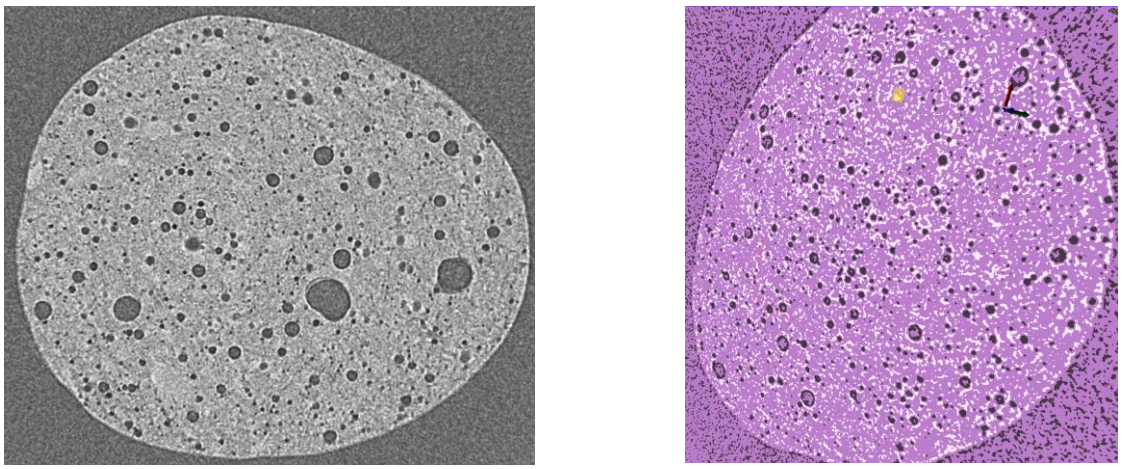


*Рисунок 5.3 – Томографическое изображение крема. Слева контрольный образец, справа – опытный.*

Таблица 5.1 - Общие результаты анализа трехмерных изображений образцов.

| Название образцов крема | Пористость, % | Общее количество обнаруженных пузырьков | Средний радиус пузырьков, мкм |
|---|---|---|---|
| «Гляссе» | | | |
| Контрольный | 32.5 | 12496 | 5,12 |
| Опытный | 23.3 | 15273 | 4,91 |
| «Шарлотт» | | | |
| Контрольный | 21.9 | 11066 | 3,86 |
| Опытный | 15.9 | 10904 | 3,76 |

В таблице 5.1 представлены общие результаты обработки трехмерных изображений образцов крема. Как видно, в каждом образце крема выявлено более 10000 пузырьков воздуха (пор). Такое количество обнаруженных пузырьков достаточно для проведения статистического анализа. В опытных образцах крема средний радиус пузырьков меньше, чем у контрольных.

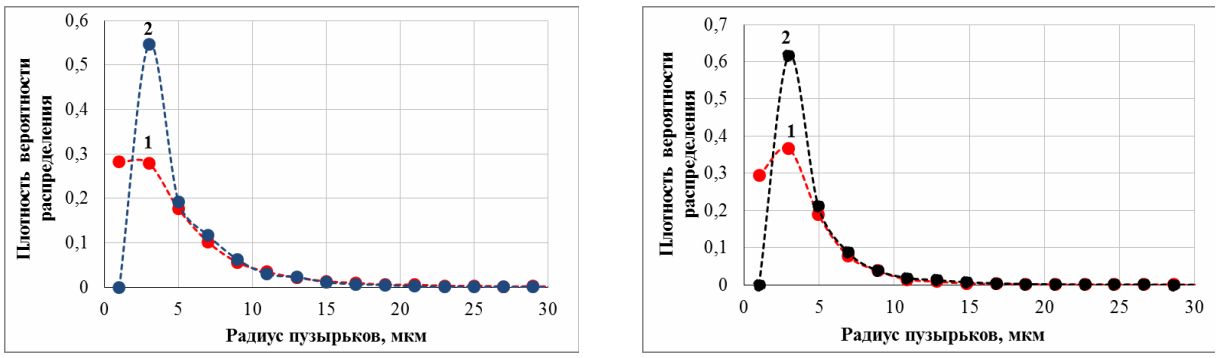



*Рисунок 5.4 - Плотность вероятности распределения пузырьков по размерам для кремов «Гляссе» (слева) и «Шарлотт» (справа). 1 – контроль; 2 - опытный образец*

