

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный  
комплекс»

На правах рукописи

**ТУРКОВА АННА ЮРЬЕВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЕКСОВ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

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

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель –  
д.т.н., доцент  
Румянцева Валентина Владимировна

Орел - 2015

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	14
1.1 Особенности технологии производства кексов.....	14
1.2 Влияние рецептурных компонентов и технологических параметров на качество кексов.....	18
1.2.1 Жиры в производстве мучных кондитерских изделий .....	26
1.3 Характеристика растительных масел и их роль в питании человека .....	30
1.4 Нетрадиционное сырье в производстве мучных кондитерских изделий функционального назначения .....	36
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	45
2.1 Организация проведения экспериментальных работ .....	45
2.2 Объекты исследований .....	45
2.3 Методы исследований .....	49
2.3.1 Методы исследований качества сырья .....	50
2.3.2 Методы исследований химического состава сырья и готовых изделий .....	51
2.3.3 Методы исследований качества полуфабрикатов .....	52
2.3.4 Методы оценки качества готовых изделий - кексов.....	53
ГЛАВА 3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЖИРОВОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	55
3.1 Исследование способности различных растительных масел к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий .....	55
3.2 Моделирование композиции растительных масел, оптимизированной по жирнокислотному составу.....	58

3.3 Исследование способности композиций растительных масел к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий .....	63
3.4 Исследование жирнокислотного состава оптимизированной композиции растительных масел .....	64
ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОДОВЫХ, ОВОЩНЫХ ПОРОШКОВ И ГИДРОЛИЗАТА ОВСА «ЖИВИЦА» ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ .....	66
4.1 Сравнительный анализ химического состава плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица».....	66
4.2 Исследование жиросвязывающих свойств плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» по отношению к композиции растительных масел ..	70
4.3 Моделирование смеси порошков с учетом жиросвязывающей способности гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина по отношению к композиции растительных масел.....	72
4.4 Исследование жироземмульгирующих свойств смоделированной смеси порошков, гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина ..	78
4.5 Исследование водопоглотительной способности смоделированной смеси порошков, гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина ..	80
4.6 Исследование влияния смоделированной смеси порошков, гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина на температуру клейстеризации крахмала муки .....	82
ГЛАВА 5 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	85
5.1 Исследование влияния смоделированной смеси порошков на показатели качества бисквитной эмульсии .....	85
5.2 Исследование влияния замены рецептурных компонентов смоделированной смесью порошков на качество кексового теста .....	95

5.3 Исследование влияния замены меланжа смоделированной смесью порошков на показатели качества кексов .....	98
5.3.1 Исследование влияния замены меланжа смоделированной смесью порошков на органолептические показатели качества кексов .....	98
5.3.2 Исследование влияния замены меланжа смоделированной смесью порошков на физико-химические и структурно-механические показатели качества готовых кексов.....	101
5.3.3 Исследование показателей качества кексов при частичной замене муки крахмалом.....	104
5.4 Исследование влияния композиции растительных масел, смоделированной смеси порошков и технологических факторов на качество полуфабрикатов и готовых изделий.....	107
5.5 Исследование влияния композиции растительных масел и смоделированной смеси порошков на динамику технологического процесса .	109
5.6 Совершенствование рецептуры и технологии производства кексов с использованием композиции растительных масел и смоделированной смеси порошков .....	112
5.7 Исследование изменений показателей качества кексов «Мишка» в процессе хранения .....	117
5.8 Оценка пищевой и энергетической ценности кексов «Мишка» .....	125
ГЛАВА 6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	130
6.1 Промышленная апробация кексов «Мишка» .....	130
6.2 Оценка экономической эффективности и конкурентоспособности кексов «Мишка».....	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	143
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	160

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Учитывая концепцию государственной политики в области питания населения Российской Федерации, работники кондитерской промышленности ставят перед собой следующие задачи: улучшение структуры питания за счет увеличения доли продукции массового потребления функционального назначения; сокращение использования продуктов, способных оказывать негативное влияние на здоровье человека, за счет использования нетрадиционного сырья, что позволит получить продукты с улучшенным химическим составом, сэкономить основное сырье и повысить экономическую эффективность и конкурентоспособность готовых изделий.

Значительное место (30 %) в ассортименте и объеме производства мучных кондитерских изделий (МКИ) занимают кексы [44], в том числе изготовленные на основе масляного бисквитного теста, характеризующиеся большой энергетической ценностью и наличием жиров, содержащих трансизомеры жирных кислот.

Анализ отраслевой научно-технической литературы показывает, что основная часть кексов производится с использованием в качестве жирового сырья маргаринов и кондитерских жиров [107, 124], полученных из гидрогенизированных растительных масел. В таких жирах содержится свыше 50 % трансизомеров жирных кислот, которые не только плохо усваиваются в организме человека, но и оказывают негативное влияние на его здоровье [24, 27, 46, 51, 56, 65, 70, 103, 139, 147].

В последнее время масложировая промышленность выпускает модифицированные жиры с пониженным содержанием трансизомеров жирных кислот [51, 52], однако их высокая стоимость ведет к удорожанию готовой продукции.

Замена маргаринов и кондитерских жиров на растительные масла позволит снизить потребление трансизомеров жирных кислот и обогатить готовые изделия полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) [19, 103, 104, 105], что,

возможно, придаст им функциональные свойства, а также повысит экономическую эффективность производства.

При замене маргарина на жидкие растительные масла для придания определенных структурно-механических свойств эмульсии и тесту и для получения изделий хорошего качества необходимо использовать стабилизирующие добавки, обладающие хорошей водопоглощительной, жиросвязывающей и жирозэмульгирующей способностью [19, 103, 104, 105].

Наиболее оптимальным, с этой точки зрения, является использование сырья, полученного из продуктов переработки плодов, овощей и зерна: соки, пюре, фруктовые и овощные порошки, отруби и зерновые гидролизаты – для повышения качества, экономических показателей производства мучных кондитерских изделий и придания им функциональных свойств.

Все это делает **актуальным** выполнение работ, направленных на расширение ассортимента, совершенствование рецептур и технологии производства кексов с применением жидких растительных масел и продуктов переработки зерноперерабатывающей и плодоовощной отраслей.

**Степень разработанности темы.** Большое количество работ, посвященных вопросам снижения потребления трансизомеров и разработке рецептур кондитерских изделий повышенной пищевой ценности на основе растительных масел таких ученых, как Аксенова Л.М., Васькина В.А., Рензьева Т.В., Дмитриева Е.В., Коваленок А.В., Нечаев А.П., Султанович Ю.А., Духу Т.А., Караева Л.В., Мазалова Л.М., List G. R., Cantwell M. M. и др. подтверждает актуальность проведения исследований по данному направлению с привлечением различных видов нетрадиционного сырья, с целью создания продуктов функционального назначения.

Значительный вклад в разработку мучных кондитерских изделий функционального назначения внесли Магомедов Г.О., Корячкина С.Я., Скобельская З.Г., Савенкова Т.В., Могильный М.П., Цыганова Т.Б., Lindhauer M., Sloan E. И др.

**Цели и задачи исследований.** Целью настоящих исследований являлось совершенствование технологии кексов с использованием композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, и продуктов переработки зерноперерабатывающей и плодоовощной отраслей для стабилизации качества, повышения экономической эффективности, конкурентоспособности готовых изделий и придания им функциональных свойств.

В соответствии с поставленной целью решали следующие задачи:

- исследование жиросвязывающей способности (ЖСС) основных составляющих рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий по отношению к различным растительным маслам;
- моделирование композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и содержанию витамина Е, исследование её способности к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий;
- проведение сравнительного анализа химического состава и технологических свойств плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» (жиросвязывающей, жироземульгирующей и водопоглощающей способности) и моделирование смеси на их основе, оптимизированной по ЖСС;
- изучение влияния замены рецептурных компонентов смоделированной смесью порошков (ССП) при производстве кексов на основе композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и витамину Е, на ход технологического процесса, структурно-механические, физико-химические свойства эмульсии, теста и готовых изделий;
- совершенствование рецептуры и технологии производства кексов с ССП при полной замене маргарина на композицию растительных масел;
- определение показателей качества разработанных кексов в процессе хранения;

- исследование пищевой и энергетической ценности вновь разработанных кексов;
- разработка и утверждение технической документации; апробирование в промышленных условиях усовершенствованной рецептуры и технологии производства кексов; оценка экономической эффективности и конкурентоспособности кексов функционального назначения.

**Научная новизна.** Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 3 и 6 паспорта специальности 05.18.01.

Смоделирована композиция подсолнечного рафинированного, горчичного и соевого растительных масел, оптимизированная по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и содержанию витамина E.

Оптимизирован состав смеси порошков из тыквы, мандарина и гидролизата овса «Живица» с учетом их жиросвязывающей способности по отношению к смоделированной композиции растительных масел.

Научно обоснованы технологические решения для производства кексов с использованием оптимизированной композиции растительных масел и смоделированной смеси порошков взамен гидрогенизированных растительных жиров, содержащих трансизомеры жирных кислот, на основании взаимосвязи между жирнокислотным составом, структурно-механическими свойствами эмульсии и теста, физико-химическими и органолептическими показателями качества готовых изделий.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** На основании проведенных исследований оптимизированы технологические параметры, виды и соотношения основных и дополнительных рецептурных компонентов, усовершенствована рецептура кексов функционального назначения на основе композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием ССП в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами.

Использование композиции растительных масел и ССП при производстве кексов способствует повышению показателей их качества, увеличению сроков



хранения, интенсификации производства, повышению экономической эффективности и конкурентоспособности за счет снижения полной себестоимости готовых изделий и позволяет придать им функциональные свойства.

Разработана и утверждена техническая документация: РЦ 9136-14-05369827-2015; СТО 05369827 - 14 - 2015 Кексы функционального назначения. Стандарт организации; ТИ 05369827 - 14 - 2015 Кексы функционального назначения. Технологические инструкции. Проведена промышленная апробация рецептуры и технологии производства кексов «Мишка» на предприятиях Орловской и Курской областей: ЗАО «Кондитерская фабрика» и ЗАО «Корпорация ГРИНН» г. Орёл, ЗАО «Железногорский хлебозавод» г. Железногорск.

Научная новизна технических решений подтверждена двумя патентами Российской Федерации на изобретение: № 2490898 «Способ производства кекса», № 2490899 «Способ производства теста для масляного бисквита».

Результаты проведенных в рамках диссертационной работы исследований используются в учебном процессе на кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс» при изучении дисциплин: «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий», «Пищевые и биологически активные добавки», «Научные основы повышения эффективности производства продуктов питания из растительного сырья», «Технология производства продуктов питания с различными сроками хранения», «Физико-химические основы и общие принципы переработки растительного сырья», «Общие принципы создания и медико-биологические основы производства продуктов функционального и специального назначения».

**Методология и методы исследования.** Экспериментальные работы выполняли в лабораториях кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» и научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», в лаборатории ОАО

«Орёлрастмасло» г. Орёл, ЗАО «Кондитерская фабрика» г. Орёл, СГЦ «Знаменский», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области».

При проведении аналитических исследований использовали общепринятые и специальные химические, физико-химические, микробиологические, реологические и органолептические методы исследований свойств сырья, полуфабрикатов и готовых кексов.

В качестве объектов исследований были выбраны:

- масла растительные: подсолнечное рафинированное и нерафинированное, соевое, кукурузное и горчичное;
- композиция растительных масел, оптимизированная по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и содержанию витамина E;
- плодовые и овощные порошки: порошок из моркови, порошок из тыквы, порошок из апельсина, порошок из мандарина;
- гидролизат овса «Живица»;
- ССП, оптимизированная с учетом жиросвязывающей способности компонентов смеси: плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица»;
- эмульсия, тесто и выпеченные кексы, приготовленные по традиционной рецептуре и технологии, и с использованием оптимизированной композиции растительных масел и ССП.

**Положения, выносимые на защиту:**

- экспериментальное обоснование выбора растительных масел для моделирования композиции, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и содержанию витамина E;
- совокупность экспериментальных данных по технологическим свойствам плодовых и овощных порошков, гидролизата овса «Живица» и ССП, смоделированной на их основе;
- научное обоснование целесообразности применения композиции растительных масел и ССП для улучшения показателей качества эмульсии, теста

и готовых кексов; интенсификации технологического процесса; расширения ассортимента кексов функционального назначения;

- экспериментальное обоснование возможности увеличения сроков хранения кексов, изготовленных с использованием оптимизированной композиции растительных масел и ССП;

- оценка экономической эффективности и конкурентоспособности вновь разработанных кексов.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается проведением экспериментов в шестикратной повторности с применением стандартных и специальных современных методов исследований, статистической обработкой данных результатов эксперимента с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel.

Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены на III Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности» (Воронеж, 2009); VII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (Могилёв, 2010); IV Международной интернет-конференции «Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма» (Орел, 2011); III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы потребительского рынка товаров и услуг» (Киров, 2012); V Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск, 2012); I Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем» (Орел, 2012); VI Международной научно-практической Интернет-конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность продовольственных товаров» (Орел, 2012); Научно-технической интернет-конференции «Промышленная экология» (Орел, 2012); Всероссийской научно-практической конференции «Пищевые ингредиенты и инновационные технологии в производстве продукции здорового питания» (Санкт-Петербург,

2013); XIV Всероссийской заочной научно-практической конференции «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития» (Екатеринбург, 2013); VII Международной научно-практической интернет конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность продовольственных товаров» (Орёл, 2013); III Международной научно-практической интернет конференции «Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России» (Орёл, 2013); Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука» (Воронеж, 2013); Международной научно-практической и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов «Актуальные проблемы развития общественного питания и пищевой промышленности» (Белгород, 2014); III Международно-практической конференции «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований» (North Charleston, USA. – 2014); VII Международном научно-практическом симпозиуме «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов» (Москва, 2014); Международной научно-практической конференции «Техника и технология продуктов питания: Наука. Образование. Достижения. Инновации» (Улан-Удэ, 2014); IV Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2014); II Международной научно-технической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферсовместимых систем» (Орел, 2014); III Международной научно-технической конференции «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (Воронеж, 2015); Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2015).

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 30 работ, в том числе 6 статей в рекомендованных ВАК журналах, 1 монография, главы в 2 коллективных монографиях и 2 патента РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертационная работа содержит 141 страницу основного текста, 28 таблиц и 24 рисунка. Список литературы включает 157 источников российских и зарубежных авторов.

## **ГЛАВА 1      АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Одними из наиболее распространенных видов мучной кондитерской продукции являются изделия, изготовленные на основе бисквитного и кексового теста, на долю которых в наиболее полном сборнике рецептов приходится около 30% [107, 124].

Кексы представляют собой сдобные мучные изделия с большим содержанием масла, меланжа, сахара и с отделкой наружной поверхности [8, 40, 41, 45, 57, 151].

### **1.1 Особенности технологии производства кексов**

Кексы, в зависимости от способа приготовления и рецептов, подразделяют на следующие группы [45]:

1. на дрожжах;
2. на химических разрыхлителях;
3. без химических разрыхлителей и дрожжей.

Технологический процесс производства кексов состоит из следующих стадий:

1. Приготовление опары (для кексов на дрожжах).
2. Приготовление теста.

Для кексов на химических разрыхлителях и без химических разрыхлителей и дрожжей приготовление теста осуществляется в три стадии:

- а) взбивание масла с сахаром или меланжа с сахаром в зависимости от изготавливаемого сорта;
  - б) перемешивание сбитой массы с остальным сырьем, кроме муки;
  - в) замес теста с мукой.
3. Формование теста.
  4. Расстойка (для кексов на дрожжах).

5. Выпечка.

6. Отделка.

В технологии бисквитов и кексов для производства изделий высокого качества необходимо учитывать не только роль отдельных рецептурных компонентов, обеспечивающих получение теста с определенной структурой, но также технологические особенности: интенсивность и длительность механического воздействия, температурные режимы, используемое оборудование, а также процессы, происходящие при получении полуфабрикатов и выпечке.

В настоящее время известны следующие промышленные способы производства теста для бисквитных и кексовых изделий: на поточно-механизированных линиях; под избыточным давлением; однофазный и двухфазный способ приготовления теста в машинах Карпенко и МВ-60 [8, 32, 45]. При этом независимо от способа производства необходимо обеспечивать условия для равномерного перемешивания теста [135].

При производстве бисквитных полуфабрикатов на поточно-механизированных линиях, где процесс образования бисквитного теста преимущественно осуществляется путем аэрирования (то есть под избыточным давлением), поверхностная денатурация протеинов, способствующая повышению стабильности пен, происходит в меньшей степени, чем при периодическом способе производства [32, 33, 34]. В связи с этим появляется необходимость повышения стабильности пен путем использования стабилизирующих добавок [42, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 102] при производстве бисквитных полуфабрикатов на поточно-механизированных линиях.

В связи с тем, что структура готовых изделий формируется, главным образом, на стадии тестообразования, этот процесс имеет преимущественное значение при производстве бисквитных и кексовых изделий. При этом структурно-механические свойства теста и качество готовых изделий зависят от качества системы, полученной в ходе данного технологического процесса [32, 33, 44, 45, 135].

Тесто для производства бисквитов и кексов (пена-эмульсия) представляет собой дисперсную систему, состоящую из пузырьков газа (воздуха), разделенных пленками дисперсионной среды очень малой толщины. В процессе приготовления бисквитного и кексового теста происходит вовлечение во взбиваемую массу воздуха и его последующее диспергирование, что приводит к увеличению объема пены-эмульсии и сопровождается развитием внутренней поверхности системы [32, 33, 45, 48]. Важнейшей характеристикой пены-эмульсии является дисперсность, предопределяющая её качество, свойства и протекающие в ней процессы. Бисквитные и кексовые изделия также относят к пенам, характеризующимся значительной механической прочностью. Прочность и продолжительность существования пены зависят от вида пенообразователя, адсорбированного на поверхности раздела фаз газ-жидкость, и его концентрации в системе. Скорость внутреннего разрушения структуры пены, происходящего в процессе коалесценции, определяется кинетикой изменения её дисперсности. В связи с тем, что в момент получения пена не находится в состоянии гидростатического равновесия, избыточная жидкость вытекает из её верхних пленок в направлении поля силы тяжести до тех пор, пока градиент капиллярного давления не уравнивает данную силу [33, 34, 98, 101, 135].

При несвоевременной выпечке происходит самопроизвольное разрушение пены (теста) вследствие протекания процесса коалесценции, обусловленного неодинаковым давлением газа в пузырьках и его диффузным переносом [20, 98, 101].

Таким образом, производство бисквитного и кексового теста осуществляется с применением диспергационного метода получения пен, сопровождающегося интенсивным перемешиванием массы в присутствии пенообразователя, в ходе которого происходит насыщение её воздухом и образование постепенно увеличивающегося пенного слоя [33, 101, 135].

Важнейшим технологическим параметром, влияющим на процесс аэрации массы, является температура. Повышение температуры приводит к снижению вязкости жидкой фазы, в результате чего, пенообразующая способность



повышается, однако, снижается устойчивость пены. Свойство белково-сахарной смеси увеличивать объем сбиваемой пены при повышении температуры до 50 °С используется в технологии производства некоторых видов бисквитов [33, 45, 129].

В процессе выпечки при нагревании тестовых заготовок в результате протекающих коллоидных и химических процессов происходят качественные и количественные изменения состава основных пищевых веществ, структурно – механических характеристик тестовых заготовок, определяющих переход теста в готовые изделия с определенными физико-химическими и органолептическими показателями качества.

При температуре 40 – 60 °С крахмал муки интенсивно набухает и частично клейстеризуется. При 50 – 70 °С белковые вещества денатурируют и свертываются, а освобожденная при этом вода используется крахмалом в процессе клейстеризации [32, 33, 45, 135].

Снижение содержания жира (на 3 - 9%) по отношению к начальному количеству, происходящее при выпечке изделий, обусловлено удалением его части из теста с парами воды и изменением в результате гидролиза моно- и диглицеридов, а также окисления непредельных жирных кислот с образованием перекисей и гидроперекисей. Уменьшение йодного и кислотного чисел жира подтверждают изменения жирокислотного состава [4]. В процессе выпечки возможно химическое взаимодействие щелочных солей разрыхлителей с кислыми компонентами теста, что, в дальнейшем, приведет к снижению щелочности готовых изделий [32, 33, 44, 45, 135].

Таким образом, анализируя вышесказанное, можно сделать вывод о необходимости совершенствования существующей технологии производства кексов путем ускорения процесса тестоприготовления в результате сокращения стадий замеса (для кексов на химических разрыхлителях и без химических разрыхлителей и дрожжей), а также компенсации недостаточной поверхностной денатурации белков (при производстве кексов на поточно-механизированных линиях под избыточным давлением) путем использования сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами.

## 1.2 Влияние рецептурных компонентов и технологических параметров на качество кексов

Существенное влияние на качество теста для кексов и выпеченного полуфабриката оказывают технологические свойства сырья.