На рисунке 5.4 приведены плотности вероятности распределения по размерам пузырьков. Здесь ордината каждой точки для каждого образца получены как отношение количества пузырьков в соответствующем интервале размеров из гистограммы распределения к их общему количеству в образце. Анализируя кривые (частотные характеристики) можно сделать важные выводы о различии микроструктуры опытных и контрольных образцов крема «Шарлотт» и «Гляссе». Очевидно, что при гипотетическом идеальном разрешении прибора, когда наблюдению доступны пузырьки сколь угодно малых размеров, кривые при $r \to 0$ возрастали бы неограниченно. В опытных образцах это нарастание более интенсивно посравнению с контрольными – частотная характеристика в них, начиная с $r \approx 5$ мкм, сдвинута в область мелких пузырьков (причем у крема «Шарлотт» этот сдвиг больше, чем у «Гляссе»).

Скорость всплытия пузырьков воздуха пропорциональна квадрату радиуса пузырька и обратно пропорциональна вязкости вмещающей жидкости. Доля маленьких пузырьков в опытных образцах больше, чем контрольных, а это значит, что время уплотнения опытных образцов должно быть больше. Расчеты показывают, что время уплотнения опытного образца крема Гляссе будет в 1.087 раза больше, чем контрольного. Для крема «Шарлотт» аналогичное соотношение будет составлять 1.054.

Таким образом, при использовании новой рецептуры приготовления крема воздушные пузырьки получаются меньшего размера, чем при приготовлении по классическому рецепту. При этом у крема «Шарлотт» количество мелких пузырьков выше, чем у крема «Гляссе». Время уплотнения крема, приготовленного по новой рецептуре, увеличивается на 5-9%.

Провели исследования реологических свойств кремов. С этой целью на структурометре СТ-2 снимали кривую изменения напряжения сжатия σ от деформации ε при воздействии индентора, погружающегося в образец крема с постоянной скоростью $1 \cdot 10^{-3}$ м/сек. Образцы имели температуры - 10°С и 22°С. Результаты измерений для Т=10°С представлены на рисунке 5.5. Видны существенные отличия опытных кремов от контрольных. Кривые σ-ε для контрольных образцов в исследуемом диапазоне деформаций $\varepsilon = 0 \div 7 \cdot 10^{-2}$

представляют собой монотонно возрастающие функции, отражающие вязко-упругий отклик материала. Напротив, функции σ(ε) для опытных образцов с ростом деформации сначала растут до максимальных значений, достигаемых при ε≈ε*=0.026, затем, вплоть до ε≈ε**=0.042, их значения уменьшаются («падающий» участок кривых), и далее функции остаются примерно постоянными.

Существование у опытных образцов упругого участка при 0<ε<ε*, причем с относительно большими модулями, легко объяснить, если принять во внимание, что белки совместно с полисахаридами упрочняют границы пузырьков воздуха и масла. Поэтому на участке 0<ε<ε* деформации происходят за счет уменьшения в объеме существующих пустот (сжатие воздуха в пузырьках) без разрушения самих пузырьков. Топология микроструктуры на этом участке не изменяется, а происходящая деформация обратима (т.е., упруга). Фактически, результаты опыта, представленные на рисунке 5.5 можно интерпретировать как новое, нигде в литературе до сих пор не отмеченное, доказательство того, что внесение БПС упрочнят фазовую границу воздух-раствор. Дальнейшая деформация в контрольных образцах ведет уже к разрушению части (крупных) пузырьков, и, следовательно, к перестройке микроструктуры, сопровождающейся возникновением падающего участка и общим разупрочнением материала.

При T=22°C характер деформирования опытных образцов уже принципиально иной, хотя некоторые особенности сохраняются (например, на начальных этапах нагружения опытные образцы остаются более жесткими по сравнению с контрольными, хотя и гораздо более податливыми, чем при T=10°C. На всех участках нагружения деформирование обладает вязким характером, причем сопровождается перестройкой микроструктуры с разрушением имеющихся и образованием новых пузырьков воздуха.

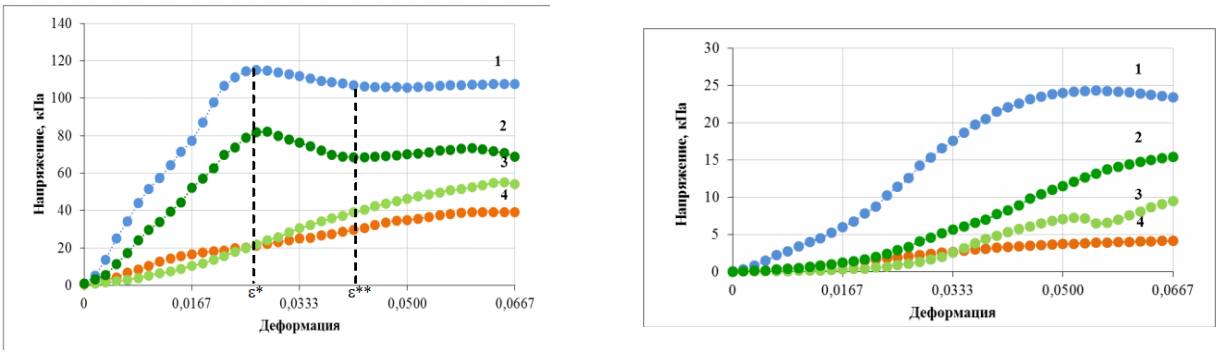



*Рисунок 5.5 - Влияние БПС на реологические свойства крема при температуре 10℃ (слева) и 22℃ (справа). 1 - опытный «Гляссе»; 2 - опытный «Шарлотт»; 3 - контроль крема «Шарлотт»; 4 - контроль крема «Гляссе».*

Итак, при пониженных температурах крем с добавлением БПС имеет ярко выраженную реологию упруго-пластического тела с относительно высокими значениями модулей на первоначальном участке нагружения. На этом участке деформации являются обратимыми (упругими) и происходят без разрушения имеющихся и образования новых микродефектов (в данном

случае – пузырьков воздуха), чему способствует упрочнение границы воздух-раствор белками и полисахаридами. При больших уровнях нагружения наступает разупрочнение крема, сопровождающееся, в частности, неустойчивым разрушением части пузырьков. Обнаружение участка упругости, на котором крем является относительно жестким, имеет несомненное прикладное значение. Например, при перевозке и хранении готового изделия можно допустить наличие деформаций (вплоть до предела упругости), которые никоим образом не влияют на характеристики качества. В этом случае БПС выступает альтернативой заморозке крема.

## ГЛАВА 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БПС И САХАРОЗАМЕНИТЕЛЕЙ НА СРОКИ ГОДНОСТИ КРЕМА

С целью снижения микробиологической обсемененности и продления срока хранения кондитерских кремов проведены исследования по замене некоторых рецептурных компонентов кремов «Шарлотт» и «Гляссе». На первом этапе осуществлен подбор БПС и проведен их микробиологический анализ в соответствии с существующими методами. Результаты микробиологического анализа различных сахарозаменителей, которые были использованы для приготовления кремов и представлены в таблице 6.1.