*Мука.* В производстве кексов главным строительным элементом при создании структуры является пшеничный крахмал, входящий в состав муки. Его функции даже важнее, чем роль белка, и это означает, что при указании требуемых свойств муки, многие показатели, основанные на измерении белка, оказываются несущественными [40, 41]. Обычно муку для кексов изготавливают из мягкой пшеницы с содержанием клейковины 28-34 % слабого или среднего качества [32, 40, 45]. Традиционно это делается в целях ограничения формирования клейковины в тесте. Исключение составляет мука, предназначенная для фруктовых кексов, где наличие дополнительного белка способствует равномерному распределению фруктов и других добавок и их удерживанию в кексовом тесте и выпеченном изделии [40].

Работами ВНИИКП установлена целесообразность использования при производстве бисквитов и кексов муки со слабой клейковиной, что приводит к получению изделий с тонкостенной пористостью, улучшенными вкусовыми характеристиками и высокой сжимаемостью мякиша. Это объясняется относительно низкой водопоглотительной способностью такой муки и снижением упругости клейковины [44, 45].

Мука, предназначенная для использования в производстве высокорецептурных кексов, обычно подвергается определенной обработке. Один способ предусматривает обработку муки газообразным хлором, но во всем мире использование хлорирования все более ограничивается. Во многих странах хлорирование заменяют на сухую термообработку муки. Степень хлорирования и тепловой обработки муки, предназначенной для производства кексов, могут различаться в зависимости от возможного использования муки. Например, высокобелковая мука для производства фруктовых кексов может подвергаться

более интенсивной обработке, чем мука для производства бисквитов и кексовых батончиков [40].

Еще одним отличительным свойством муки для высокорецептурных кексов является уменьшение размеров частиц муки, что достигается повторным помолом или разделением в потоке воздуха, либо сочетанием этих мукомольных технологий. Крупнота помола муки влияет на ее водопоглотительную способность, скорость образования теста и, следовательно, на его консистенцию. Чем крупнее частицы муки, тем с меньшей скоростью происходит процесс образования теста, что связано со снижением скорости проникновения воды внутрь белка [4, 40]. Возможность использования сырья с крупными частицами в технологии кекса, предусматривающей ограниченное набухание белков клейковины муки, не исследовалась и требует своего изучения. Для уменьшения количества и ослабления клейковины пшеничной муки на практике в рецептуры кексов включают картофельный крахмал до 25 % от массы муки [32, 40, 45].

*Сахар.* Сахар, наряду с тем, что он формирует вкус изделий, является структурообразователем коллоидной системы теста [33, 45]. В технологии кексов с использованием и без использования химических разрыхлителей сахар выполняет роль стабилизатора пенной структуры. Сахар также оказывает значительное влияние на параметры клейстеризации крахмала пшеничной муки. Так как при формировании структуры кекса важная роль принадлежит крахмалу, то даже незначительные изменения в ходе его клейстеризации будут существенно влиять на качество готовых изделий. С увеличением дозировки сахара в рецептуре кекса возрастает температура клейстеризации крахмала муки и позднее происходит стабилизация структуры кекса (превращение пены в губку) [33, 40].

Присутствие в жидкой фазе теста сахаров, покрытых гидратными оболочками, снижает осмотическое набухание белков муки. Наибольшей способностью к гидратации обладают молекулы сахарозы. При температуре 20 °С они связывают и удерживают от 8 до 12 молекул воды. В связи с этим увеличение рецептурного количества сахара приводит к уменьшению содержания свободной

влаги и повышению осмотического давления в жидкой фазе теста, что снижает набухание коллоидов муки [40, 45].

В связи с тем, что при приготовлении кексов используется до 35 % сахара, данные изделия характеризуются высокой энергетической ценностью и не могут быть использованы в диетическом питании [42, 44, 45].

Зайцева Л.Ф и Корсакова И.В. установили улучшение показателей качества полуфабрикатов и готовых изделий при снижении рецептурного количества сахара на 10 %, что обуславливается ростом пенообразующей способности яично-сахарной смеси, уменьшением плотности теста, а также повышением сжимаемости мякиша, удельного объема и пористости готовых изделий [42].

Стабилизирующее действие сахара на пену белка объясняется частичной дегидратацией и денатурацией последнего, в результате чего повышается устойчивость пены [32, 42].

Установлено, что снижение закладки сахара на 10-15 % от рецептурного количества не ухудшает качества выпеченного полуфабриката [130]. Снижение сахара в рецептуре более чем на 20 % сокращает сроки хранения готовых изделий. Дальнейшее понижение содержания сахара в рецептуре приводит к резкому снижению удельного объема, пористости, ухудшению структурно-механических и органолептических свойств готовых изделий [130].

Негативное воздействие сахарозы на пенообразующую способность можно уменьшить путем использования инвертного сахара. Высокая гигроскопичность фруктозы и глюкозы, входящих в его состав, замедляет процесс потери влаги готовыми изделиями при хранении. Использование инвертного сахара взамен сахарозы приводит к снижению плотности теста, повышению его объема, а также сокращению времени взбивания, однако такой бисквит в процессе выпечки оседает. Фруктоза вследствие высокой гигроскопичности более длительное время сохраняет свежесть изделий, однако из-за высокой стоимости ее использование ограничено и нецелесообразно [8, 20, 32, 57].

Сахар-песок оказывает положительное влияние на устойчивость эмульсий, замедляя при этом процесс эмульгирования, что обусловлено его способностью

повышать вязкость дисперсионной среды и поверхностное натяжение на границе раздела фаз [33, 45].

Таким образом, на основании вышесказанного, можно сделать вывод о том, что одним из эффективных способов влияния на процессы эмульгирования, набухания белков и клейстеризацию крахмала муки с целью получения изделий с определенными физико-химическими, структурно-механическими и органолептическими показателями качества является изменение рецептурного количества сахара-песка, в том числе путем его замены нетрадиционным сырьем с высокой пищевой ценностью.

*Яйцепродукты.* Яичные продукты при производстве мучных кондитерских изделий выступают в роли натурального пенообразователя и эмульгатора, способствуют формированию пористой структуры, фиксации формы, улучшают органолептические свойства по показателям вкус, запах и цвет. Высокое содержание аминокислот, в том числе незаменимых, в яичном белке повышает пищевую ценность готовых изделий [19, 45, 155].

В технологии кексов с использованием и без использования химических разрыхлителей яйцепродукты обеспечивают формирование пенообразной структуры полуфабрикатов, выступают в качестве основного источника влаги. Уменьшение рецептурного количества яиц приводит к снижению объема, пористости и ухудшению структурно-механических свойств готовых изделий. Замена яичных продуктов в рецептурах мучных кондитерских изделий другими видами сырья, обладающими стабилизирующими и эмульгирующими свойствами, позволяет снизить их энергетическую ценность и расширить сырьевую базу [32, 44].

Пенообразующим агентом в тесте для производства кексов является яичный белок. В процессе получения пенообразной структуры полуфабрикатов происходит ориентация белковой молекулы на границе раздела фаз и её развертывание, сопровождающееся поверхностной денатурацией. Денатурированный белок формирует опорную структуру системы и стабилизирует её [10, 32, 33, 34].

*Крахмал.* При формировании структуры кекса важная роль принадлежит крахмалу. В связи с этим на качество готовых изделий будут влиять даже незначительные изменения в ходе его клейстеризация [40].

Увеличение доли сахара в рецептуре кекса приводит к возрастанию температуры клейстеризации крахмала, в результате чего позднее происходит стабилизация его структуры (превращение пены в губку), что позволяет получать изделия более высокого объема [4, 40, 45].

Другой важнейший ингредиент, влияющий на температуру клейстеризации крахмала, - вода. Количество воды в рецептуре имеет значение для растворения сахара и гидратации гранул крахмала, набухания и в конечном итоге – клейстеризации. Практика показала, что соотношение сахара: вода около 0,5 позволяет получать кексы хорошего качества [40].

При добавлении крахмала в количестве 10 - 25 % от массы пшеничной муки наблюдается снижение плотности теста для бисквитов и кексов с использованием и без использования химических разрыхлителей, повышение объема изделия. Дальнейшее увеличение доли крахмала (более 25 %) является нежелательным, так как приводит к чрезмерной крошливости мякиша бисквитов и кексов [8, 45].

Использование крахмала, а также его производных (декстринов) позволяют увеличить пенообразующую способность, поскольку они проявляют некоторые свойства поверхностно-активных веществ [3, 19].

*Жиры* Важная роль в образовании теста принадлежит жирам. Жиры способны вступать во взаимодействие с молекулами белков и крахмала (путем образования комплексов с амилазой), изменяя при этом их структуру и свойства [4, 19, 45]. Поэтому при прогнозировании влияния рецептурного жирового компонента на показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий, необходимо учитывать не только его химический состав, но и физическое состояние.

Считается, что жировые продукты, входящие в рецептуры мучных кондитерских изделий (МКИ), оказывают влияние на свойства

клейковины [4, 45]. Жиры повышают пластичные свойства теста и увеличивают содержание жидкой фазы в нем за счет адсорбции на поверхности макромолекул белка и крахмала и, как следствие, замедления процесса набухания коллоидов муки [4, 32, 33, 45, 57].

Способность вносимых жиров вступать во взаимодействие с компонентами теста определяется их жирнокислотным составом: чем выше содержание ненасыщенных жирных кислот, тем больше они сорбируются основными составляющими рецептурных компонентов МКИ [4, 45].

В формировании разрыхленной структуры и текстуры при выпечке изделий существенная роль принадлежит кристаллам жира. Маргарин, имеющий мелкокристаллическую структуру, обеспечивает однородную рассыпчатую консистенцию. При взбивании маргарина вокруг пузырьков воздуха образуются защитные оболочки в виде кристаллов жира. Последние ограничивают диффузию газа через стенки воздушных пузырьков в критической стадии выпечки при 35 – 38 °С и перед стадией поглощения воды из клейковины набухающими зернами крахмала, что делает клейковину более прочной и эластичной. Кристаллы жира, сконцентрированные вокруг воздушных пузырьков, тают, и белковая масса объединяется с поверхностью пузырьков при их расширении, увеличивая сопротивление разрушению. Эта стабилизация пор способствует образованию наиболее постоянного объема и наиболее тонкой текстуры [7].

Роль твердого жира при производстве мучных кондитерских изделий заключается в обеспечении захвата воздуха во взбиваемый полуфабрикат (пену-эмульсию, тесто), его равномерного распределения и получения стабильной высокодисперсной системы [40].

Считается [19, 45], что для лучшего распределения жиров между частицами муки и придания слоистой структуры изделиям, жиры лучше вводить в тесто в виде тонко диспергированной эмульсии.

В настоящее время наиболее широкое применение при производстве мучных кондитерских изделий находят маргарины.

Использование маргаринов имеет ряд преимуществ:

- максимальная возможность к поглощению воздуха, что обуславливает высокую способность к аэрированию (позволяют получить пышную, насыщенную воздухом массу);

- постоянство структурно-механических характеристик, способствует созданию мелкодисперсной системы, равномерному распределению маргарина среди других рецептурных компонентов теста;

- наличие в составе эмульгаторов (способствует созданию мелкодисперсной эмульсии, замедлению процесса ретроградации крахмала) [7].

Однако в маргарине содержится свыше 50 % трансизомеров олеиновой кислоты [36]. Трансизомеры существуют в природе и содержатся в таких продуктах, как сливочное масло, молоко и яйца, но их количество не превышает 5 % к общему жиру [24, 27, 36, 57].

Достоверно установлено, что потребление трансизомеров оказывает негативное влияние на здоровье человека, вызывая развитие ишемической болезни сердца, склероз кровеносных сосудов, сердечную недостаточность. Медицинскими исследованиями установлено, что потребление трансизомеров повышает риск возникновения раковых опухолей, диабета, болезней печени и бесплодия [27, 56, 70, 139, 147].

*Влияние температуры.* Важнейшим технологическим параметром, предопределяющим физические свойства теста и качество получаемых изделий, является температура. Повышение температуры теста увеличивает скорость растворения кристаллического сырья и набухания коллоидов муки, приводит к частичной дегидратации сахарозы и, как следствие, увеличению доли свободной влаги в тесте [33, 45]. Кроме того, увеличение температуры приводит к снижению вязкости дисперсионной среды и поверхностного натяжения на границе раздела фаз, что положительно влияет на процессы эмульгирования и пенообразования [33].

Колебания температуры, например кексового (масляного бисквита) теста влияет на следующие процессы [33, 57]:



- Скорость растворения ингредиентов, особенно сахара. Чем ниже температура теста, тем дольше будет растворяться сахар. Это особенно заметно при использовании крупного сахара-песка, когда возможно образование белых пятен или крапинок при выпечке кексов.
- Скорость гидратации крахмала в муке – чем ниже температура теста, тем медленнее гидратация крахмала.
- Взбиваемость жира и его способность к аэрации – обычно, чем ниже температура теста, тем хуже взбиваемость жира и ниже степень аэрации теста. Данный факт приводит к снижению объема кексов и ухудшению органолептических характеристик.
- Функциональные свойства эмульгаторов, используемых для улучшения взбивания кексового теста, также зависят от температуры.
- Скорость реакции компонентов разрыхлителя изменяется. Все химические реакции замедляются при снижении температуры или протекают слишком стремительно при ее повышении. Изменение количества углекислого газа, выделившегося при реакции компонентов разрыхлителя между собой, оказывает непосредственное воздействие на форму кекса, объем и структуру.
- Усложняется определение заданной массы теста, поскольку возможны колебания плотности теста от партии к партии, связанные с состоянием жира и эмульгатора и со скоростью реакции разрыхлителя [40, 41, 57, 115].

*Влияние времени.* Время диспергирования зависит от природы смешиваемых жидкостей, частоты перемешивания, устройства мешалки, ее размеров и формы, а также температуры [33, 136].

Оптимальным при получении эмульсий является перемешивание в течение 15-20 минут. В связи с тем, что при достижении определенного размера, капли жидкости перестают дробиться, дальнейшее перемешивание сверх оптимального времени является нецелесообразным и приводит к увеличению затрат на производство МКИ. Эффективность перемешивания зависит от вида

используемого оборудования и его характеристик, формы и размеров сосуда [33, 34, 115].

*Влияние рН среды.* Важной характеристикой продуктов эмульсионного типа является активная кислотность (рН). Ее величина предопределяет устойчивость эмульсий, стабилизированных белками и некоторыми полисахаридами, создает условия для развития полезной или вредной микрофлоры и др. Эмульсии, стабилизированные белками, более устойчивы при рН, близком к их изоэлектрической точке при условии, что белок растворим в данной точке [12, 33, 37, 44].

При рН, близком к изоэлектрической точке, уменьшаются силы электростатического отталкивания между белковыми молекулами и повышается жесткость межфазных адсорбционных слоев, что способствует снижению деформации и разрушения жировых капель [33, 44, 115].

Анализ выше представленной информации показывает необходимость расширения сырьевой базы при производстве кексов путем использования нетрадиционного сырья с учетом основных технологических параметров (температуры, времени и показателя рН), а также целесообразность замены им части основного сырья (например, меланжа) с одновременным использованием, при необходимости, дополнительного сырья (например, крахмала взамен части муки) с целью улучшения показателей качества готовых изделий, повышения их пищевой ценности и экономической эффективности.

### **1.2.1 Жиры в производстве мучных кондитерских изделий**

При производстве мучных кондитерских изделий жиры служат для придания необходимых структурно-механических свойств тесту и требуемого качества готовым изделиям, участвуют в формировании вкуса и аромата [4, 20, 23, 45, 57].

В качестве жирового сырья в рецептурах мучных кондитерских изделий, в том числе кексов, традиционно применяют жиры твердой консистенции –

маргарины, сливочное масло, кондитерские жиры, которые получают из гидрогенизированных растительных масел [107, 124].

Жиры для кондитерской и хлебопекарной промышленности представляют собой смеси с содержанием жира не менее 82 %, в которые входят пищевые саломасы, растительные масла, животные жиры, эмульгаторы и другие компоненты. Наибольшее применение в производстве мучных кондитерских изделий получили маргарины, относящиеся к высококачественным жирам, вырабатываемым на основе растительных масел и животных жиров (в натуральном и переработанном виде) с добавлением различных компонентов. Они представляют собой высокодисперсную эмульсию жира и воды, что наряду с высокой температурой плавления определяет хорошую усвояемость продукта – до 94 %. В последние годы ассортимент маргарина, выпускаемого отечественной промышленностью, значительно расширился [7, 36, 40, 65].

При изготовлении выпечных изделий, в рецептуре которых используется только сливочное масло, необходимо учитывать следующие моменты. Так как содержание твердых триглицеридов (ТТГ) при низкой температуре очень велико, масло нельзя использовать сразу после извлечения из холодильника, перед обработкой его температуру необходимо повысить. Достижение оптимальной температуры сливочного масла очень важно для его эффективного использования.

Содержание сухих веществ в масле ниже, чем обычно считается желательным для изготовления кексов, поэтому при использовании только масла будет потерян объем. Внесение в рецептуру подходящего эмульгатора обычно позволяет решить эту проблему.

Для обеспечения устойчивых параметров при обработке и выпечке изделий со сливочным маслом его нужно использовать при температуре между 14 и 20 °С, в зависимости от вида изделий. В производстве кексового теста масло играет главную роль в захвате воздуха и поэтому должно оставаться достаточно пластичным во время замеса. В этом случае наиболее подходящим будет верхнее значение данного температурного диапазона [40].

Жиры «СОЮЗ 50 Э», «СОЮЗ 52 Э», «СОЮЗ 52L Э», «СОЮЗ 53 Э» используются в производстве мучных кондитерских изделий в качестве заменителя молочного жира. По своим свойствам они максимально приближены к сливочному маслу, но при этом лишены его основных недостатков: высокого содержания трансизомеров ненасыщенных жирных кислот (до 8 %) и высокого суммарного содержания насыщенных жирных кислот [1].

В Европейских странах для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий уже много лет применяют специальные узконаправленные жиры, разработанные с учетом особенностей конкретного изделия, что позволяет достичь максимального эффекта при их производстве. Такие жировые продукты называются «шортенингами», производят их специально для хлеба, сдобных изделий, кексов, бисквитов и др. В шортенингах жировая суспензия стабильна, так как твердые частицы глицеридов и эмульгаторов равномерно распределены в жидкой фазе растительных масел [1, 4, 57].

Использование жидких растительных масел при производстве МКИ ограничено. Есть мнение, что данные масла в тесте собираются в виде крупных капелек и не обволакивают частицы муки, плохо удерживаются изделиями и выделяются из них в процессе хранения [19, 103, 104, 105]. Однако жидкие растительные масла содержат в своем составе значительное количество витаминов, микро- и макроэлементов, а также полиненасыщенные жирные кислоты, которые не синтезируются в организме человека и должны поступать в него с пищей. При этом содержание трансизомеров в них не превышает 1,5 % к общему жиру [47, 49, 65]. Все это предопределяет высокую пищевую ценность растительных масел и их функциональные свойства.

В связи с вышесказанным можно сделать вывод о том, что, несмотря на хорошие технологические свойства, твердые жиры характеризуются высоким содержанием трансизомеров жирных кислот. Кроме того, значительная часть твердых жиров, используемых в кондитерской промышленности, производится за границей и в настоящее время запрещена к ввозу на территорию Российской Федерации. Всё это создает предпосылки для поиска альтернативных видов

жирового сырья, в том числе для производства мучных кондитерских изделий. В данном случае возможно применение переэтерифицированных жиров, либо растительных масел, производимых на территории нашей страны, при одновременном введении сырья, обладающего стабилизирующими и эмульгирующими свойствами.

Озабоченность мирового сообщества опасным воздействием на организм человека трансизомеров жирных кислот привела к развитию альтернативных путей получения маргаринов, шортенингов и других жиров специального назначения. В настоящее время существует два способа модификации, позволяющие получить специализированные жиры без трансизомеров жирных кислот, либо с низким их содержанием:

- переэтерификация (в зависимости от типа катализатора: химическая и энзимная);
- фракционирование («сухое» и в растворителе) [51].

Термин «переэтерификация» относится к реакции жиров и масел, в которой сложные эфиры жирных кислот реагируют между собой или с жирными кислотами, в результате чего происходит обмен жирнокислотными группами, и образуются новые сложные эфиры. Существует химическая и энзимная переэтерификация. Энзимная переэтерификация перед химической имеет ряд преимуществ: это единственный метод модификации, позволяющий получать жиры с определенным распределением жирных кислот в молекуле; улучшение технологических свойств: позволяет получать маргарины, обогащенные полиненасыщенными жирными кислотами семейств  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6; повышение усвояемости жиров [28, 51]. Было показано, что потребление переэтерифицированных жиров не увеличивает содержание в крови глюкозы, инсулина и холестерина. Потребление химически переэтерифицированных жиров может повышать риск возникновения сердечно – сосудистых заболеваний у людей с повышенной массой тела.