Полученные результаты показали, что для получения кремов с микробиологическими показателями, соответствующими действующим нормативам, в качестве сахарозаменителей следует использовать сорбитол, эритритол и изомальт. Эти компоненты были использованы для приготовления сиропа, который является первоначальной стадией приготовления масляных кремов.

Таблица 6.1 – Микробиологический анализ сахара-песка и сахарозаменителей

| Название сахарозаменителя | Микробиологические показатели | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Определяемые формы микроорганизмов | | | | | |
| | КМАФАнМ КОЕ/г, не более | | БГКП (колиформы),не допускается в | | Дрожжи, КОЕ/г Плесени, КОЕ/г | |
| | факт. | норма | факт. | норма | факт. | норма |
| Изомальт | Не обнар | $5x10^4$ | Не обнар. в 1г продукта | В 1 г продукте | Не обнар. | дрожжи 50 плесени 100 |
| Сорбитол | Не обнар | $5x10^4$ | Не обнар. в 1г продукта | В 1 г продукте | Не обнар. | дрожжи 50 плесени 100 |
| Мальтитол | $3x10^3$ | $5x10^4$ | Не обнар. в 1г продукта | В 1 г продукте | дрожжи 200 | дрожжи 50 плесени 100 |
| Ксилит | $1x10^3$ | $5x10^4$ | Не обнар. в 1г продукта | В 1 г продукте | Не обнар. | дрожжи 50 плесени 100 |
| Эритритол | Не обнар | $5x10^4$ | Не обнар. в 1г продукта | В 1 г продукте | В 1 г продукте. | дрожжи 50 плесени 100 |
| Сахар-песок | Не обнаружено | $5x10^4$ | Не обнар. в 1г продукта | В 1 г продукте | В 1 г продукте. | дрожжи 50 плесени 100 |

Использование в рецептуре сиропа для масляных кремов сорбитола, изомальта, эритритола позволило снизить содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, что положительно отразилось на микробиологической обсемененности готового крема и продлить срок его годности.

Параллельно проводились сравнительные исследования по определению показателя «активности воды $a_w$» в масляных кремах, приготовленных по традиционной и новой рецептуре с использованием БПС. Определение «активности воды $a_w$» проводилось на приборе «AquaLab series 3TE» в соответствии с инструкцией работы на приборе, и полученные данные представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Показатель «активности воды $a_w$» в масляных кремах

| Наименование крема | Значения показателей | |
|---|---|---|
| | массовая доля влаги,% | активность воды $a_w$ |
| Масляный крем «Шарлотт» | | |
| Контрольный | 25 | 0,894 |
| Опытный | 26 | 0,843 |
| Масляный крем «Гляссе» | | |
| Контрольный | 22 | 0,904 |
| Опытный | 23 | 0,843 |

Полученные результаты показали, что применение белок-полисахаридных смесей в рецептурах кремов позволяет снизить показатель «активности воды $a_w$» в креме «Шарлотт» на 0,051, а в креме «Гляссе» - на 0,061. Снижение показателя активности воды $a_w$ положительно отразилось на микробиологической обсемененности кремов: отмечено снижение содержания МАФАнМ, дрожжи и плесени не обнаружены.

Однако в процессе хранения кремов «Шарлотт» и «Гляссе» в течение 7 суток наблюдалось увеличение общей обсемененности, появлялись плесени и дрожжи, особенно на 5-ые сутки хранения. С целью торможения развития спорообразующей, дрожжевой и грибной микрофлоры в готовые кремы добавляли 0,1% лимонной кислоты. Такой прием позволил не только подавить рост посторонних микроорганизмов, но и улучшить пенообразующие и органолептические показатели. На основе полученных результатов был сделан вывод, что использование в рецептурах кремов «Шарлотт» и «Гляссе» белок-полисахаридных смесей в сочетании с лимонной кислоты позволяет значительно продлить срок годности с 36ч до 7суток при сохранении и, в определенной степени, улучшение органолептических и физико-химических показателей готового крема.

## ВЫВОДЫ

Разработаны рецептуры и технологии кондитерских кремов с

применением БПС и сахарозаменителей. Исследование процессов на отдельных стадиях приготовления кондитерских кремов позволили сделать следующие выводы:

1. Проведены исследования пенообразующей способности растворов казеината натрия с отдельными полисахаридами, их бинарными и тройными смесями. По степени влияния отдельных полисахаридов на повышение пенообразующей способности $Y_{max}$ казеината натрия их можно ранжировать следующим образом: ксантановая камедь = пектин > альгинат натрия = Na-КМЦ. Выявлено, что при использовании тройных смесей полисахаридов «альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин» и «Na-КМЦ+ксантановая камедь+пектин» проявляются эффекты синергизма, выражающиеся в том, что пенообразующая способность казеината натрия со смесями полисахаридов больше, чем с каждым из полисахаридов по отдельности. Построены диаграммы, которые позволяют подбирать соотношение белок-полисахаридных смесей (БПС) для получения растворов с максимальной пенообразующей способностью, которая является объективной характеристикой пенной массы, гарантирующей высокое качество конечного продукта.

2. Проведены исследования влияния БПС и сахарозаменителей на процесс термообработки сиропов для крема. Выявлено, что использование БПС на основе тройной смеси полисахаридов для приготовления сиропа позволяет при термообработке сократить (на 13-34%) продолжительность охлаждения сиропа. Тройные смеси полисахаридов по их степени влияния на уменьшение продолжительности охлаждения сиропа можно поставить в ряд: альгинат натрия+ксантановая камедь+пектин < альгинат натрия+ксантановая камедь+Na-КМЦ < альгинат натрия+Na-КМЦ+пектина < ксантановая камедь +Na-КМЦ+пектин. Совместное использование сахарозаменителей и БПС сокращают продолжительность термообработки сиропа на 21% по сравнению с традиционным способом.

3. Разработаны технологии и рецептуры кремов с использованием БПС и сахарозаменителей. Использование БПС в технологии крема позволяет полностью заменять яичные и молочные продукты без потери качества. Кроме того, комбинация полисахаридов обогащает крем масляный пищевыми волокнами, полноценными белками и минеральными веществами молока и превращает его в уникальный лечебно-профилактический продукт. В результате замены сахара-песка, яичных и молочных продуктов в рецептуре масляных кремов происходит снижение калорийности и себестоимости продукта. Существенно расширены современные знания в области применения БПС сахарозаменителей при производстве кремов для кондитерских изделий. Использование БПС и сахарозаменителей в сиропе не только снижает продолжительность термообработки по сравнению с традиционной технологией. При этом снижается плотность крема и увеличивается его срок хранения до 7 суток.

4. Изучены физические свойства кремов с БПС. При использовании БПС в технологии приготовления крема воздушные пузырьки получаются

меньшего размера, чем при приготовлении по классическому способу. При этом в креме типа «Шарлотт» количество мелких пузырьков выше, чем в креме «Гляссе», что обусловлено различием тройной смеси полисахаридов. Время уплотнения крема, приготовленного по новой рецептуре, увеличивается на 5-9%.

5. Крем с добавлением БПС при пониженных температурах имеет ярко выраженную реологию упруго-пластического тела с относительно высокими значениями модулей на первоначальном участке нагружения. Деформации на этом участке происходят без разрушения имеющихся и образования новых пузырьков воздуха, чему способствует упрочнение границы воздух-раствор БПС. При больших уровнях нагружения наступает разупрочнение крема, сопровождающееся, в частности, неустойчивым разрушением части пузырьков. Обнаружение участка упругости, на котором крем является относительно жестким, имеет несомненное прикладное значение. Например, при перевозке и хранении готового изделия можно допустить наличие деформаций (вплоть до предела упругости), которые никоим образом не влияют на характеристики качества. В этом случае БПС выступает альтернативой заморозке крема.