Фракционирование представляет собой процесс обратимой термомеханической сепарации, т.е. под действием контролируемого охлаждения

и механической обработки происходит формирование твердой фазы (кристаллов) расплава масла с последующими фильтрацией и расщеплением исходного сырья на две фракции: твердую (стеарин) и жидкую (олеин). Каждая фракция имеет свои физико-химические показатели. Так как фракционирование – управляемый процесс, то можно получить продукты разной степени твердости, температуры плавления, с различным триглицеридным составом [51, 52].

Однако в России данные методы модификации жиров мало распространены. Из-за высокой стоимости производство пока не имеет возможности перейти на работу с данными жирами [63].

### **1.3 Характеристика растительных масел и их роль в питании человека**

На территории России производят растительные масла преимущественно жидкой консистенции. Жидкие растительные масла содержат малые количества насыщенных жирных кислот, в них практически нет трансизомеров (0,5 — 1,5 % к общему жиру [47, 49, 65]). Благодаря уникальной композиции жирных кислот, в том числе значительному содержанию незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, токоферолов, фосфолипидов и каротиноидов, жидкие растительные масла имеют высокую пищевую ценность. К достоинствам жидких растительных масел можно отнести длительные сроки хранения, невысокую стоимость, удобство в хранении, дозировании и применении [49]. Кроме того, растительные масла имеют следующие преимущества перед маргарином и кондитерскими жирами:

- они обезвожены, массовая доля сухих веществ 99,9 %;
- наличие незаменимых жирных кислот и отсутствие коротких углеводных цепочек;
- в них нет холестерина, они хорошо усваиваются организмом благодаря высокому содержанию ненасыщенных жирных кислот;
- технологичны, дают возможность получать однородные стойкие эмульсии;
- имеют нейтральный вкус, без посторонних привкусов и запахов, способны подчеркнуть вкус других рецептурных компонентов;

- изделия, их включающие, при хранении не приобретают мыльного привкуса, поскольку жиры не содержат лауриновой кислоты [35].

По рекомендации НИИ питания РАМН и Американской Национальной Академии наук содержание жиров и масел в ежедневном рационе должно составлять 30 % общей калорийности (от 60 до 154 г / сутки). При этом на долю насыщенных жиров должно приходиться не более 6 - 10 % общей калорийности дневного рациона [25, 26, 47, 58, 91].

Насыщенные жиры используются организмом в основном на энергетические цели. Избыточное потребление насыщенных жиров, сверх энергетических потребностей организма, способствует повышению в крови уровня общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности и, как следствие, развитию сердечнососудистых заболеваний. Поэтому для снижения уровня потребления насыщенных жиров рекомендуется замена жиров животного происхождения нативными растительными маслами [25, 26].

Мононенасыщенные жирные кислоты, из которых наиболее распространена олеиновая, участвуют как в синтезе запасных, так и структурных липидов, и содержатся во всех растительных маслах. Растительные масла, богатые олеиновой кислотой, способствуют снижению холестерина и липопротеинов низкой плотности в крови, а среди технологических преимуществ отличаются низкой скоростью окисления [25, 26, 65].

Особое место в питании человека занимают полиненасыщенные жирные кислоты. Они участвуют в образовании структурных липидов и различных физиологически активных веществ. Их недостаток приводит к изменению жирно-кислотного состава клеточных мембран, вызывающему нарушение их функциональной стабильности, что проявляется в снижении устойчивости к повреждающему воздействию и увеличению их проницаемости. В конечном итоге, это ведет к возникновению различных заболеваний: ожирению, аритмии, гипертонии, атеросклерозу, тромбозам, сахарному диабету, псориазу, воспалительным процессам, ревматоидному артриту, язвенным колитам, доброкачественным опухолям, онкологическим заболеваниям. Так как эти

кислоты не синтезируются в организме человека и должны поступать в него с пищей, их назвали незаменимыми или эссенциальными. Полиненасыщенные жирные кислоты подразделяют на две группы:  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3. К первой группе относятся линолевая и арахидоновая кислоты, ко второй – линоленовая, эйкозопентеновая и докозогексаеновая кислоты. Полиненасыщенные жирные кислоты содержатся в растительных маслах и отсутствуют в животных жирах [25, 26, 60, 62, 63, 66, 91, 126, 128].

Однако, если эти кислоты не находятся в определенном соотношении  $\omega$ -6: $\omega$ -3 от 3 - 5:1 (для лечебно-профилактического питания) до 5 - 10:1 (для питания здоровых людей), то они плохо усваиваются организмом, и не происходит полноценный метаболизм простогландинов - гормоноподобных молекул, имеющих большое значение для регуляции деятельности сердечнососудистой, пищеварительной, нервной, иммунной систем, производства стероидов и синтеза гормонов [25, 38, 39, 58, 128].

Натуральные жировые ингредиенты представлены широким спектром всех видов растительных масел, производимых в мире.

Основным преимуществом подсолнечного масла по сравнению с другими растительными маслами является его низкая стоимость. В состав подсолнечного масла входят ценные для организма питательные вещества, а также витамины А, D, E и F. Преимущество подсолнечного масла в том, что ненасыщенные жирные кислоты, входящие в его состав, участвуют в качестве обязательного компонента в образовании клеточных мембран и оболочек нервных волокон. Они обладают свойством выводить холестерин, оказывают нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов, препятствуют развитию атеросклероза, являющегося наиболее частой причиной возникновения сердечнососудистых заболеваний и нарушений мозгового кровообращения.

Целебные свойства подсолнечного масла широко используются в народной медицине при лечении тромбофлебита, зубной боли, хронических заболеваний желудка, кишечника, печени, легких. Оно занимает первое место по производству и потреблению в России [65].



В подсолнечном масле в среднем содержится: витамина Е – 42 мг, в том числе  $\alpha$ -токоферолов – 39 мг,  $\beta$ + $\gamma$ -токоферолов – 1 мг,  $\delta$ -токоферолов – 2 мг; насыщенных жирных кислот (г/100 г) – 11,3; мононенасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 23,8, в том числе олеиновой – 23,7; полиненасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 64,05, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) – 64, линоленовой ( $\omega$ -3) – 0,05 [133, 134].

Горчичное масло содержит до 16 % линоленовой жирной кислоты ( $\omega$ -3), до 25 % линолевой кислоты ( $\omega$ -6), до 40 % олеиновой кислоты, витамины А, В6, РР, D, Е, К, Р, что ставит его в ряд наиболее полезных для организма. Оно устойчиво к окислительным и гидролитическим процессам (благодаря высокому содержанию олеиновой кислоты), а его антисептические и бактерицидные свойства обеспечивают пищевым продуктам, с его введением, устойчивость к различным видам порчи. Незначительные добавки горчичного масла способствуют консервации других растительных масел [47, 49, 65].

В горчичном масле в среднем содержится: витамина Е – 33 мг, в том числе  $\alpha$ -токоферолов – 15 мг,  $\beta$ + $\gamma$ -токоферолов – 17 мг,  $\delta$ -токоферолов – 2 мг; насыщенных жирных кислот (г/100 г) – 3,9; мононенасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 67,6, в том числе олеиновой – 22,4; полиненасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 23,4, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) – 17,8, линоленовой ( $\omega$ -3) – 5,6 [133, 134].

Отличительной особенностью соевого масла является то, что содержание токоферолов в нем составляет примерно 1300 мг/кг в сыром масле, что обеспечивает его устойчивость к окислению. Фитостерины, содержащиеся в масле в большом количестве, благоприятно воздействуют на кожу, омолаживают её [65].

В соевом масле в среднем содержится: витамина Е – 114 мг, в том числе  $\alpha$ -токоферолов – 10 мг,  $\beta$ + $\gamma$ -токоферолов – 67 мг,  $\delta$ -токоферолов – 37 мг; насыщенных жирных кислот (г/100 г) – 13,9; мононенасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 19,8, в том числе олеиновой – 19,8; полиненасыщенных жирных кислот

(г/100 г) – 61,2, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) – 50,9, линоленовой ( $\omega$ -3) – 10,3 [133, 134].

Одно из главных достоинств кукурузного масла – высокое содержание витамина Е – вдвое больше, чем в подсолнечном и оливковом маслах. Кукурузное масло благоприятно влияет на обменные процессы в организме и уровень холестерина в крови, улучшает пищеварение, стимулирует работу печени, желчного пузыря, кишечника, предупреждает проницаемость и ломкость капилляров. Кукурузное масло полезно при лечении «женских» и нервных заболеваний. Благодаря высокому содержанию витамина Е, кукурузное масло способствует нормальной работе эндокринной системы, особенно – половых желез, гипофиза, надпочечников, щитовидной железы [49, 65].

В кукурузном масле в среднем содержится: витамина Е – 93 мг, в том числе  $\alpha$ -токоферолов – 11 мг,  $\beta$ + $\gamma$ -токоферолов – 75 мг,  $\delta$ -токоферолов – 7 мг; насыщенных жирных кислот (г/100 г) – 13,3; мононенасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 24, в том числе олеиновой – 24; полиненасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 57,6, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) – 57, линоленовой ( $\omega$ -3) – 0,6 [133, 134].

Рапсовое масло оказывает благотворное влияние в борьбе с заболеваниями человека. Ценность этого масла в том, что оно богато полиненасыщенными жирными кислотами, фосфатидами, токоферолами и другими биологически активными веществами [49], кроме того рапсовое масло является традиционным для России и производится в большом количестве. Однако оно содержит в своем составе значительное количество эруковой кислоты, оказывающей неблагоприятное влияние на здоровье человека, поэтому использование его при производстве мучных кондитерских изделий, основными потребителями которых являются дети, не целесообразно [65].

В рапсовом масле в среднем содержится: витамина Е – 59 мг, в том числе  $\alpha$ -токоферолов – 15 мг,  $\beta$ + $\gamma$ -токоферолов – 38 мг,  $\delta$ -токоферолов – 6 мг; насыщенных жирных кислот (г/100 г) – 3; мононенасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 70, в том числе олеиновой – 28,1, эруковой – 33; полиненасыщенных жирных кислот

(г/100 г) – 22,4, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) – 13,9, линоленовой ( $\omega$ -3) – 8,5 [133, 134].

Кунжутное масло содержит большое количество олеиновой и линолевой кислот, несколько меньше пальмитиновой, стеариновой и арахидиновой. В 100 граммах кунжутного масла содержится суточная норма кальция. Оно способствует укреплению костной ткани, используется для профилактики остеопороза, показано пожилым и беременным [47, 49, 65]. Однако кунжутное масло является дорогостоящим и нетрадиционным для России, кроме того оно неустойчиво к окислительным процессам.

В кунжутном масле в среднем содержится: витамина Е – 29 мг, в том числе  $\beta$ + $\gamma$ - токоферолов – 27 мг,  $\delta$ -токоферолов – 2 мг; насыщенных жирных кислот (г/100 г) – 14,2; мононенасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 40,2, в том числе олеиновой – 39,9; полиненасыщенных жирных кислот (г/100 г) – 40,3, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) – 40,3 [133, 134].

Таким образом, несмотря на большое количество достоинств, растительные масла характеризуются таким недостатком, как отсутствие сбалансированности по соотношению  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот [66, 126, 128]. В связи с этим при разработке рецептур МКИ функционального назначения необходимо производить моделирование соотношений различных жиров с учетом их жирнокислотного состава.

Однако использование жидких растительных масел в качестве рецептурного компонента теста при изготовлении мучных кондитерских изделий ограничено вследствие того, что они плохо удерживаются полуфабрикатами и готовыми изделиями, мигрируют из них при производстве и хранении [19, 103, 104, 105], что снижает не только пищевую ценность, сроки хранения, но и органолептические свойства готовых изделий.

В связи с вышесказанным, использование жидких растительных масел при производстве МКИ возможно, однако с целью стабилизации пищевых систем необходимо использовать сырье, обладающее эмульгирующими и стабилизирующими свойствами.

## **1.4 Нетрадиционное сырье в производстве мучных кондитерских изделий функционального назначения**

В настоящее время основными направлениями экологизации продуктов питания, в том числе мучных изделий, является разработка ассортимента функциональных пищевых продуктов путем использования нетрадиционного сырья, а также повышение эффективности технологического процесса их производства [5, 21, 64].

Одними из наиболее распространенных видов мучной продукции являются изделия, изготовленные на основе бисквитного теста, в том числе кексы [44, 107, 124]. Однако ассортимент выпускаемых бисквитных и кексовых изделий ограничен и требует совершенствования с точки зрения повышения их пищевой ценности и придания им функциональных свойств.

Большое количество работ современных отечественных и зарубежных ученых, посвященных разработке мучных изделий с улучшенными показателями качества и высокой пищевой ценностью, доказывает целесообразность использования различных пищевых добавок, белково-компонитных смесей, фруктовых и овощных порошков, пюре и т.д. [3, 6, 9, 21, 43, 44, 48, 53, 55, 74, 85, 86, 87, 135], характеризующихся высокой жиросвязывающей, жирозэмульгирующей и водопогложительной способностью.

Жиросвязывающая способность (ЖСС) объясняется физическим захватыванием, связыванием и удерживанием масла молекулами сырья благодаря наличию гидрофобных группировок, которые взаимодействуют с липидами, а также адсорбцией масла поверхностью твердых частиц. Данная способность рецептурных компонентов играет значительную роль в формировании качества полуфабрикатов и готовых изделий при использовании жидких растительных масел [19, 23, 103, 138].

Жирозэмульгирующая способность (ЖЭС) характеризует способность системы распределять частицы жира и удерживать их в распределенном состоянии [19, 103].

Водопоглотительная способность (ВПС) характеризует способность рецептурных компонентов связывать и удерживать влагу в процессе технологической обработки. Это свойство позволяет прогнозировать соотношение компонентов рецептуры для обеспечения необходимых водоудерживающих и реологических свойств пищевых систем, формирования однородной консистенции, выхода, снижения потерь и брака при технологической обработке [19, 95, 103].

Тумановой А.Е. предложен способ производства мучных кондитерских изделий с внесением в эмульсию комбинации пектина и микрокристаллической целлюлозы [77]. Увеличивается биологическая ценность мучных кондитерских изделий и улучшается их качество.

Введение комбинации пектина и микрокристаллической целлюлозы приводит к улучшению структурно-механических свойств кондитерского теста.

Исследования Тумановой А.Е. показали, что присутствие смеси пектина и микрокристаллической целлюлозы замедляет процесс набухания белков муки и снижает долю клейковины в тесте. Данный эффект обусловлен, во-первых, высокой водоудерживающей способностью пектина и микрокристаллической целлюлозы и, во-вторых, адсорбцией микрокристаллической целлюлозы на поверхности зерен крахмала и глобулярных белков муки, что обеспечивает снижение их способности к набуханию.

Известно, что упруго-эластические свойства тесту из пшеничной муки сообщает прочный белковый каркас - клейковина. Снижение упругих свойств кондитерского теста обеспечивается сокращением количества клейковины, что повышает его пластичные свойства и делает более технологичным [77].

За последние годы спрос на низкокалорийные подслащивающие вещества резко повысился, при одновременном сокращении потребления сахара. Наибольшую популярность приобрела стевия и продукты её переработки, а также углеводное составляющее топинамбура - инулин, подсластители - лактитол, изомальт, растворимые диетические волокна – рафтилоза (олигофруктоза). Их использование взамен сахара-песка в рецептурах мучных кондитерских изделий, в

том числе кексов, позволяет получать продукцию функциональной антидиабетической направленности с улучшенными структурными свойствами [43, 48, 55].

В настоящее время установлена перспективность использования казеинатов молочного сырья, являющихся хорошими пенообразователями, для замены дорогостоящих яичных продуктов при производстве мучных кондитерских изделий, в том числе кексов, без значительного снижения их биологической ценности [135].

Замена части яиц казеинатом натрия в рецептурах мучных кондитерских изделий приводит к снижению их калорийности за счет уменьшения содержания жира. При дальнейшей разработке рецептур МКИ рекомендуется снижать количество сахара на 5 - 8 % в связи с увеличением содержания сахаров в образцах с казеинатом натрия [135].

Французскими учеными предложен способ получения мучных кондитерских изделий, в состав которых входит до 3 % муки люпина от общего количества используемой муки. Добавление муки люпина в тесто способствует улучшению его структурно-механических свойств, повышению вкусовых качеств готовых изделий и увеличению сроков их хранения [135, 157].

Евдокимовой О.В. рассмотрено влияние апельсиново-женьшеневого сиропа, в рецептуру которого входит экстракт корня женьшеня, на изменение технологических свойств теста и показателей качества полуфабрикатов для производства кексов с целью обогащения их физиологически функциональными ингредиентами и придания им функциональных свойств. Оптимальная дозировка сиропа на стадии взбивания взамен сахара или яично-сахарной смеси - 10 % [21].

Для повышения биологической ценности кексов установлена возможность использования овсяной мучки, белковой муки из пшеничных отрубей [75], восстановленного сухого обезжиренного молока [76], соевой пасты [78] и т.д. Введение коллагенового гидролизата позволяет повысить биологическую ценность кексов без увеличения себестоимости и розничной цены [84, 88].

Исследования, проводимые в нашей стране и за рубежом, по использованию в качестве добавок к полуфабрикатам из бисквитного и кексового теста овощей, круп (в частности пшеничных отрубей), различных фруктовых порошков, фруктовых паст доказали целесообразность их использования для снижения калорийности и повышения пищевой ценности изделий [44, 89].

Харчук Г.М. [132] изучена возможность использования плодовых паст (айвовой и яблочной) при производстве полуфабриката из бисквитного теста. Установлено снижение калорийности и повышение пищевой ценности за счет уменьшения содержания общего сахара и сахарозы, увеличения моносахаров и пектиновых веществ при использовании яблочной и айвовой паст взамен части жира и сахара в рецептурах бисквитных полуфабрикатов.

Использование до 15 % яблочной пасты взамен части сахара в мучных изделиях обеспечивает увеличение содержания незаменимых аминокислот и редуцирующих сахаров, снижение содержания сахарозы, улучшает сбалансированность аминокислотного состава. Введение яблочной пасты приводит к обогащению готовых изделий витаминами С и Р, микро- и макроэлементами, пектиновыми веществами [44, 132].

Магомедовым Г.О. и Троицкой Е. установлена целесообразность использования фруктовых порошков для улучшения структурно-механических свойств изделий, увеличения сроков их хранения за счет замедления процесса потери влаги, повышения пищевой ценности и снижения калорийности [44, 115].

Применение фруктовых и овощных добавок при производстве МКИ позволило повысить стойкость пен и эмульсий за счет образования белково-полисахаридных комплексов, выступающих в роли поверхностно-активных веществ, посредством сил электростатического притяжения, возникающих между полиэлектролитами, каковыми являются пектиновые вещества и белки [33, 44, 102].

Корячкиной С.Я. установлено, что добавление овощных пюре в тесто без ухудшения качества готовых изделий позволяет снизить их энергетическую ценность за счет сокращения рецептурного количества сахара и меланжа [44].

Кроме того, Корячкиной С.Я. доказано, что пюре плодов и овощей обладает хорошими эмульгирующими свойствами. При этом устойчивость эмульсий возрастает при подкислении среды до значения рН 3,8-4,0, что обусловливается повышением студнеобразующей способности пектиновых веществ. Плодово-ягодное пюре содержит значительное количество собственных органических кислот, в связи с чем при его использовании подкисление не требуется [33, 44].

Перфиловой О.В. разработана технология производства кексов, содержащих морковный, свекольный, яблочный и боярышниковый порошки из выжимок, полученных при производстве соков прямого отжима. Особенность данной технологии заключается в том, что введение порошков фруктовых и овощных выжимок производится в меланж для набухания полисахаридов. Обогащение кексов порошками позволило увеличить степень удовлетворения потребности организма человека в жизненно важных нутриентах, а также позволило продлить срок хранения изделий с 7 до 10 суток [89].

Шленской Т.В. с целью обогащения кексов пищевыми волокнами предложено использовать экструдат пшеничных отрубей. В качестве оптимальной выбрана дозировка 20 % экструдата от массы муки. При этом содержание калия и кальция в опытном образце увеличивается на 20 %, железа – на 50 %, фосфора – на 60 %, магния – на 48 %. Заметно увеличивается содержание витамина РР [136].

Л.И. Пучковой установлена эффективность использования тыквенного порошка в производстве мучных кондитерских изделий для повышения их биологической ценности, улучшении органолептических показателей качества, продления срока свежести, экономии сырья.

Выявлено, что внесение до 10 % тыквенного порошка взамен яиц в тесто для кексов приводило к улучшению органолептических показателей их качества: вкуса, аромата, окраски корок и мякиша по сравнению с контрольным образцом. Изделия отличались от контроля более равномерной и тонкостенной пористостью, нежным и эластичным мякишем. Увеличение дозировки тыквенного порошка более 10 % к массе муки приводило к появлению ярко выраженного вкуса и аромата тыквы [44].