6. Проведена опытно-промышленная апробация результатов исследования в условиях ЗАО «ПЕКО». Разработаны проекты ТУ, ТИ и РЦ для производства кремового полуфабриката с БПС.

**Благодарности.** Автор благодарит И.Г. Белявскую, Т.Г. Богатыреву, А.А. Быкова, Н.Б. Кондратьева, Ш.А. Мухамедиева, В.Я. Черных, А.Ю. Колеснова за помощь, оказанную в работе над диссертацией.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

***В изданиях, входящих в список ВАК***

1. Рубан Н.В. Использование белок-полисахаридных смесей в производстве кремов для тортов и пирожных / Н.В. Рубан, В.А. Васькина, Т.Г. Богатырева, Э.В. Мазукабзова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2014. - №11. - С. 5-8.
2. Рубан Н.В. Белок-полисахаридные смеси для увеличения продолжительности хранения масляных кремов / Т.Г. Богатырева, Н.В. Рубан, В.А. Васькина, И.Г. Белявская // Пищевая промышленность. - 2015. - №3. - С. 24-26.
3. Васькина В.А. Белок-полисахаридные смеси - альтернатива белкам яйца и молока в технологии получения крема эмульсионно-пенной структуры / В.А. Васькина, Н.В. Рубан, Т.Г. Богатырева, И.Г. Белявская // Кондитерское производство. - 2015. - №3. - С. 26-31.

***Патенты РФ***

4. Пат. RU 2452184 C1, МПК 8 A21D13/08., №2010154539/13; Заявл. 31.12.2010 / Способ производства бисквитного полуфабриката / Васькина В.А., Гужевский Е.И., Иванова М.П., Вайншенкер Т.С, Рубан

Н.В., Яшкин Е.В. – Опубл.10.06.2012 // Изобретения. – 2012. – Бюл. №16.
5. Пат. RU 2452189 C1; МПК 8 A23G3/53, A21D13/08; №2011117212/13; Заявл. 04.05.2011 / Способ производства отделочного полуфабриката / Васькина В.А., Головачева А.В., Львович Н.А., Рубан Н.В., Сидоренко М.И. – Опубл.10.06.2012 // Изобретения. – 2012. – Бюл. №16.
6. Пат. RU 2498573 C1; МПК 8 A21D13/08. №2012112891/13; Заявл. 03.04.2012 / Способ производства кекса / Васькина В.А., Боброва И.В., Гужевский Е.И., Войно Л.И., Дубцова Г.Н., Рубан Н.В., Сидоренко М.Ю., Щеголева И.Д. – Опубл. 20.11.2013 // Изобретения. – 2013. – Бюл. №32.
7. Пат. RU 2504962 C1; МПК 8 A21D13/08., №2012138937/13; Заявл. 12.09.2012 / Способ производства заварного полуфабриката / Васькина В.А., Коротков А.О., Рубан Н.В., Сидоренко М.Ю., – Опубл. 27.01.2014 // Изобретения. – 2014. – Бюл. №3.
8. Пат. RU 2539845 C1; МПК 8 A23G3/52. №2013137194/13; Заявл. 08.08.2013 / Способ производства кремового заварного полуфабриката / Васькина В.А., Рубан Н.В., Дорофеева В.М., Емельянова В.В., Львович Н.А., Сидоренко М.Ю. – Опубл. 27.01.2015 // Изобретения. – 2015. – Бюл. №3.
9. Пат. RU 2559943 C1; МПК 8 A23G3/52. №2014121654/13; Заявл. 28.05.2014 / Способ производства крема типа «Шарлотт» / Васькина В.А., Рубан Н.В., Богатырева Т.Г., Мазукабзова Э.В., Сабанцева М.А., Новожилова Е.С. – Опубл.20.08.2015 // Изобретения. – 2015. –Бюл. №23
10. Положительное решение на выдачу патента №2014135222/13; Заявл. 29.08.2014 / Способ производства крема типа «Гляссе» / Васькина В.А., Мазукабзова Э.В., Рубан Н.В., Богатырева Т.Г., Черных В.Я.