Лазаревой Т.Н. и Корячкиной С.Я. разработана технология бисквитного полуфабриката функционального назначения с использованием инулина (растительного диетического волокна) взамен части меланжа и сахара. Использование инулина положительно влияет на структуру бисквитного полуфабриката, так как в результате адсорбции инулина на поверхности раздела фаз воздух-тесто и взаимодействия с крахмалом муки и белками яиц, повышается прочность оболочек межфазного слоя, увеличивается устойчивость пены и бисквитного теста [43, 48].

Румянцевой В.В. исследовано влияние зерновых гидролизатов «Живица» и «Целебник» на пенообразующую способность яичного белка, а также на дисперсность и устойчивость эмульсий. Установлено, что при введении зерновых гидролизатов повышается пенообразующая способность яичного белка, улучшается дисперсность и устойчивость эмульсий. Данный факт обуславливается особенностями химического состава зерновых гидролизатов: высоким содержанием целлюлозы, пектиновых веществ, а также белков альбуминовой и глобулиновой фракций [110, 111, 112, 113, 115, 118, 119, 121].

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что для улучшения показателей качества и пищевой ценности бисквитных и кексовых изделий целесообразно использовать продукты переработки плодов и овощей (порошки, пасты, пюре), а также зернового сырья (пшеничные отруби, овсяная мука, зерновые гидролизаты и т.д.), характеризующиеся не только высокой пищевой ценностью, но и хорошими технологическими свойствами, что подтверждается многочисленными исследованиями.

### **Заключение по обзору литературы**

Аналитический обзор литературы и патентный поиск показали, что существующие рецептуры и технологии производства кексов на химических разрыхлителях требуют совершенствования с точки зрения использования нетрадиционного сырья с целью повышения пищевой ценности и придания

функциональных свойств готовым изделиям, исключения из рецептур гидрогенизированных жиров, повышения дисперсности и устойчивости бисквитных эмульсий путем введения на стадии взбивания сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами.

Большая часть кексов производится с использованием в качестве жирового сырья маргаринов, которые готовят на основе гидрогенизированных растительных масел, содержащих значительное количество трансизомеров жирных кислот. Установлено, что потребление трансизомеров негативно влияет на здоровье человека, вызывая склероз кровеносных сосудов, развитие ишемической болезни сердца, мозгового инсульта, аритмии, сердечной недостаточности и т. д.

Одним из способов снижения потребления населением трансизомеров является замена маргаринов в рецептурах кексов на жидкие растительные масла с одновременным использованием сырья, обладающего хорошими жиросвязывающими свойствами, для придания эмульсии и тесту определенных структурно-механических свойств и получения изделий хорошего качества.

К достоинствам жидких растительных масел можно отнести длительные сроки хранения, невысокую стоимость, удобство в хранении, дозировании и применении. Кроме того, жидкие растительные масла служат источником ПНЖК, которые участвуют в образовании структурных липидов и различных физиологически активных веществ. Эти кислоты не синтезируются в организме человека и должны поступать в него с пищей. Однако если ПНЖК ( $\omega$ -6 и  $\omega$ -3) не находятся в определенном соотношении, они плохо усваиваются организмом человека. При этом ни одно из растительных масел не оптимизировано по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3.

Анализ представленных литературных данных показывает, что подсолнечное масло является широко распространенным и традиционным для России, а также характеризуется низкой стоимостью; кукурузное и соевое масла содержат в своем составе значительное количество витамина Е, являющегося природным антиоксидантом; горчичное масло устойчиво к окислительным и

гидролитическим процессам, а его антисептические и бактерицидные свойства обеспечивают пищевым продуктам с его введением устойчивость к различным видам порчи. Рапсовое масло является также распространенным, однако оно содержит в своем составе значительное количество эруковой кислоты, что ограничивает его применение при производстве МКИ, основными потребителями которых являются дети. Кунжутное масло является дорогостоящим и нетрадиционным для России, кроме того оно неустойчиво к окислительным процессам. На основании вышесказанного в качестве объектов для проведения исследований считали целесообразным выбрать подсолнечное, кукурузное, соевое и горчичное масла.

Анализ работ предшественников показал, что химический состав и технофункциональные свойства зерновых гидролизатов и плодоовощного сырья (в том числе плодовых и овощных порошков), а также существующие технологии производства мучных кондитерских изделий с их использованием, подтверждают возможность применения в качестве стабилизирующих и эмульгирующих добавок данных видов сырья. Использование плодоовощного сырья и зерновых гидролизатов предположительно позволит не только повысить качество готовых изделий, но также обогатить их пищевыми волокнами, оказывающими благоприятное воздействие на работу пищеварительной системы человека.

Таким образом, полная замена маргарина на жидкие растительные масла в рецептуре кексов, с одновременным введением в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами, плодовых, овощных порошков и зерновых гидролизатов, позволит не только повысить пищевую ценность готовых изделий за счет снижения содержания трансизомеров, обогащения полиненасыщенными жирными кислотами и пищевыми волокнами, но также получить кексы высокого качества, придав им функциональные свойства.

В связи с этим, актуальным считали проведение исследований, подтверждающих возможность использования композиции жидких растительных масел, оптимизированной по жирнокислотному составу, плодовых, овощных

порошков и зерновых гидролизатов при производстве МКИ с целью повышения качества, экономической эффективности, конкурентоспособности готовых изделий и придания им функциональных свойств.

## ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Организация проведения экспериментальных работ

Экспериментальные работы выполняли в лабораториях кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» и научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», в лаборатории ОАО «Орёлрастмасло» г. Орёл, ЗАО «Кондитерская фабрика» г. Орёл, СГЦ «Знаменский», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области».

Исследования проводились поэтапно.

Схема исследований приведена на рисунке 1.

### 2.2 Объекты исследований

Все виды сырья, используемые при проведении экспериментальных работ, соответствовали требованиям действующих нормативных документов ГОСТ, ТУ, ТР ТС, СанПиНам. При проведении экспериментальных работ использовали следующие виды сырья:

- мука пшеничная общего назначения М 55-23 по ГОСТ Р 52189-2003, показатели качества муки представлены в таблице 1;
- крахмал картофельный по ГОСТ Р 53876-2010;
- меланж по ГОСТ 30363-2013;
- сахар-песок по ГОСТ 21-94;
- ароматизатор «Ванилин» по ГОСТ 16599 - 71;
- натрий двууглекислый по ГОСТ 2156-76;
- аммоний углекислый по ГОСТ 3770-75.
- порошок из моркови по ТУ 9164-002-69275004-2012 (изготовитель ООО «Торговая Компания Престиж»);



Рисунок 1 – Структурная схема исследований

- порошок из апельсина по ТУ 9164-002-69275004-2012 (изготовитель ООО «Торговая Компания Престиж»);
- порошок из мандарина по ТУ 9164-002-69275004-2012 (изготовитель ООО «Торговая Компания Престиж»);
- порошок из тыквы по ТУ 9164-002-69275004-2012 (изготовитель ООО «Торговая Компания Престиж»);
- гидролизат овса «Живица» по ТУ 9295-208-02069036-2006;
- масло подсолнечное (рафинированное и нерафинированное) по ГОСТ 1129-2013;
- масло соевое по ГОСТ 31760-2012;
- масло горчичное по ГОСТ 8807-94;
- масло кукурузное по ГОСТ 8808-2000.

В соответствии с ТУ на плодовые и овощные порошки, а также гидролизат овса «Живица» степень дисперсности частиц составляет от 0,063 до 0,125 мм.

Таблица 1 – Показатели качества муки пшеничной общего назначения М 55-23, применявшейся в исследованиях

Показатель качества	Мука пшеничная общего назначения М 55-23	
	ГОСТ Р 52189-2003	Для исследований
Влажность, %, не более	15,0	12,5
Цвет	Белый или белый с кремовым оттенком	Белый
Массовая доля сырой клейковины, %, не менее	23,0	28,4±0,1
Качество сырой клейковины, условных единиц прибора ИДК	Не ниже второй группы	Вторая группа (96±2,5)

В качестве объектов исследования были выбраны:

- масла растительные: подсолнечное рафинированное и нерафинированное, соевое, кукурузное и горчичное;

- композиция растительных масел, оптимизированная по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3;
- плодовые и овощные порошки: порошок из моркови, порошок из тыквы, порошок из апельсина, порошок из мандарина;
- гидролизат овса «Живица»;
- смоделированная смесь порошков (ССП), оптимизированная с учетом жиросвязывающей способности компонентов смеси: плодовых и овощных порошков и гидролизата овса «Живица»;
- эмульсия, тесто и выпеченный кекс, приготовленные по традиционной рецептуре и технологии;
- эмульсия, тесто и выпеченный кекс, приготовленные с использованием оптимизированной композиции растительных масел и ССП.

В качестве контрольного образца был выбран кекс, приготовленный на основе маргарина по унифицированной рецептуре кекса «Праздничный» [107, 124] (Таблица 2). Приготовление теста осуществляли по традиционной технологии в условиях лаборатории. Процесс приготовления теста включал две стадии: получение эмульсии и приготовление теста.

На первой стадии, меланж с сахарным песком и маргарином взбивали сначала при малом числе оборотов, постепенно увеличивая скорость рабочего органа, при температуре 20 °С в течение 15 минут до получения массы пышной консистенции светло-кремового цвета.

На второй стадии, во взбитую массу в 2 – 3 приема добавляли муку пшеничную общего назначения М 55-23, смешанную с химическими разрыхлителями (сода пищевая и аммонийная соль), и перемешивали не более 15 секунд.

Готовое тесто влажностью 30 % разливали в формы, предварительно смазанные жиром. Формы заполняли на 3/4 высоты бортов, чтобы тесто при подъеме не выливалось.



Выпечка производилась в ротационной печи при температуре 175 - 180 °С в течение 16 - 20 минут до влажности кексов 19 - 25 %. Выпеченные кексы охлаждали при комнатной температуре.

Таблица 2 - Рецепт кекса «Праздничный»

Сырье	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т фазы, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Меланж	27,00	471,0	127,17
Мука пшеничная общего назначения	85,50	337,0	288,14
Сахар	99,85	239,0	238,64
Маргарин	84,00	176,0	147,84
Сода пищевая	--	2,5	--
Аммоний углекислый	--	2,5	--
Ванилин	--	0,30	--
Итого		1228,3	801,79
Выход	78,00	1000,00	780,00

Все виды сырья соответствовали требованиям стандартов и технических условий. Отбор и подготовку проб для лабораторных исследований проводили согласно единой методике изучения отечественных пищевых продуктов, готовых изделий - согласно ГОСТ 5904 - 82. Опытные и контрольные образцы готовились из одних партий сырья.

### 2.3 Методы исследований

При проведении аналитических исследований использовали общепринятые и специальные химические, физико-химические, микробиологические, реологические и органолептические методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых кексов.

### 2.3.1 Методы исследований качества сырья

Составление средней пробы исследуемой муки по ГОСТ 5667-65.

Органолептические показатели муки по ГОСТ 27558-87.

Влажность порошкообразного сырья по ГОСТ 9404-88.

Определение количества и качества клейковины по ГОСТ 27839-2013.

Кислотность порошкообразного сырья определяли потенциометрическим методом с использованием рН-метра testo 206-pH2 по ГОСТ 5898-87.

Жиросвязывающую способность порошкообразных рецептурных компонентов определяли методом центрифугирования [19, 138].

Адсорбцию масла  $A, \%$ , вычисляли по формуле

$$A = \frac{d \cdot (Y_n - (Y_1 + Y_2))}{B} \times 100, \quad (2.1)$$

где  $d$  — плотность растительного масла,  $\text{г/см}^3$  ;

$B$  - масса навески, г;

$Y_n$  - добавленное масло, мл;

$Y_1$  - несвязанное масло после первого центрифугирования, мл;

$Y_2$  - несвязанное масло после второго центрифугирования, мл.

Определение водопоглотительной способности [71] рецептурных компонентов проводили следующим образом. Навеску объекта 1 г взятую на технических весах с точностью до 0,1 г, помещали в колбу и измеряли её объем, затем добавляли 10 мл воды температурой  $18 \pm 2$  °С, отмечая первоначальный объем, ставили на водяную баню при температуре 60-70 °С на 1 час, через каждые 10 мин измеряли объем мокрого объекта. Водопоглотительную способность ( $B, \%$ ) исследуемых образцов определяли как отношение объемов набухшего и сухого вещества, и рассчитывали по следующей формуле:

$$B = [(V_{\text{мокр.}} - V_{\text{сух.}}) / V_{\text{сух.}}] \times 100, \quad (2.2)$$

где  $V_{\text{мокр}}$ ,  $V_{\text{сух}}$  – соответственно объем мокрого и сухого объекта, см<sup>3</sup>.

Жироэмульгирующую способность оценивали как отношение объема отслоившегося масла после центрифугирования к объему общей системы, выраженную в процентах [111].

Температуру клейстеризации крахмала определяли по методике, описанной в [69] на приборе «Амилотест» в режиме 2.

### **2.3.2 Методы исследований химического состава сырья и готовых изделий**

Определение крахмала по ГОСТ 10845-98.

Определение клетчатки по ГОСТ 31675-2012.

Определение пектиновых веществ по ГОСТ 29059-91.

Определение общего количества гемицеллюлоз основано на их извлечении горячей водой, гидролизе 2-% ной соляной кислотой, нейтрализацией раствора щелочью, осаждении основным уксуснокислым свинцом и определении образовавшихся сахаров по Бертрану [22, 64, 111].

Определение  $\beta$ -глюкана основано на экстракции дистиллированной водой образца. Экстракт центрифугируют, обрабатывают 96-% этанолом, и образовавшийся сгусток вновь центрифугируют. Осадок промывают 50 % этанолом и обрабатывают 25 % раствором соляной кислоты. После проведения гидролиза кислоту нейтрализуют щелочью и определяют количество образовавшихся редуцирующих сахаров [22, 64, 111].

Общее содержание белка методом Кьельдаля по ГОСТ 10846 – 91.

Экстрагирование жиров из кексов для определения жирнокислотного состава проводили по ГОСТ 31902-2012.

Определение содержания витамина Е в готовых кексах проводили по ГОСТ Р 54634-2011 с применением метода высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе HPLC LC-2010А.

Анализ жирнокислотного состава композиции растительных масел и жиров, выделенных из готовых изделий, проводили газохроматографическим методом по ГОСТ 30418-96 на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором HP-6890 Series GC System и капиллярной колонкой HP-FFAP 50 м×0,32 мм×0,52 мкм.

### 2.3.3 Методы исследований качества полуфабрикатов

Исследования эффективной вязкости пены-эмульсии и теста проводились на ротационном вискозиметре «Реотест-2» при скорости сдвига от 0,167 до 4,5 с<sup>-1</sup> [18, 54, 106]. Для определения параметров реологических уравнений пользовались графоаналитическим методом по методике, описанной в [18, 106].

Плотность полуфабриката (пены-эмульсии и теста) определяли путем заполнения им емкости с известным объемом и взвешивания с погрешностью ±0,01 г. Плотность вычисляли как отношение массы полуфабриката ( $m$ ) к его объему ( $V$ ) по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.3)$$

и выражали в г/см<sup>3</sup> [127].

Устойчивость пены-эмульсии определяли как отношение объема полученной массы после 2 и 24 часов к первоначальному объему при температуре 20 °С [111, 143, 145, 146].

Степень дисперсности эмульсии определяли методом микрофотографирования при увеличении 400 на микроскопе МИКМЕД-5 с использованием счетной камеры Горяева-Тома [19, 103, 111, 137].

Влажность полуфабрикатов определяли экспресс-методом путем высушивания на приборе для определения влажности Кварц-21М33, или ВНИИХП-ВЧ, или ПИВИ-1 [67, 96, 127].

### 2.3.4 Методы оценки качества готовых изделий - кексов

Определение органолептических показателей качества проводили по шкале балловой оценки качества в соответствии с ГОСТ 31986-2012.

Влажность готовых изделий определяли по ГОСТ 5900-73.

Массовую долю общего сахара определяли феррицианидным методом по ГОСТ 5903-89.

Определение массовой доли жира проводили экстракционно-весовым методом по ГОСТ 31902-2012.

Массовую долю золы определяли по ГОСТ 5901-87.

Щелочность готовых изделий определяли по ГОСТ 5898-87.

Удельный объем кексов определяли по отношению объема кексов к их массе. Объем кексов определяли с помощью специальных объемомерников по принципу вытеснения мелкого семени [64, 96].

Структурно-механические свойства мякиша кексов определяли на приборе «Структурометр СТ-1М» в режиме 1 по методике, описанной в [67].

Количество связанной влаги в кексах определяли с помощью кривых сорбции влаги, полученных с применением тензометрического метода Ван-Бамелена. Для установления влажностных режимов применяли растворы серной кислоты различной концентрации [11, 15, 64, 111].

Определение содержания токсичных элементов осуществляли стандартными методами: ртути по ГОСТ 26927-86, ГОСТ 30178-96, ГОСТ 30538-97; мышьяка по ГОСТ 26930-86, ГОСТ Р 51766-2001; свинца по ГОСТ 26932-86, ГОСТ 30178-96, ГОСТ 30538-97, ГОСТ Р 51301-99; кадмия по ГОСТ 26933-86, ГОСТ 30178-96, ГОСТ 30538-97.

Определение содержания пестицидов проводили по ГН 1.2.1323 и по МУ [14, 59].

Определение микотоксинов осуществляли по ГОСТ 30711-2001 (афлатоксин В1), ГОСТ Р 51116-97 (дезоксинилваленол).

Отбор проб и подготовку их для микробиологических анализов проводили по ГОСТ 31904-2012; ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-91.

Контроль микробиологических показателей осуществляли стандартными методами: дрожжи и плесневые грибы определяли по ГОСТ 10444.12-88; количество мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов – по ГОСТ 10444.15-94; *S.aureus* – по ГОСТ 31746-2012; бактерии группы кишечных палочек (колиформные) – по ГОСТ 31747-2012.

Определение показателей безопасности проводили совместно с ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области».

Химический состав кексов определяли расчетным путем по справочным таблицам содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов.

### **Математическая обработка результатов**

Моделирование композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, проводили с использованием метода линейного программирования [63, 128].

Моделирование ССП с учетом жиросвязывающей способности её компонентов осуществляли симплекс-решетчатый методом планирования эксперимента [16].

Расчеты и построение графиков осуществляли с помощью приложений Microsoft Word и Excel для Windows 2007, а также с помощью программы Statistica.

### **ГЛАВА 3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЖИРОВОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

#### **3.1 Исследование способности различных растительных масел к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий**

Введение жидких растительных масел в состав теста часто вызывает дестабилизацию пищевой системы, которая проявляется в снижении объема изделий и миграции масел в упаковочный материал в процессе хранения. К функционально - технологическим свойствам, характеризующим взаимодействие сырьевых компонентов с маслом, относится жиросвязывающая способность (ЖСС). Способность рецептурных компонентов связывать и удерживать масло играет значительную роль в формировании качества полуфабрикатов и готовых изделий [19,103, 138].

Для обоснования технологических свойств растительных масел считали целесообразным исследовать у основных составляющих рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий жиросвязывающую способность. Для исследования были взяты альбумин яичный, клетчатка, пектин и сахар-песок, так как данные вещества входят в состав основных рецептурных компонентов при производстве МКИ и связывают значительную часть жира. В качестве экспериментальных образцов на основании аналитического обзора литературы были выбраны следующие масла: подсолнечное рафинированное, подсолнечное нерафинированное, кукурузное, соевое и горчичное. Результаты исследования представлены на рисунке 2.

Согласно полученным данным, наилучшей жиросвязывающей способностью обладают пектин и клетчатка.

Пектин является анионным полисахаридом и характеризуется поверхностной активностью [33, 44]. Вдоль молекулы пектина возможно наличие

градиентов плотности заряда цепи молекул, часть которых может быть гидрофобной. В связи с этим, возможно взаимодействие гидрофобных группировок пектина с маслом и адсорбция масла поверхностью твердых частиц [33].

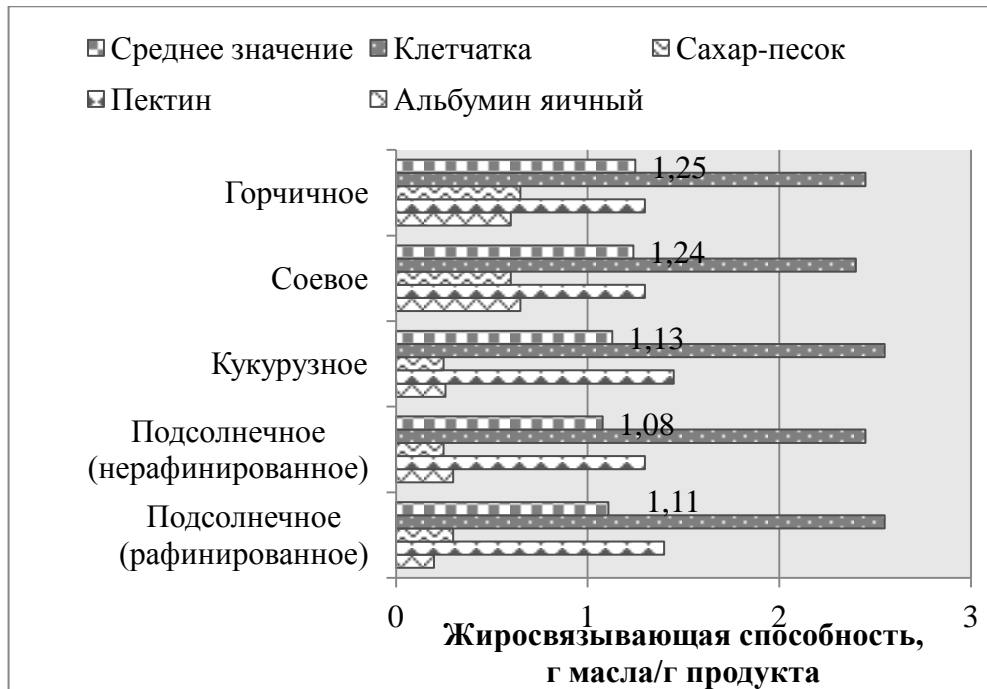


Рисунок 2 – Способность альбумина яичного, пектина, сахарного песка и клетчатки к связыванию различных растительных масел

Высокая жиросвязывающая способность клетчатки обусловлена уникальной природной капиллярной структурой волокон [19, 61, 90], что позволяет удерживать жир не только за счет функциональных групп, но и адсорбцией. При этом адсорбция происходит не только внешней, но и внутренней поверхностью адсорбента [19, 95, 103]. Жиросвязывающие свойства сахарного песка, могут быть, обусловлены взаимодействием с жиром с образованием гликолипидов посредством ковалентных связей, а также адсорбцией масла поверхностью твердых частиц [4, 33]. Сахар-песок является практически химически чистой сахарозой [33]. Сахароза обладает как гидрофильными (за счет гидроксильных групп), так и гидрофобными (за счет углеродных колец) свойствами [61, 90]. В водном растворе молекулы сахарозы всегда покрыты гидратными оболочками. В



сухом и кристаллическом виде сахара не гигроскопична [33]. В связи с этим, при определении её жиросвязывающей способности гидрофобная часть молекулы сахара может иметь сродство к липидам растительных масел, так как содержание влаги в них не превышает 0,1 % [133, 134], и нет условий для полноценного формирования гидратной оболочки, затрудняющей взаимодействие сахара с липидами [33]. Жиросвязывающая способность альбумина яичного обуславливается наличием поверхностно-активных свойств и дифильной природой [33, 44]. Альбумин яичный благодаря наличию гидрофобных аминокислотных остатков способен вступать во взаимодействие с липидами с образованием липопротеидов посредством нековалентных связей [4, 33]. Кроме того, связывание жира также обеспечивается за счет адсорбции поверхностью частиц белка [33]. Лучше всего эти вещества связывают горчичное (1,25 г масла/ г продукта) и соевое (1,24 г масла/ г продукта) масла. Различная способность масел к связыванию, предположительно, обусловлена особенностями их жирнокислотного состава. В состав данных масел входят линолевая и  $\alpha$ -линоленовая кислоты. Эти кислоты являются ненасыщенными жирными кислотами, которые характеризуются большой реакционной способностью, что объясняется наличием у них двойных связей между атомами углерода (линолевая кислота имеет две двойные связи,  $\alpha$ -линоленовая – три двойные связи), составленных из одной  $\sigma$ -связи и со значительно меньшей энергией  $\pi$ -связи. Этим обусловлена способность системы, состоящей из двух ненасыщенных углеродов, к реакциям присоединения [131].

Подсолнечное нерафинированное масло характеризуется наименьшей способностью к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов по сравнению с остальными растительными маслами, кроме того, использование данного масла предположительно, приведет к ухудшению вкуса и запаха готового продукта.

Таким образом, на основании полученных результатов, для дальнейших исследований считали целесообразным выбрать следующие растительные масла: горчичное, соевое, кукурузное и подсолнечное рафинированное, так как данные

масла обладают высокой способностью к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов МКИ, что в дальнейшем позволит сократить миграцию масел из готовых изделий, произведенных на их основе.

### **3.2 Моделирование композиции растительных масел, оптимизированной по жирнокислотному составу**

Исследования отечественных и иностранных ученых показали, что при оценке функциональных свойств жиров наряду с соотношением насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот необходимо также учитывать баланс ПНЖК групп  $\omega$ -6 (линолевая,  $\gamma$  - линолевая, арахидоновая) и  $\omega$ -3 ( $\alpha$ -линолевая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая). В соответствии с рекомендациями Института питания РАМН соотношение ПНЖК групп  $\omega$  – 6:  $\omega$  – 3 в рационе здорового человека должно быть от 5:1 до 10:1, а для лечебного питания – от 3:1 до 5:1 [25, 26, 38, 39, 63, 66, 128].

На основе ранее проведенных исследований по жиросвязывающей способности альбумина яичного, пектина, сахарного песка, клетчатки по отношению к различным растительным маслам, сделали вывод, что эти вещества обладают оптимальной способностью к связыванию подсолнечным рафинированным, кукурузным, горчичным и соевым маслами. Анализ жирнокислотного состава данных масел показал, что они содержат необходимые линолевую и линоленовую кислоты, а также олеиновую кислоту, которая предотвращает быстрое прогоркание масел [38, 39, 47, 49, 62, 63, 65].

Результаты исследований по содержанию ПНЖК групп  $\omega$ -9,  $\omega$ -6,  $\omega$ -3 и витамина Е в растительных маслах представлены в таблице 3.

Как видно из представленных данных, ни одно из рассматриваемых растительных масел не оптимизировано по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3. В связи с чем, на следующем этапе считали целесообразным произвести моделирование композиций растительных масел, оптимизированных по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3.

Таблица 3 - Содержание ПНЖК групп  $\omega$ -9,  $\omega$ -6,  $\omega$ -3 и витамина Е в растительных маслах на 100 г продукта

Наименование	Содержание мононенасыщенных жирных кислот $\omega$ -9, г	Содержание полиненасыщенных жирных кислот $\omega$ -6, г	Содержание полиненасыщенных жирных кислот $\omega$ -3, г	Содержание витамина Е, мг
	олеиновая	линолевая	$\alpha$ - линоленовая	
Горчичное масло	22,4	17,8	5,6	33
Подсолнечное масло (рафинированное)	23,7	64,0	0,05	42
Соевое масло	19,8	50,90	10,30	114
Кукурузное масло	24,0	57,0	0,60	93

Жировые композиции, оптимизированные по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, получали расчетным путем с использованием метода линейного программирования [63].

В качестве основного рецептурного компонента жирового сырья при моделировании композиций растительных масел брали подсолнечное и кукурузное масла, как наиболее распространенные, дешевые и традиционные для производства пищевых продуктов.

Приведем решение задачи по оптимизации состава трехкомпонентной композиции на основе подсолнечного масла.

Пусть композиция содержит  $x$  кг подсолнечного масла,  $y$  кг горчичного масла и  $z$  кг соевого масла. Так как линолевая кислота группы  $\omega$ -6 в подсолнечном масле составляет 64,0 г, в горчичном - 17, 8 г, а в соевом масле – 50,9 г, то ее доля в данной композиции равна:

$$\frac{0,64x + 0,178y + 0,509z}{x + y + z}.$$

По аналогии находим, что доля  $\alpha$ - линоленовой кислоты в данной композиции равна

$$\frac{0,0005x + 0,056y + 0,103z}{x + y + z}.$$

Следовательно, соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 равно:

$$\zeta = \frac{640x + 178y + 509z}{0,5x + 56y + 103z}.$$

Для продуктов здорового питания в композиции трех данных масел должно быть выполнено соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3=10 : 1 [51, 58, 63].

Значит,  $\zeta = \frac{640x + 178y + 509z}{0,5x + 56y + 103z} = \frac{10}{1}$ , откуда следует, что

$$z \approx 1,22x - 0,73y. \quad (3.1)$$

Уравнение (3.1) имеет бесконечное множество решений. Это означает, что требуемого соотношения ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 (10:1) можно добиться, выбирая произвольное количество подсолнечного и горчичного масел, а содержание соевого масла, рассчитывая по уравнению (3.1).

Графическое изображение уравнения (3.1) представлено в виде поверхности на рисунке 3.

В результате проведенных расчетов были выявлены следующие соотношения масел (подсолнечное: горчичное: соевое): 1:1:0,5 (композиция 1); 5:3:4 (композиция 2) и 3:1:3 (композиция 3), при которых соблюдается рекомендуемое оптимальное соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6:  $\omega$ -3=10:1 [51, 63].

Решение задачи по оптимизации состава трехкомпонентной композиции на основе кукурузного масла  $x$  производим аналогичным образом.

$$\zeta = \frac{570x + 178y + 509z}{6x + 56y + 103z} = \frac{10}{1}, \text{ откуда следует, что}$$

$$z \approx 0,98x - 0,73y \quad (3.2)$$

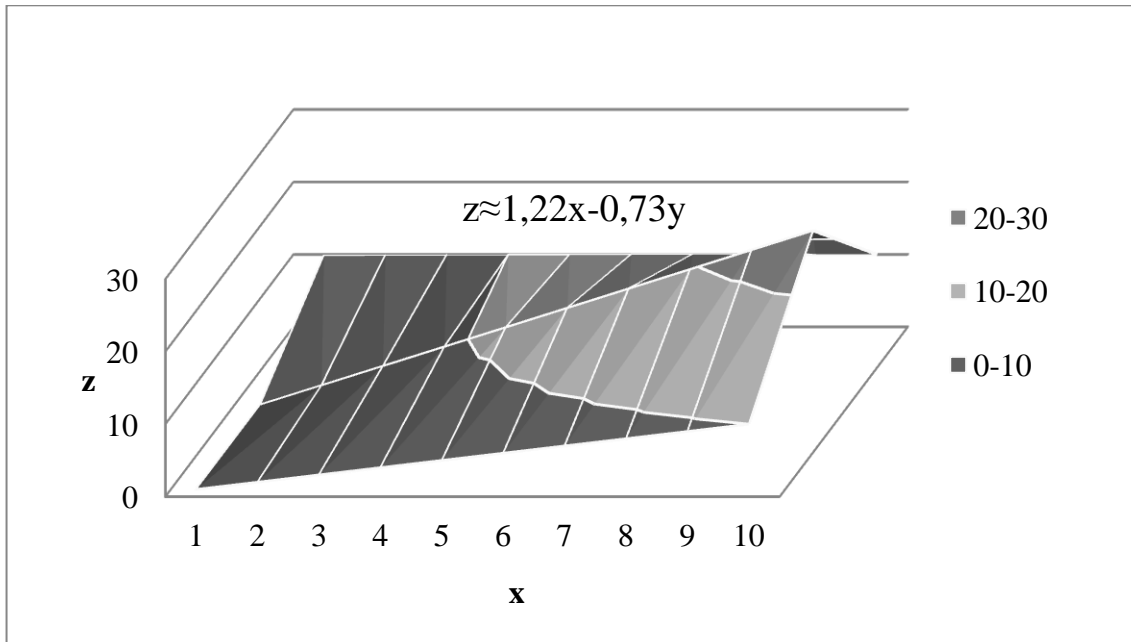


Рисунок 3 – Соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3 при различных сочетаниях в композиции подсолнечного масла  $x$ , горчичного масла  $y$  и соевого масла  $z$

Графическое изображение уравнения (3.2) представлено в виде поверхности на рисунке 4.

В результате проведенных расчетов были выявлены следующие соотношения масел (кукурузное: горчичное: соевое): 2:2:0,5 (композиция 4); 3:2:1,5 (композиция 5); 4:2:2,5 (композиция 6) и 5:4:2 (композиция 7), при которых соблюдается рекомендуемое оптимальное соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3=10:1 [51, 58, 63].

В связи с тем, что в смоделированных композициях соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6: $\omega$ -3 приблизительно равно соотношению «идеального» жира 10:1, считали целесообразным определить в этих смесях химический состав расчетным путем.

Результаты расчета представлены в таблице 4.

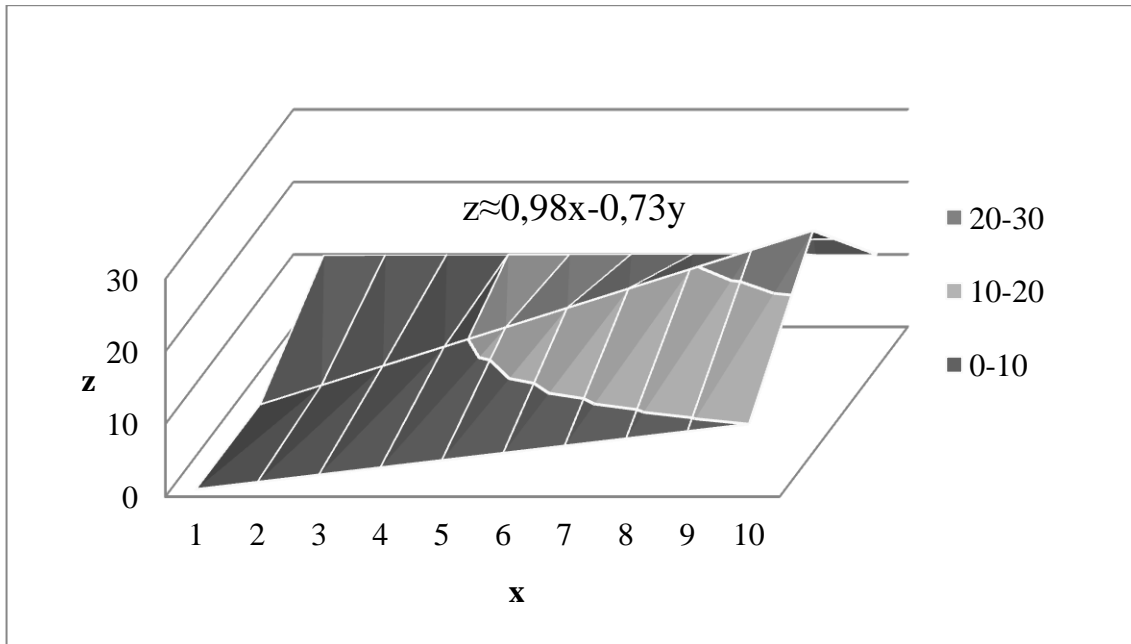


Рисунок 4 – Соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 при различных сочетаниях в композиции кукурузного масла  $x$ , горчичного масла  $y$  и соевого масла  $z$

Таблица 4 – Химический состав композиций растительных масел

Наименование вещества	Композиция						
	1	2	3	4	5	6	7
	на основе подсолнечного масла			на основе кукурузного масла			
Линолевая, г	42,90	48,18	51,91	39,02	43,18	45,96	41,73
$\alpha$ -линоленовая, г	4,32	4,93	5,23	3,96	4,34	4,60	4,25
Витамин Е, мг	52,80	63,89	71,70	69,12	79,13	84,98	75,39

На основе данных, представленных в таблице 4, для дальнейшей работы были выбраны композиция 3 (на основе подсолнечного масла) и композиция 6 (на основе кукурузного масла) [115], так как в их составе содержится большое количество витамина Е (71,7 и 84,98 мг соответственно). Токоферолы (витамин Е), относящиеся к группе жирорастворимых витаминов – антиоксидантов, в значительной степени обеспечивают окислительную стабильность растительных масел [90, 148], что в дальнейшем позволит не только повысить качество готовых МКИ, придав им антиоксидантную направленность, но и увеличить сроки хранения.

### **3.3 Исследование способности композиций растительных масел к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов мучных кондитерских изделий**

Основным недостатком жидких растительных масел при изготовлении мучных кондитерских изделий является то, что они плохо удерживаются изделиями при производстве и хранении, мигрируя на поверхность и в упаковочный материал, ухудшая тем самым не только органолептические показатели, но и сокращая сроки годности готовых изделий [19, 103].

На следующем этапе, для того чтобы исключить миграцию масла в процессе хранения МКИ и тем самым увеличить сроки хранения готовой продукции, необходимо проверить жиросвязывающую способность основных составляющих рецептурных компонентов, входящих в состав МКИ, по отношению к смоделированным композициям растительных масел, оптимизированным по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и витамину E.

Полученные экспериментальные данные представлены на рисунке 5.

Из результатов исследований видно, что более высокой способностью к связыванию всеми компонентами (альбумином яичным, сахаром-песком, пектином и клетчаткой) обладает композиция 3.

Предположительно эта особенность обусловлена тем, что в составе композиции 3 содержится больше  $\alpha$ -линоленовой кислоты, чем в композиции 6.  $\alpha$ -Линоленовая кислота характеризуется наибольшей реакционной способностью по сравнению с остальными жирными кислотами, входящими в состав композиций. Это объясняется наличием в ее составе трех двойных связей между атомами углерода [65, 131].

Двойная связь характеризуется большой способностью к поляризации, т.е. к перераспределению электронной плотности в системе ненасыщенных углеродов под влиянием специфических групп атомов, находящихся в молекуле, действия растворителей, молекул атакующего реагента, нагревания. Поляризация двойной связи, выражающаяся появлением на ненасыщенных углеродах частичных

эклектических зарядов, значительно влияет на реакционную способность ненасыщенных молекул [131].

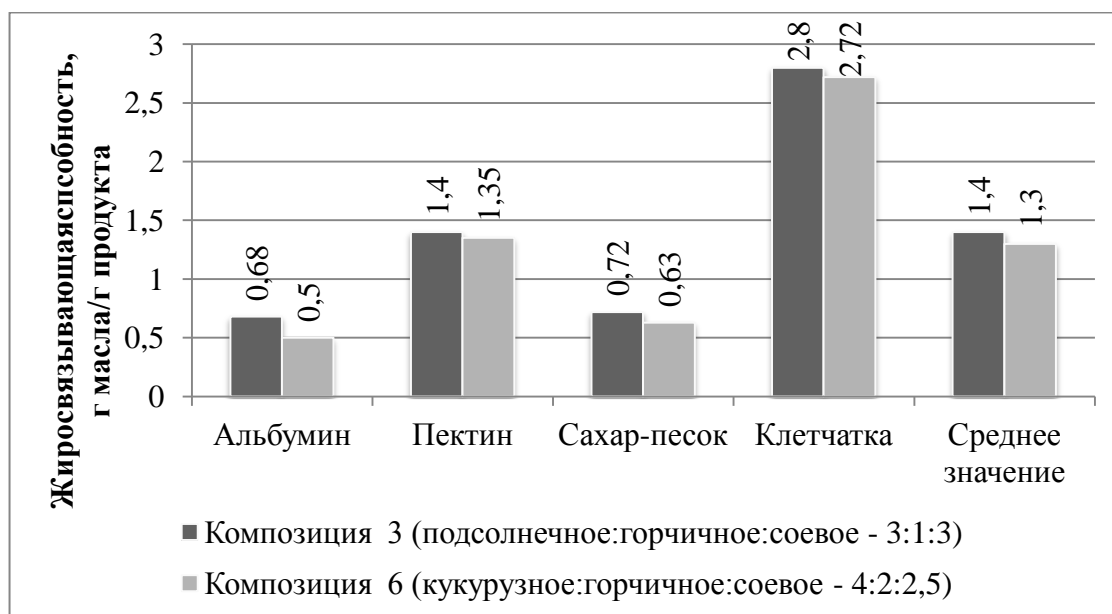


Рисунок 5 – Жиросвязывающая способность альбумина яичного, пектина, сахарного песка, клетчатки по отношению к смоделированным композициям растительных масел

Таким образом, для дальнейших исследований целесообразнее использовать композицию 3 (композиция растительных масел), обладающую наилучшей способностью к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов МКИ: альбумином яичным, пектином, сахарным песком и клетчаткой, с целью обеспечения высоких органолептических показателей качества готовых изделий в процессе хранения за счет снижения степени миграции масла на поверхность и в упаковочный материал.

### 3.4 Исследование жирнокислотного состава оптимизированной композиции растительных масел

Для того чтобы, как отмечалось ранее, полиненасыщенные жирные кислоты растительных масел усваивались организмом человека, необходимо, чтобы они



находились в определенном соотношении [38, 39, 58, 66, 128]. В связи с тем, что при расчете смесей растительных масел, оптимизированных по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, использовались теоретические данные, полученные из справочных пособий, считали целесообразным исследовать жирнокислотный состав композиции растительных масел хроматографическим методом и подтвердить полученные расчетные данные экспериментально.

Хроматограмма композиции растительных масел представлена в Приложении 1.

Как видно из экспериментальных данных, фактическое соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 составляет 7,95 : 1, что соответствует рекомендуемому интервалу (от 5 до 10) для питания здоровых людей и обеспечит хорошее усвоение полиненасыщенных жирных кислот, необходимое для полноценного синтеза простагландинов [38, 39, 66, 128].