***Научные труды институтов и материалы конференций***

11. Рубан Н.В. Использование сахарозаменителей и полисахаридов в производстве белкового крема / Н.В Рубан, Е.С. Федерко, В.А. Васькина // Тезисы докладов VIII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 26-27 апреля 2012 г. – Могилев: УО «МГУП», 2012. – С. 148.
12. Рубан Н.В. Использование пищевых волокон в технологии крема «Шарлотт» / Э.В. Мазукабзова, Н.В. Рубан, В.А. Васькина. // Материалы научно-практической конференции-выставки «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины» / МГУПП, 25-27 ноября 2013. – М.: ИК МГУПП – С. 52-53.
13. Рубан Н.В. Применение гидроколлоидов в производстве заварного крема для тортов и пирожных / Н.В. Рубан, В.А. Васькина // Материалы VI Международного хлебопекарного форума / Международная промышленная академия, 2-4 декабря 2013 г. – М.:

Пищепромиздат, 2013. – С. 182-183.
14. Рубан Н.В. Использование полисахаридов в производстве крема «Гляссе» / Н.В. Рубан, С.А. Салопахина, В.А. Васькина // Материалы XI международной научно – практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты, 2013 г. – М.: ИК МГУПП «МГУПП», 2013. – С. 92-93.
15. Рубан Н.В. Влияние белок-полисахаридных смесей на качество молочного ириса кристаллической структуры / Н.В. Рубан, А.В. Киселев, В.В. Задорожный, А.Д. Ишимова, Л.Д. Барицкая, К.С. Сиденко, В.А. Васькина // Сборник материалов общеуниверситетской научной конференции молодых ученых и специалистов, Часть XI, апрель 2015 г. – М.: ИК МГУПП «МГУПП», 2015. – С. 123-124.
16. Рубан Н.В. Новый вид сырья для производства заварного крема / Н.В. Рубан, В.А. Васькина // Материалы IX Международной конференции «Торты, вафли, печенье, пряники» / Международная промышленная академия, 25-27 февраля 2014 г. – М.: МПА, 2014. – С. 69-71.
17. Рубан Н.В. Использование экструдированной муки в производстве заварного крема / Н.В. Рубан, Э.В. Мазукабзова, С.А. Салопахина, В.А. Васькина // Тезисы докладов IX Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», Часть 1, 24-25 апреля 2014 г. – Могилев: УО «МГУП», 2014. – С. 146.
18. Рубан Н.В. Белок-полисахаридные смеси в технологии отделочных полуфабрикатов для тортов / Н.В. Рубан, В.А. Васькина // Материалы IV Республиканского научно-практического семинара «Перспективы развития кондитерской промышленности», 27-28 ноября 2014 г. – Могилев: УО «МГУП», 2014. – С. 28-30.

**Summary**

In accordance with the modern trends in the food technology development, egg proteins and milk in the cream products have been replaced by protein-polysaccharide mixtures (PPM). The modified recipe of the cream syrup includes PPM and sweeteners and combinations thereof. The temperature profiles of the syrups containing PPM have been analysed. This allowed identifying of the most effective mixture, the use of which leads to a reduction in the heat treatment process of the syrup for 20 minutes. The process of the syrup gelling becomes much faster, allowing to eliminate the syrup infection. The microstructure, rheology and stability of the cream created by new technology have been investigated. The use of syrup containing PPM and sugar substitutes can significantly improve the quality of the cream, to reduce its density (till 820 kg/m$^3$) and humidity (till 20.7%), as well as to enrich the product by dietary fibres and to reduce its caloric and cost.