Таким образом, в ходе проведенных исследований было экспериментально доказано, что композиция растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое – 3 : 1 : 3), оптимизированная по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и витамину Е, обладает высокой способностью к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов МКИ, при этом соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 соответствует рекомендуемому интервалу и составляет 7,95 : 1. В связи с вышесказанным, смоделированная композиция растительных масел может быть рекомендована для замены жиров, содержащих трансизомеры жирных кислот, в рецептурах МКИ, что позволит не только повысить их качество, но придать им функциональные свойства.

## **ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОДОВЫХ, ОВОЩНЫХ ПОРОШКОВ И ГИДРОЛИЗАТА ОВСА «ЖИВИЦА» ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ**

### **4.1 Сравнительный анализ химического состава плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица»**

Значительная часть мучных кондитерских изделий изготавливается с использованием в качестве жирового компонента маргаринов и кондитерских жиров, широкое использование которых объясняется их хорошими технологическими свойствами: высокой способностью к аэрированию, постоянством структурно-механических характеристик, наличием в составе эмульгаторов [7]. Однако в связи с тем, что при производстве маргаринов и кондитерских жиров происходит образование значительного количества трансизомеров жирных кислот (свыше 50 %) [24, 27, 46, 56, 60, 65, 70, 139, 147] существует необходимость поиска альтернативных вариантов. Наиболее оптимальным, как отмечалось ранее, является использование жидких растительных масел местного происхождения.

В связи с тем, что основным недостатком мучных кондитерских изделий, изготовленных с использованием в качестве жирового компонента жидких растительных масел, является то, что масла плохо удерживаются готовыми изделиями и мигрируют из них при производстве, а также при хранении готового продукта [19, 103, 104, 105], введение сырья, обладающего стабилизирующими и эмульгирующими свойствами, а также высокой жиросвязывающей, жироэмульгирующей и водопоглотительной способностью – плодовых и овощных порошков и зерновых гидролизатов, является целесообразным [19, 42, 103].

Для обоснования технологических свойств плодовых, овощных порошков и зернового гидролизата считали целесообразным провести сравнительный анализ

их химического состава, который позволит предполагать наличие жиросвязывающей, жирозмульгирующей и водопоглощающей способности. Для исследования были взяты порошки из моркови, апельсина, мандарина и тыквы, выбор которых обусловлен цветом порошков (от желтого до оранжевого), что позволит в дальнейшем получить кексы с мякишем желтоватого цвета, без применения красителей; а также гидролизат овса «Живица», разработанный на кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», выбор которого обусловлен высоким содержанием белков, жиров, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ [111, 112, 113, 115, 118, 119, 121, 122, 123].

Результаты сравнительного анализа химического состава плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав гидролизата овса «Живица» [111], плодовых и овощных порошков

Показатели	Порошок из моркови	Порошок из апельсина	Порошок из мандарина	Порошок из тыквы	Гидролизат овса «Живица»
1	2	3	4	5	6
Вода, %	5,00±0,5	5,00±0,5	5,0±0,5	5,0±0,5	7,00±0,7
Белки, %, в т. ч.	10,3±0,1	6,84±0,06	7,1±0,07	9,5±0,1	17,2±0,2
Незаменимые аминокислоты, мг/100 г:					
- Валин	340,4±3,4	266±2,66	253±2,53	439±4,39	495±4,95
- Изолейцин	277,1±2,77	205,2±2,1	202,4±2,02	399±3,99	411±4,11
- Лейцин	348,3±3,48	152±1,52	148±1,48	212±1,21	679±6,79
- Лизин	300,8±3,0	273,6±2,74	275,2±2,75	391±3,91	440±4,4
- Метионин	71,3±0,7	98,8±0,99	115,3±1,15	168±1,68	236±2,36
- Треонин	253,3±2,53	98,8±0,99	102,2±1,02	264±2,64	311±3,11
- Триптофан	63,3±0,63	45,6±0,46	53,4±0,53	96±0,96	220±2,2
- Фенилаланин	245,4±2,45	205,2±2,1	200,6±2,0	222±2,22	548±5,48
Сумма незаменимых аминокислот	2470±24,7	1345,2±13,45	1360±13,6	2320,1±23,2	3340±33,40

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Липиды, %	0,8±0,008	1,52±0,02	2,48±0,02	0,95±0,01	3,5±0,04
Углеводы,%, в т. ч.:	75,0±0,75	80,84±0,8	81,32±0,81	75,85±0,76	62,9±0,6
Моносахариды и дисахариды	55,4±0,55	61,6±0,62	66,9±0,67	46±0,46	2,1±0,02
Крахмал	1,6±0,02	-	-	1,9±0,02	30,08±0,3
Пищевые волокна, %, в т. ч.:	16,63±0,17	16,72±0,17	13,53±0,13	21,15±0,21	22,21±0,22
пектин	4,75±0,05	4,56±0,05	5,3±0,05	3,85±0,04	2,96±0,03
клетчатка	9,5±0,95	10,64±0,11	7,0±0,07	15,4±0,15	9,44±0,09
гемицеллюлозы, в т. ч.	2,38±0,02	1,52±0,02	1,23±0,01	1,9±0,02	9,81±0,1
β-глюкан	-	-	-	-	6,68±0,07
Органические кислоты, %	2,4±0,02	9,9±0,1	9,1±0,09	0,95±0,01	0,2±0,002
Зола, г/ 100 г	8,9±0,09	5,8±0,06	4,1±0,04	8,7±0,09	9,4±0,09
Витамины, мг/ 100 г:					
β-каротин, мг	71,25±0,71	0,38±0,004	0,5±0,005	14,25±0,14	-
витамин Е, мг	5,0±0,05	1,67±0,02	1,65±0,02	-	4,5±0,05
рибофлавин, мг	0,55±0,006	0,23±0,002	0,25±0,003	0,57±0,006	0,12±0,0012
холин, мг	-	-	-	-	132±1,32
Макроэлементы, мг/ 100 г:					
калий	1583,3±15,83	1497,2±14,97	1280,4±12,8	1938±19,38	441,91±4,42
кальций	403,75±4,0	258,4±2,58	289,1±2,89	237,5±±2,36	69,3±0,7
магний	300,8±3,0	98,8±0,99	90,9±0,91	133±1,33	177,5±1,78
Микроэлементы, мг/ 100 г:					
железо	5,54±0,05	2,3±0,02	0,83±0,008	3,8±0,04	4,03±0,04
марганец	1,58±0,02	0,23±0,02	0,18±0,002	0,38±0,004	4,98±0,05

Как видно из представленных данных, плодовые, овощные порошки и гидролизат овса «Живица» содержат значительное количество пищевых волокон (клетчатки, гемицеллюлоз, пектина) и белков, которые, как показали ранее проведенные исследования [42, 44, 50, 90, 19, 103, 111, 115, 140, 141], обладают жиросвязывающими, жироземульгирующими свойствами и высокой способностью к поглощению влаги и набуханию.

Влагосвязывающую способность пектина используют в пищевой промышленности, применяя его в качестве эмульгатора. В процессе эмульгирования пектин образует вокруг жировых шариков мембраны. При этом молекулы пектина в пограничной зоне соответствующим образом ориентируются и сольватируют воду, что приводит к повышению вязкости эмульсий [33, 50, 111].

Пектин также, являясь поверхностно-активным веществом, обладает ярко выраженным эмульгирующим и пенообразующим свойством [33, 44, 111].

Пектин является анионным полисахаридом. Но, несмотря на поверхностную активность, анионные полисахариды недостаточно эффективны и наибольший эффект дает использование этих соединений в комплексе с растворимыми белками [5, 33, 42, 44, 89, 102, 115, 140, 142, 144, 149, 154].

Белки имеют дифильное строение. Благодаря этому, они являются поверхностно-активными веществами и способны образовывать и стабилизировать эмульсии типа «масло-вода» [6, 19, 33, 44, 92, 97, 100].

Присутствие гемицеллюлоз и клетчатки в пекарских изделиях имеет важное значение благодаря способности связывать воду. Безусловный интерес при производстве мучных изделий представляет то, что гемицеллюлозы и клетчатка тормозят черствение [4, 44, 90, 115].

Кроме того, все полисахариды имеют склонность к сгущению (увеличению вязкости) вследствие невысокой гибкости и способности образовывать зоны соединений между областями упорядоченной конформации их макромолекул. Гидроколлоиды увеличивают вязкость непрерывной дисперсионной среды, обеспечивая тем самым стабильность эмульсии [5].

Таким образом, исходя из химического состава, можно предполагать наличие у плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» жиросвязывающей, жироэмульгирующей и водопоглощающей способности. В связи с этим они являются перспективным сырьем для использования их в качестве стабилизирующих добавок при получении устойчивой бисквитной эмульсии на основе композиции растительных масел при производстве МКИ, а также в качестве дополнительных источников пищевых волокон, витаминов и

минеральных веществ, что значительно повысит пищевую ценность готовых изделий и возможно придаст им функциональные свойства.

#### 4.2 Исследование жиросвязывающих свойств плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» по отношению к композиции растительных масел

В связи с тем, что анализ химического состава плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» позволил предполагать наличие у них жиросвязывающей способности (ЖСС) по отношению к ранее разработанной композиции растительных масел, считали целесообразным подтвердить вышесказанное экспериментально.

Полученные экспериментальные данные представлены на рисунке 6.

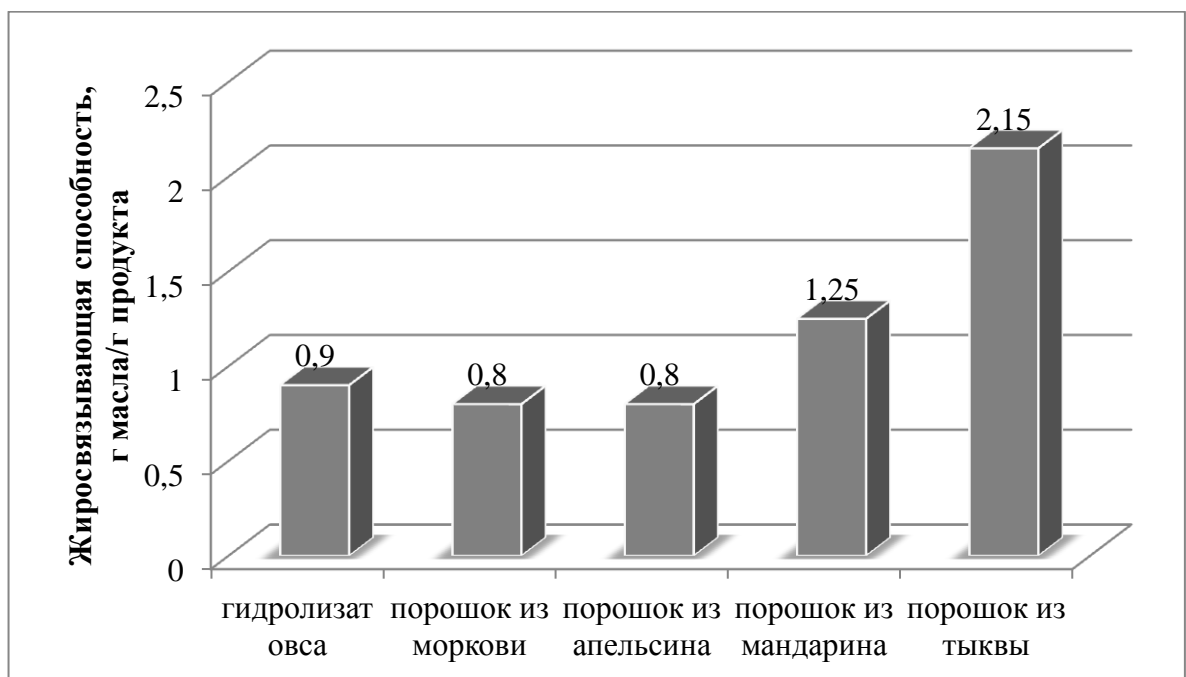


Рисунок 6 – Жирсвязывающая способность плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица» по отношению к композиции растительных масел

Из результатов исследований видно, что наибольшей ЖСС обладают порошки из тыквы (2,15 г масла/ г продукта) и мандарина (1,25 г масла/ г

продукта). Вероятно, это можно объяснить высоким содержанием пектина (в порошке из мандарина) и клетчатки (в порошке из тыквы) по сравнению с остальными образцами (таблица 5). Как отмечалось ранее, ЖСС пектина может быть обусловлена взаимодействием гидрофобных группировок молекулы пектина с маслом [33, 90, 111]. Кроме того, пектин, вступая во взаимодействие с белками (альбуминами и глобулинами), содержащимися в плодовых и овощных порошках, способен посредством электростатического взаимодействия образовывать белково-полисахаридные комплексы, обладающие свойствами ПАВ [33, 44, 102, 149], что также предопределяет рост ЖСС. Высокая ЖСС клетчатки обусловлена капиллярной структурой волокон [90], что позволяет удерживать жир не только за счет функциональных групп, но и адсорбцией [19, 103, 141, 150, 154].

Кроме того, белки, входящие в состав плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица», способны вступать во взаимодействие с липидами с образованием липопротеиновых комплексов, что также влияет на ЖСС [4].

Таким образом, в ходе исследований было подтверждено наличие ЖСС плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица», то есть, установлена целесообразность их использования в качестве сырья, обладающего стабилизирующими и эмульгирующими свойствами, для получения устойчивой жировой эмульсии при производстве МКИ, а также для снижения степени миграции масла из готовых изделий в процессе их хранения [113, 114, 116, 122].

Для дальнейших исследований были выбраны гидролизат овса «Живица», порошки из тыквы и мандарина, так как их ЖСС больше на 12,5 % - для гидролизата овса «Живица», 56,3 % - для порошка из мандарина, 68,8 % - для порошка из тыквы по сравнению с порошками из апельсина и моркови. Кроме того, данные порошки характеризуются большим содержанием пищевых волокон и белка, технологические свойства которых (водопоглотительная способность, образование растворов различной вязкости, способность к гелеобразованию, жирозэмульгирующая способность, жиросвязывающая способность, пенообразующая способность и способность стабилизировать пены и эмульсии, студнеобразующая способность [33, 90, 115]) возможно позволят в дальнейшем

заменить такие рецептурные компоненты как сахар (для снижения доли легкоусвояемых углеводов) и меланж (для снижения себестоимости готовой продукции) без ухудшения показателей качества готовых изделий.

Однако для того, чтобы в дальнейшем в максимальной степени обогатить МКИ всеми видами пищевых волокон, обеспечить вносимое сырье достаточным количеством белка, а также создать наиболее благоприятные условия для проявления синергетического эффекта взаимодействия веществ, в наибольшей степени влияющих на эмульгирующие и стабилизирующие свойства порошков, на следующем этапе целесообразным считали провести моделирование трехкомпонентной смеси, состоящей гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина. В качестве критерия оптимизации был выбран показатель ЖСС, в значительной степени влияющий на миграцию масла из полуфабрикатов и готовых изделий.

#### **4.3 Моделирование смеси порошков с учетом жиросвязывающей способности гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина по отношению к композиции растительных масел**

В качестве исходных компонентов для получения оптимального состава смеси порошков, использовали гидролизат овса «Живица», порошки из тыквы и мандарина. Оптимизацию состава смеси проводили симплекс-решетчатым методом планирования эксперимента [16]. Использовали математическую модель второго порядка, где в качестве отклика брали ЖСС гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина, данные по исследованию которой представлены на рисунке 6, по отношению к композиции растительных масел.

Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 6.

По результатам экспериментальных данных рассчитали коэффициенты полинома, которые отображают зависимость жиросвязывающей способности гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина ( $P_0$ ) от соотношения вводимых в смесь компонентов ( $x_i$ ).



Таблица 6 – Матрица планирования эксперимента

№	X <sub>1</sub> (порошок из мандарина)	X <sub>2</sub> (порошок из тыквы)	X <sub>3</sub> (гидролизат овса «Живица»)	ЖСС, г масла/ г продукта
1	1	0	0	1,25
2	0	1	0	2,15
3	0	0	1	0,9
4	1/2	1/2	0	1,7
5	1/2	0	1/2	1,05
6	0	1/2	1/2	0,9
7	1/3	1/3	1/3	1,475

Получено уравнение регрессии для зависимости «состав - ЖСС», которое имеет вид:

$$\Pi_0 = 1,25x_1 + 2,15x_2 + 0,9x_3 - 0,1x_1x_3 - 2,5x_2x_3. \quad (4.1)$$

Проведем проверку адекватности полученного уравнения регрессии.

Дисперсия адекватности  $S^2_{ад}$  рассчитывается по формуле (4.2)

$$S^2_{ад} = \frac{\sum_{i=1}^N |y_s - y_p|^2}{N-1}, \quad (4.2)$$

где  $N=6$ , число серий опытов.

$$S^2_{ад} = (1,475 - 1,13586)^2 / 6 - 1 = 0,023003187.$$

Значение F-критерия Фишера определяется по формуле (4.3)

$$F_p = \frac{S^2_{ад}}{S^2_y}, \quad (4.3)$$

где  $S^2_{ад}$  - дисперсия адекватности;

$S^2_y$  - усредненная дисперсия всех опытов.

$$F_p = 0,023003187 / 0,009166666 = 2,509438764.$$

Определяем табличное значение критерия Фишера -  $F_{кр}$  - при  $f_1=4-1=3$ ,  $f_2=(4-1)*4=12$ . Получаем, что  $F_{кр}=8,7$ . Следовательно, полученная модель адекватна, так как  $F_p < F_{кр}$ .

По полученным экспериментальным данным и результатам математической обработки построена диаграмма «состав - ЖСС», которая приведена на рисунке 7.

Таким образом, в результате проведенных расчетов согласно полученному уравнению регрессии установлено, что максимальная ЖСС компонентов смоделированной смеси порошков (ССП) по отношению к ранее смоделированной композиции растительных масел соответствует следующему соотношению – порошок из мандарина : порошок из тыквы : гидролизат овса «Живица» 1 : 8 : 1 [115, 117].

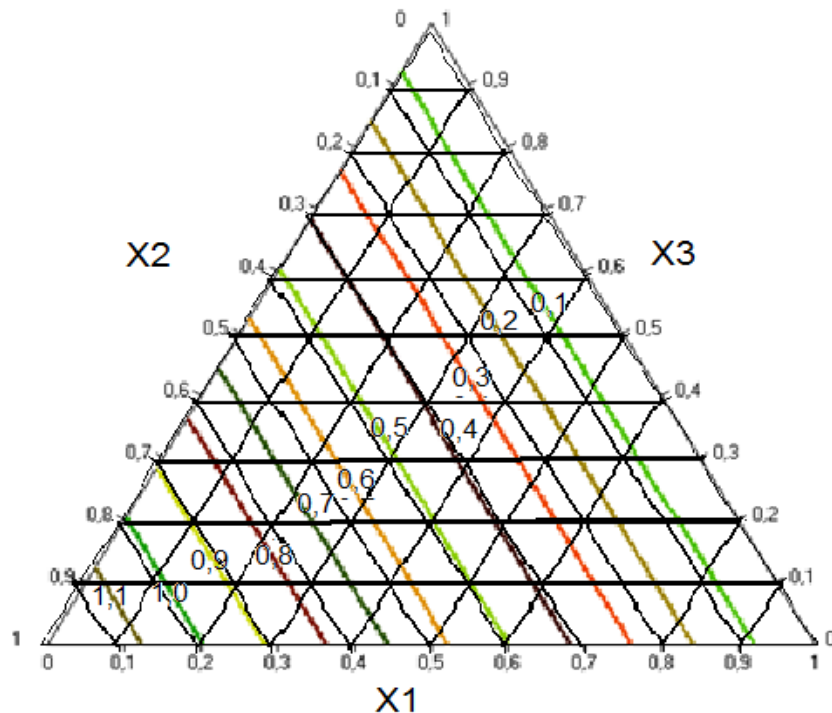


Рисунок 7 – Диаграмма зависимости «состав - ЖСС»

Для обоснования технологических свойств ССП, считали целесообразным определить ее химический состав, который позволяет предполагать наличие у неё жироземмульгирующей и водопоглотительной способности.

Результаты исследования химического состава ССП представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Химический состав смоделированной смеси порошков (ССП)

Пищевые вещества	Количество в 100 г ССП
1	2
Вода, г/100 г	5,00±0,5
Белки, %, в т.ч.	10,0±0,1
Незаменимые аминокислоты, мг/100 г	
- Валин	426±4,26
- Изолейцин	380,54±3,8
- Лейцин	252,3±2,52
- Лизин	384,32±3,84
- Метионин	169,53±1,7
- Треонин	252,52±2,52
- Триптофан	104,14±10,4
- Фенилаланин	252,46±25,2
Сумма незаменимых аминокислот	2326,1±23,26
Липиды, %	1,4±0,01
Углеводы, %, в т. ч.:	75,29±0,75
Моно- и дисахариды	45,5±0,41
крахмал	4,5±0,05±
Пищевые волокна, %, в т. ч.:	20,62±0,21
пектин	3,9±0,04
клетчатка	14,1±0,14
гемицеллюлозы, в т. ч.	2,62±0,03
β-глюкан	0,67±0,007
Органические кислоты, %	1,69±0,02
Зола, г/ 100 г	8,31±0,08
Витамины, мг/ 100 г:	
β-каротин, мг	11,45±0,11
витамин Е, мг	0,62±0,006
рибофлавин, мг	0,49±0,005
холин, мг	13,2±0,13
Макроэлементы, мг/ 100 г:	
калий	1722,63±17,22

Продолжение таблицы 7

1	2
Кальций	225,84±2,26
магний	133,24±1,33
Микроэлементы, мг/ 100 г:	
железо	3,53±0,04
марганец	0,82±0,008

В связи с тем, что в ССП одновременно присутствуют пектин и белки (альбуминовой и глобулиновой фракций), между ними возможно электростатическое взаимодействие с образованием белково-полисахаридных комплексов [44, 102, 111, 149] посредством сил электростатического притяжения при контакте двух поверхностей и их адгезии. Высокая устойчивость комплекса белков и анионных полисахаридов к коалесценции может быть обусловлена высокой механической прочностью образующегося в данном случае гелеобразного адсорбционного слоя [13, 33, 92, 100, 101, 111, 115]. Такие эмульсии устойчивы к нагреванию, что и предопределяет в ряде случаев их преимущества перед другими ПАВ.

Показатель рН имеет важное технологическое значение при получении эмульсий, так как оказывает влияние на эмульгирующие и стабилизирующие свойства гидроколлоидов, используемых в качестве эмульгаторов, в частности белков и пектинов [33, 44, 111].

При этом пектины создают в непрерывной среде вокруг шариков дисперсной фазы высоковязкие растворы, препятствующие сближению капелек и как бы «замуровывающие» их в высоковязкой среде [5, 111].

При использовании белков, в качестве эмульгаторов, максимальная прочность адсорбционных слоев наблюдается в изоэлектрической точке белка на границе раздела фаз. Прочность межфазных слоев резко уменьшается при отклонении рН растворов белка от изоэлектрической точки, что объясняется возникновением между молекулами сил электростатического отталкивания [33, 44].

На основании вышесказанного, можно сделать вывод о целесообразности исследования показателя рН для гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина и ССП.

Результаты исследования представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения показателя рН для гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина и ССП

Показатель качества	Порошок из мандарина	Порошок из тыквы	Гидролизат овса «Живица»	ССП
рН	3,8	4,9	5,5	5,0

Как видно из представленных данных, наименьший показатель рН имеет порошок из мандарина (3,8), наибольший – гидролизат овса «Живица» (5,5). ССП характеризуется средним значением показателя рН, равным 5,0. Полученные экспериментальные данные обусловлены различным содержанием органических кислот: наибольшее их количество содержится в порошке из мандарина – 9,1 %, наименьшее – в гидролизате овса «Живица» – 0,2 % (таблица 5).

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно предполагать наличие у ССП жирозэмульгирующей (ЖЭС) и водопоглотительной способности (ВПС), что в дальнейшем позволит получить устойчивые эмульсии и, как следствие готовые изделия высокого качества на их основе. В связи с этим считали целесообразным использовать полученную ССП (порошок из мандарина: порошок из тыквы: гидролизат овса «Живица» в соотношении 1: 8: 1) для проведения дальнейших исследований.

С целью подтверждения и обоснования целесообразности выбора в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами, именно ССП по сравнению с использованием компонентов данной смеси в чистом виде для производства МКИ на жидких растительных маслах, дальнейшее исследование технологических свойств проводили как для неё конкретно, так и для порошков из тыквы, мандарина и гидролизата овса «Живица».

#### 4.4 Исследование жироземлюлирующих свойств смоделированной смеси порошков, гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина

В связи с тем, что анализ химического состава ССП, а также гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина позволил предполагать наличие у них жироземлюлирующих свойств, считали целесообразным подтвердить вышесказанное экспериментально.

В качестве экспериментальных образцов были взяты ССП, гидролизат овса «Живица», порошки из тыквы и мандарина.

Результаты исследований представлены на рисунке 8.

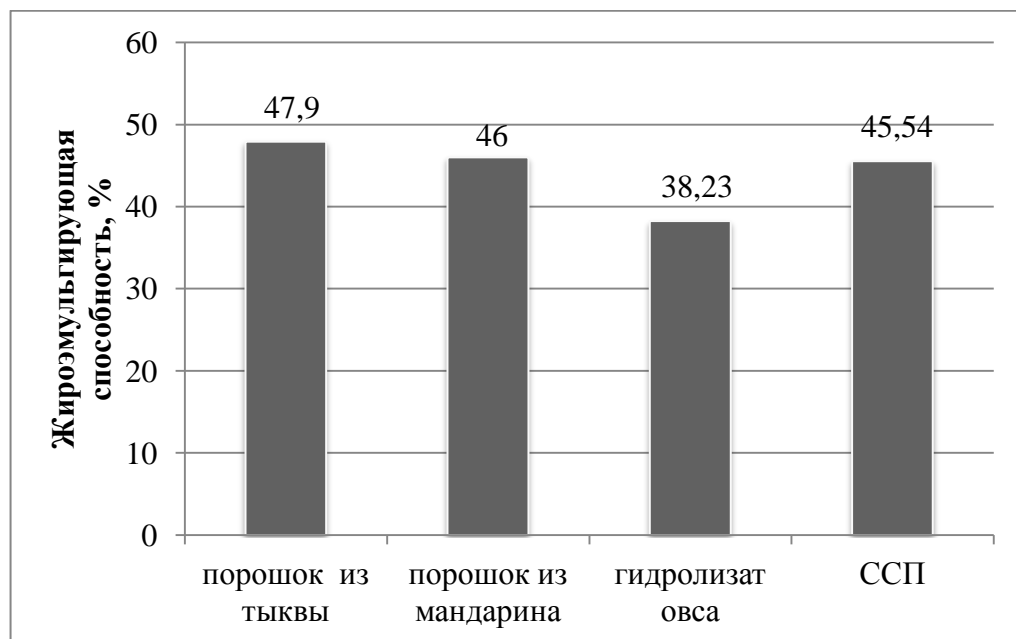


Рисунок 8 – Жироземлюлирующая способность ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина

Согласно полученным данным, наилучшей ЖЭС обладает порошок из тыквы (на 1,9 %; 9,7 %; и 2,4 % больше по сравнению с порошком из мандарина, гидролизатом овса и ССП соответственно). Полученные данные вероятно можно объяснить тем, что в составе порошка из тыквы – наибольшее количество клетчатки по сравнению с другими образцами (таблица 5). Высокая ЖЭС

соединений углеводной природы, в том числе и клетчатки, определяется их способностью значительно повышать вязкость дисперсионной среды эмульсии, снижая тем самым скорость коалесценции жировых капель и повышая стабильность эмульсий, а также образованием на поверхности капель слоя молекул высокомолекулярного соединения, обладающего повышенной вязкостью и упругостью, препятствующего слиянию капель масла [13, 19, 103]. Кроме того, порошок из тыквы содержит в своем составе значительное количество пектина и белков альбуминовой и глобулиновой фракций, являющихся полиэлектролитами, которые вступая во взаимодействие друг с другом посредством электростатических сил притяжения, образуют комплекс белок-полисахарид, обладающий свойствами ПАВ и положительной влияющий на процесс эмульгирования [44, 111, 115, 149].

Гидролизат овса «Живица», несмотря на более высокое содержание белка, по сравнению с остальными образцами, характеризуется наименьшим значением ЖЭС. Вероятно, это объясняется тем, что рН гидролизата овса «Живица», не соответствует значению изоэлектрической точки белков, содержащихся в нем. В связи с этим, процесс эмульгирования затрудняется [33, 44, 90].

Таким образом, с точки зрения показателя ЖЭС наиболее оптимальным является использование порошка из тыквы, а также порошка из мандарина и ССП, так как полученные данные по ЖЭС для этих образцов уступают порошку из тыквы незначительно. В связи с этим для окончательного выбора порошков в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами, целесообразно провести их сравнение по другим технологическим свойствам (ВПС и влиянию на температуру клейстеризации крахмала муки), влияющим на показатели качества полуфабрикатов и МКИ.

#### **4.5 Исследование водопоглотительной способности смоделированной смеси порошков, гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина**

Особенностью приготовления бисквитного и кексового теста является кратковременность замеса сбитой яично-сахарной массы с мукой, с тем, чтобы уменьшить по возможности набухание клейковины, что приводит к увеличению её упругости, в результате чего изделия получаются более жесткой, плотной структуры. На процесс набухания клейковины оказывают влияния также другие вещества, присутствующие в тесте. Установлено снижение водопоглотительной способности муки и количества отмываемой сырой клейковины при увеличении рецептурного количества сахара в тесте. При увеличении концентрации сахара в жидкой фазе теста, доля свободной влаги, участвующей в набухании коллоидов муки, уменьшается. Замедляется процесс набухания белков [29, 33, 45].

В состав ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина входит значительное количество пищевых волокон, представляющих собой высокомолекулярные соединения и характеризующихся высокой способностью к набуханию и связыванию влаги [5, 90]. При внесении ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина в эмульсию при приготовлении кексов, вода переходит из свободного состояния в связанное за счет диффузии молекул воды в высокомолекулярные вещества (пектин, клетчатку, гемицеллюлозы, белки). Отсутствие свободной влаги затрудняет набухание коллоидов муки, что является положительным моментом при производстве бисквитного и кексового теста. Кроме того, соотношение свободной и связанной влаги играет важную роль при хранении готовых изделий [33, 44, 45, 90].

В связи с вышесказанным, считали целесообразным исследовать водопоглотительную способность ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина.

Экспериментальные данные представлены на рисунке 9.



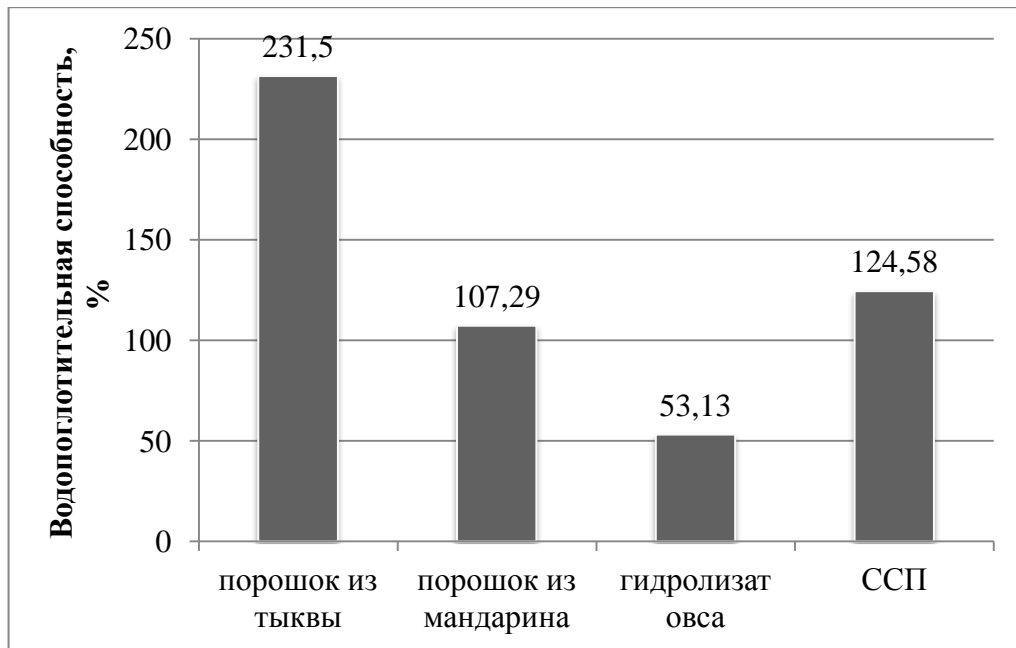


Рисунок 9 – Водопоглотительная способность ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина

Согласно полученным данным, более высокую ВПС имеет порошок из тыквы (на 124,2 %, 178,4 %, и 106,9 % больше по сравнению с порошком из мандарина, гидролизатом овса «Живица» и ССП соответственно), что обусловлено большим содержанием клетчатки по сравнению с остальными образцами, которая благодаря капиллярной структуре обладает высокой способностью к набуханию и связыванию влаги [19, 90, 103]. Кроме того в состав порошка из тыквы входит до 1,9 % крахмала, который при нагревании в присутствии влаги также интенсивно набухает и клейстеризуется [4, 32, 33, 45]. Однако высокая водопоглотительная способность порошка из тыквы, предположительно, приведет к интенсивному возрастанию вязкости эмульсии, что может вызвать снижение пенообразующей способности, вследствие чего готовое изделие может иметь плотный плохо разрыхленный мякиш, низкие потребительские свойства и, как следствие, низкую усвояемость [44, 96].

Таким образом, с точки зрения ВПС для дальнейших исследований целесообразно использовать ССП (порошок из мандарина : порошок из тыквы : гидролизат овса «Живица» – 1: 8: 1) и порошок из мандарина,

характеризующиеся, не слишком высокой ВПС, но достаточной для получения полуфабрикатов и готовых изделий удовлетворительного качества.

#### **4.6 Исследование влияния смоделированной смеси порошков, гидролизата овса «Живица» и порошков из тыквы и мандарина на температуру клейстеризации крахмала муки**

Крахмал является главным строительным материалом при формировании структуры кекса, поэтому даже небольшие изменения в ходе его клейстеризации будут иметь существенные последствия для качества готового изделия [40]. Чем выше температура клейстеризации крахмала, тем дольше происходит стабилизация структуры кекса, а, следовательно, увеличивается не только продолжительность выпечки, но и количество возвратных отходов. Это в свою очередь снижает эффективность производства и увеличивает себестоимость продукции. На параметры клейстеризации крахмала значительное влияние оказывают компоненты, входящие в рецептуру кекса [40, 44, 45, 90]. Поэтому на следующем этапе считали целесообразным исследовать влияние ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина на температуру клейстеризации крахмала при замене 10 % муки, необходимой для исследования. В качестве контрольного образца выступала мука пшеничная общего назначения М 55-23 (таблица 1).

Результаты исследования представлены на рисунке 10.

Из результатов исследования видно, что при внесении порошков из тыквы и мандарина, гидролизата овса «Живица» и ССП температура клейстеризации крахмала муки снижается. Наименьшую температуру клейстеризации крахмала имеет образец, содержащий гидролизат овса «Живица» (84,5 °С). Предположительно, это может быть обусловлено тем, что в состав ССП, а также порошков из тыквы и мандарина входит большее количество моно- дисахаридов по сравнению с гидролизатом овса «Живица». Моно- и дисахариды обладают дегидратирующими свойствами, уменьшая количество воды, доступное для

участия в клейстеризации, замедляя тем самым процесс и обеспечивая повышение температуры клейстеризации крахмала муки [90].

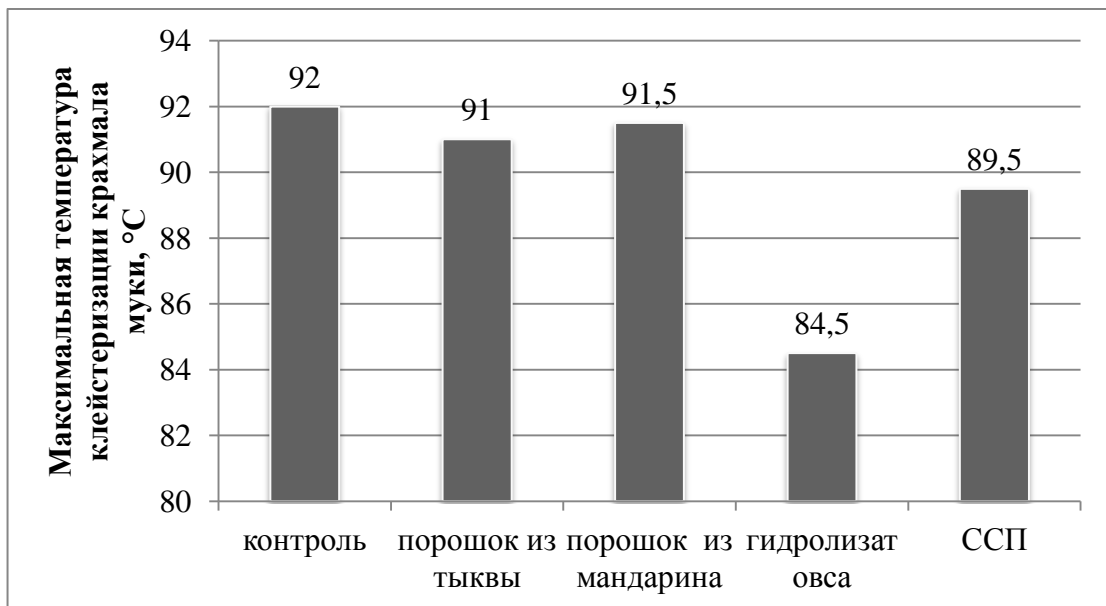


Рисунок 10 – Исследование влияния ССП, гидролизата овса «Живица», порошков из тыквы и мандарина на температуру клейстеризации крахмала муки

Установлено, что с точки зрения влияния на температуру клейстеризации крахмала муки для дальнейших исследований целесообразно использовать гидролизат овса «Живица», а также ССП (порошок из мандарина : порошок из тыквы : гидролизат овса «Живица» – 1: 8: 1).

Таким образом, анализ технологических свойств порошков показал, что, несмотря на то, что порошок из тыквы характеризуется более высокими показателями по ЖСС и ЖЭС, он имеет чрезмерно высокую ВПС. Кроме того, порошок из тыквы обладает специфическим вкусом и ароматом, вследствие чего его использование в чистом виде, предположительно, приведет к ухудшению органолептических показателей готовых изделий [44]. Все это затрудняет получение качественных МКИ с использованием в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами, порошка из тыквы.

Смоделированная смесь порошков (ССП) также имеет высокий показатель по ЖСС, от которого напрямую зависит миграция жира из готовых изделий.

Кроме того, она характеризуется достаточно высокими значениями по ЖЭС и ВПС, а также в большей степени по сравнению с порошком из тыквы снижает температуру клейстеризации крахмала муки, что в дальнейшем приведет к ускорению процесса стабилизации структуры МКИ при выпечке [40] и, соответственно, к сокращению ее продолжительности. Эфирные масла порошка из мандарина, входящего в состав ССП, позволят положительно повлиять на органолептические показатели МКИ, а богатый химический состав смеси – дополнительно обогатить готовые изделия витаминами, минеральными веществами, белками и пищевыми волокнами, что в дальнейшем, возможно, позволит повысить пищевую ценность МКИ и придать им функциональные свойства.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о целесообразности использования ССП (порошок из мандарина : порошок из тыквы : гидролизат овса «Живица» – 1: 8: 1) в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами, при производстве МКИ функционального назначения на жидких растительных маслах.

## ГЛАВА 5 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### 5.1 Исследование влияния смоделированной смеси порошков на показатели качества бисквитной эмульсии

На следующем этапе считали целесообразным провести исследование влияния ССП на качественные показатели бисквитной эмульсии, являющейся основным полуфабрикатом при производстве большинства МКИ.

Исследования были проведены для образцов эмульсий, в которых в качестве жирового компонента была использована композиция растительных масел без использования ССП (0 %), а также с ее использованием в количестве от 5 до 25 % (с шагом 5 %) от массы жира. В качестве контрольного был взят образец бисквитной эмульсии на маргарине, приготовленный согласно выбранной рецептуре (таблица 2) [107, 124].

Эмульсии взбивали в течение 15 минут при температуре  $20 \pm 2$  °С. В процессе исследования сравнивали устойчивость, дисперсность, вязкость и время приготовления эмульсий. Измерения проводили сразу после взбивания при комнатной температуре.

На первом этапе исследовали влияние композиции растительных масел и ССП на вязкость бисквитной эмульсии, так как она является одним из факторов, обеспечивающих устойчивость эмульсий и пен [33, 34, 31, 37, 72, 73, 99, 146].

По результатам исследования реологических свойств бисквитных эмульсий, были построены кривые течения и графики зависимости вязкости от скорости сдвига.

Кривые течения бисквитных эмульсий были описаны трехпараметрическими реологическими уравнениями Гершеля - Балкли [65]:

$$\theta = \bar{\tau}\theta_0 + K \cdot \gamma^n \quad (5.1)$$

где:  $\theta$  - напряжение сдвига (Па);

$\theta_0$  - предельное напряжение сдвига (Па);

$K$  - коэффициент консистенции (Па·с);

$\dot{\gamma}$  - скорость сдвига,  $\text{с}^{-1}$ ;

$n$  - индекс течения.

Реологические характеристики образцов бисквитной эмульсии в зависимости от дозировки ССП представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Влияние дозировки ССП на реологические свойства бисквитной эмульсии

Дозировка ССП		Предельное напряжение сдвига, Па	Коэффициент консистенции (k), Па·с	Индекс течения (n)
Контроль		1,1	8,2	0,150
Экспериментальные образцы на основе композиции растительных масел	0 %	1,5	9,0	0,167
	5 %	2,0	10,0	0,175
	10 %	2,2	12,0	0,176
	15 %	2,5	14,8	0,181
	20 %	2,8	15,5	0,192
	25 %	3,1	16,2	0,198

Результаты исследований зависимости эффективной вязкости от дозировки ССП представлены на рисунке 11.

Из представленных данных видно, что с увеличением дозировки ССП происходит постепенное возрастание вязкости бисквитной эмульсии, что подтверждается увеличением коэффициента консистенции и индекса течения.

Возрастание вязкости бисквитных эмульсий по сравнению с контрольным образцом может быть обусловлено двумя факторами:

- во-первых, возрастание вязкости происходит за счет насыщения массы воздухом, что объясняется аэрирующими свойствами твердых частиц ССП. Данный момент является положительным при производстве кексов, так как

увеличение доли воздушной фазы в дальнейшем приведет к получению более разрыхленной структуры мякиша изделий, в связи с тем, что пузырьки воздуха являются зародышами будущих пор [10, 33, 57].

- во-вторых, возрастание вязкости бисквитных эмульсий по сравнению с контрольным образцом объясняется высокой водопоглотительной способностью ССП, что доказано в ходе ранее проведенных экспериментов и обусловлено особенностями её химического состава (наличием значительного количества пищевых волокон и белков).

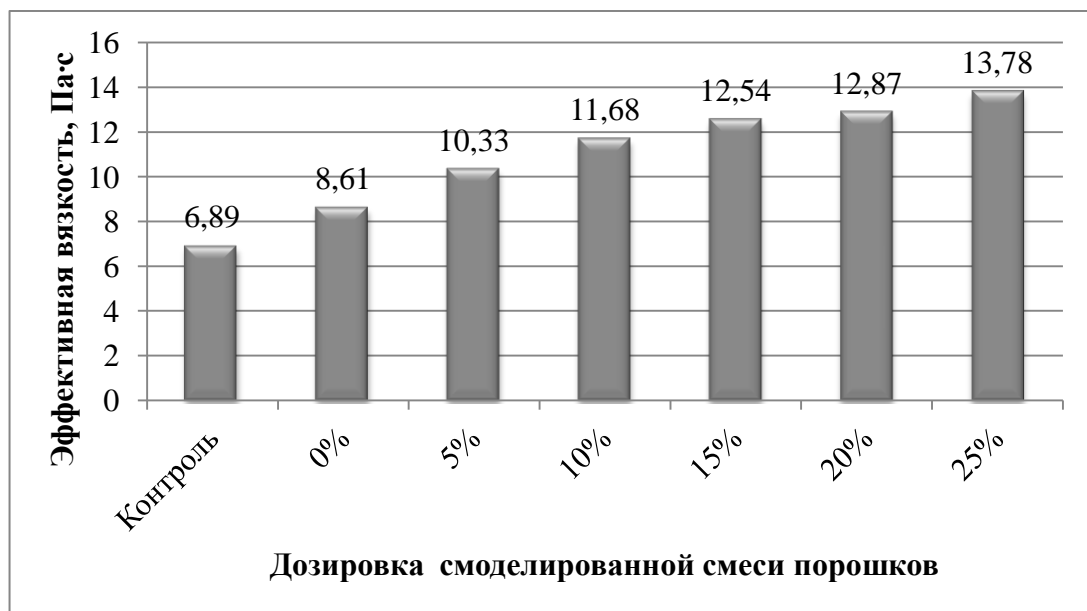


Рисунок 11 – Зависимость эффективной вязкости эмульсии от дозировки ССП

Полисахариды имеют склонность к сгущению (увеличению вязкости) вследствие невысокой гибкости и способности образовывать зоны соединений между областями упорядоченной конформации их макромолекул. Гидроколлоиды увеличивают вязкость непрерывной дисперсионной среды пропорционально их концентрации. И, если на первой стадии сгущения эмульсия обладает тиксотропией, то с повышением концентрации ПАВ может наступить такой момент, когда в непрерывной фазе образуется прочная структура геля, не проявляющая тиксотропные свойства, при этом консистенция эмульсии

становится пастообразной [5, 44, 90, 108, 111, 115, 154]. Это может привести к снижению пенообразующей способности, вследствие чего можно получить готовое изделие с плотным плохо разрыхленным мякишем, что отразится не только на потребительских свойствах продукта, но и приведет к снижению усвояемости изделий [96].

В связи с тем, что возрастание вязкости может носить как положительный, так и отрицательный характер, установление оптимальной дозировки ССП проводили по другим показателям качества бисквитной эмульсии: дисперсности, её устойчивости и времени приготовления.

На следующем этапе считали целесообразным провести исследование эмульсии по показателю дисперсности.

Важнейшим параметром, определяющим свойства эмульсий, является дисперсность. Полностью дисперсность характеризуется кривой распределения капель эмульсии по размерам [17, 31, 33, 34, 37, 44, 99, 101, 111].

Установлено, что устойчивость эмульсии зависит от дисперсности жировых капель. Эмульсии, содержащие капли жира большого размера, являются более неустойчивыми, чем эмульсии, содержащие большое количество мелких жировых шариков [33, 34, 44, 68, 99, 135].

Исследование дисперсности проводили микроскопированием экспериментальных образцов с использованием микроскопа МИКМЕД – 5 (x 400), в ходе которого отмечается увеличение дисперсности капелек жира (рисунок 12).

Анализ диаграммы, отражающей распределение жировых шариков эмульсии по размерам, показал, что при увеличении дозировки ССП до 15 % от массы жира включительно, количество жировых шариков мелких фракций возрастает и достигает уровня контрольного образца, незначительно его превышая. При дальнейшем увеличении дозировки ССП количество жировых шариков мелких фракций сокращается, а средних фракций – увеличивается, что, вероятно, обусловлено чрезмерной вязкостью образцов эмульсии, затрудняющей процесс эмульгирования. Наибольшая доля крупных фракций жировых шариков у



образца эмульсии, изготовленного с использованием в качестве жирового сырья композиции растительных масел без использования ССП (0 %).

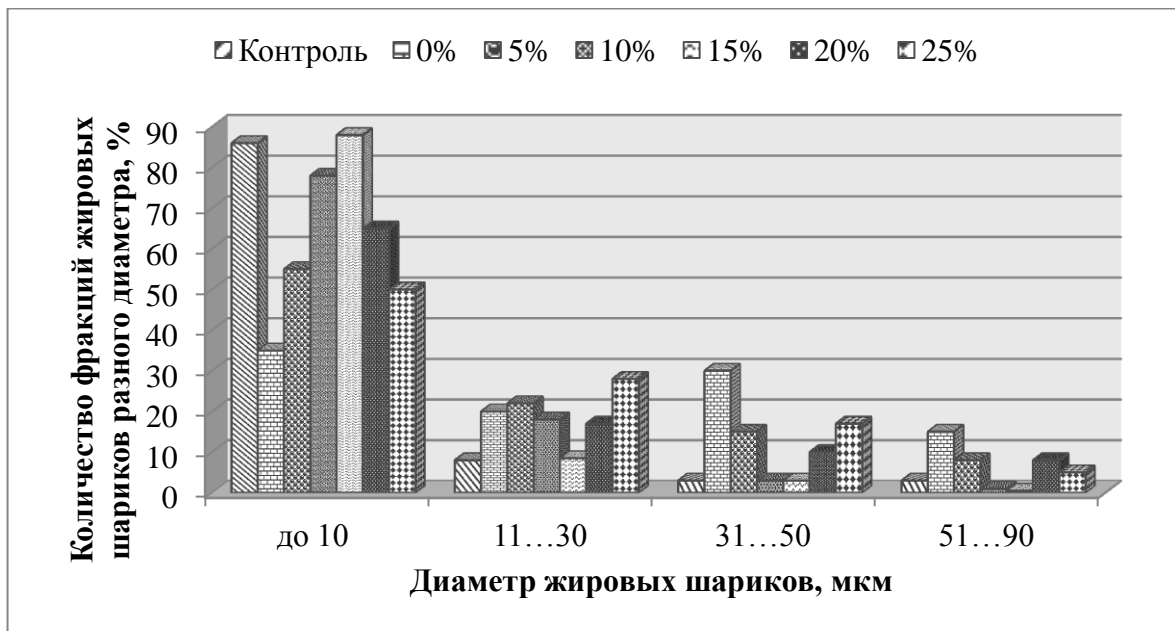


Рисунок 12 – Дисперсность эмульсии при различной дозировке ССП

Полученные экспериментальные данные можно объяснить тем, что водорастворимые белки, входящие в состав ССП (альбумины и глобулины), вступают во взаимодействие с полисахаридами и образуют белково-полисахаридные комплексы, обладающие свойствами ПАВ, которые улучшают эмульгирование, обеспечивая увеличение дисперсности эмульсии [44, 92, 102, 111, 149]. Увеличение вязкости жидкой фазы образцов эмульсии с использованием ССП препятствует коалесценции жировых шариков, что также приводит к повышению их дисперсности [19, 33, 103, 111]

Наличие пузырьков воздуха в эмульсии, как видно из рисунка 13, позволяет сделать вывод о том, что в ходе взбивания эмульсии происходит интенсивное насыщение её воздухом. Это дает возможность отнести получаемую массу к пенам-эмульсиям [50]. Причем экспериментальные образцы характеризуются более высоким содержанием воздушной фазы по сравнению с контрольным. Кроме того, как видно из рисунка 13, размер пузырьков воздуха в эмульсии

контрольного образца больше, чем у экспериментальных образцов, приготовленных с использованием ССП.

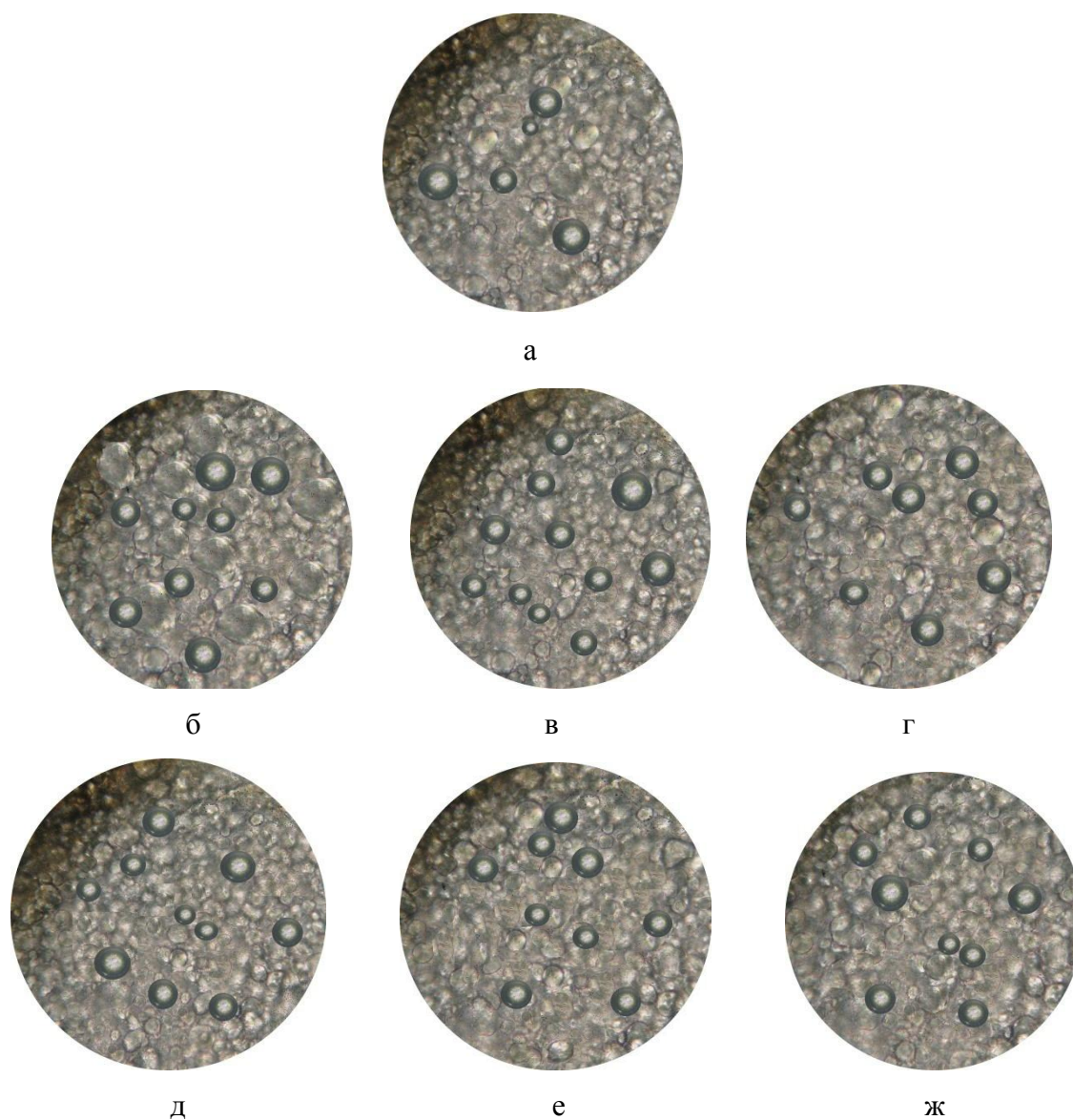


Рисунок 13 – Микрофотографии воздушной фазы исследуемых образцов эмульсий (x 400): а – контроль; образцы на композиции растительных масел: б – 0 % ССП; в – 5 % ССП; г – 10 % ССП; д – 15 % ССП; е – 20 % ССП; ж – 25 % ССП

Увеличение дисперсности воздушных пузырьков может быть обусловлено аэрирующими свойствами твердых частиц ССП. Кроме того, полисахариды порошков, адсорбируясь на поверхности раздела фаз газ-жидкость и взаимодействуя с белками, повышают прочность межфазного слоя. В результате отсутствует коалесценция пузырьков воздуха, стабилизируются структурно-

механические свойства пены-эмульсии, становится возможным интенсивное насыщение системы воздухом и повышение её дисперсности [31, 33, 34, 101, 111].

Таким образом, оптимальной с точки зрения показателя дисперсности эмульсии, может быть дозировка ССП в количестве 15 % к массе жира (композиции растительных масел).

На следующем этапе считали целесообразным провести исследование влияния ССП на устойчивость эмульсии.

Эмульсии в зависимости от концентрации дисперсной фазы могут быть устойчивыми, или со временем в них могут происходить седиментационные процессы, а также флокуляция и коалесценция [33, 34].

Седиментационная или кинетическая неустойчивость проявляется в оседании или всплытии частиц дисперсной фазы [33].

Коалесценция происходит за счет самопроизвольного образования агрегатов частиц, что, в конечном счете, может приводить к полному разрушению эмульсии [31, 33, 34, 98, 101, 111, 143].

Устойчивость бисквитной эмульсии определяли по объему отслоившейся жидкости через 2ч и 24 ч.

Результаты исследований представлены на рисунке 14.

Из результатов исследований видно, что контроль и экспериментальный образец с 25 % ССП характеризуются наибольшей устойчивостью по сравнению с остальными образцами. Наиболее низкая устойчивость характерна для образца эмульсии, приготовленной на композиции растительных масел без использования ССП (0 %). С увеличением дозировки смеси от 5 до 25 % устойчивость повышается в среднем на 2,0 - 7,8 % .

Полученные экспериментальные данные объясняются увеличением дисперсности и вязкости эмульсии [2, 12, 33, 34, 111]. Как отмечалось ранее, возрастание вязкости эмульсий экспериментальных образцов связано с особенностями химического состава ССП (наличием значительного количества пищевых волокон). Кроме того, устойчивость эмульсий может быть обусловлена изменением показателя рН, при увеличении дозировки ССП. Установлено, что

эмульсии, стабилизированные белками, более устойчивы при рН, близком к изоэлектрической точке белка, при условии, что белок растворим в данной точке. При этом следует отметить, что для адсорбированных белков изоэлектрическая точка заметно отличается от изоэлектрической точки в растворе [33, 44, 37, 111].

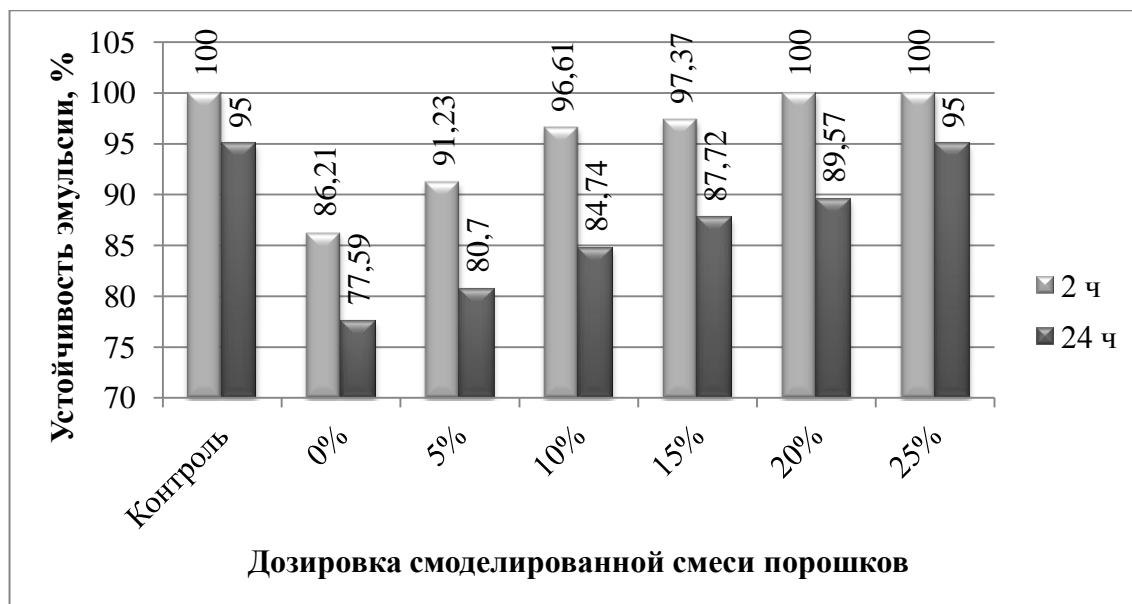


Рисунок 14 - Зависимость устойчивости эмульсии от дозировки ССП

Электрическое отталкивание между молекулами белка при рН, близком к изоэлектрической точке белка, минимально, а жесткость межфазных адсорбционных слоев максимальна, что способствует уменьшению деформации и разрушению жировых капель [33, 34, 44, 111].

С увеличением концентрации белка в растворе межфазная прочность повышается, что может быть связано с ростом числа межмолекулярных контактов в адсорбционном слое и увеличением его толщины. Чем больше концентрация белка в объеме, тем быстрее образуется адсорбционный слой, так как при этом выше вероятность выхода молекул белка на поверхность раздела фаз [33, 44, 111, 115].

В процессе адсорбции, протекающей на границе раздела фаз, вначале образуется монослой из белка с гидрофобными участками молекул, обращенными к маслу, и гидрофильными — к воде. Следующие молекулы, которые подходят к

поверхности раздела благодаря давлению адсорбционного слоя, имеют тенденцию вытеснять с поверхности менее поверхностно-активные сегменты молекул, связанные в монослой силами когезии, вследствие чего сегменты молекул адсорбционного слоя образуют свободные петли или складки. Это приводит к тому, что увеличивается число полярных областей молекул белка на границе раздела фаз. Поверхность слоя, обращенного к воде, становится более гидрофильной, что должно приводить к образованию толстых структурированных слоев [31, 33, 34, 37, 44, 97, 100, 101, 111, 143].

На устойчивость эмульсии также оказывают влияние белково-полисахаридные комплексы, образующиеся за счет электрических сил взаимодействия вследствие образования двойного электрического слоя при контакте двух поверхностей и адгезии. Такие комплексы обладают свойствами ПАВ и стабилизируют эмульсию [44, 102, 111, 144, 149].

Таким образом, оптимальной с точки зрения показателя устойчивости эмульсии, может быть дозировка ССП до 25 %, так как с увеличением дозировки устойчивость эмульсии повышается и достигает 100 % [115, 120].

Время приготовления эмульсии оказывает влияние на длительность технологического процесса и, как следствие, на себестоимость продукции. В связи с этим, исследование данного процесса является целесообразным.

В ходе ранее проведенных исследований было подтверждено наличие у ССП жиросвязывающих, жирозэмульгирующих и водопоглощающих свойств, что может привести к сокращению времени взбивания пены-эмульсии с внесением ССП.

Кинетику приготовления пены-эмульсии исследовали в процессе взбивания при  $20 \pm 2$  °С до получения мелкодисперсной равномерной пенообразной структуры. Окончание взбивания определяли органолептически. Результаты исследований представлены на рисунке 15.

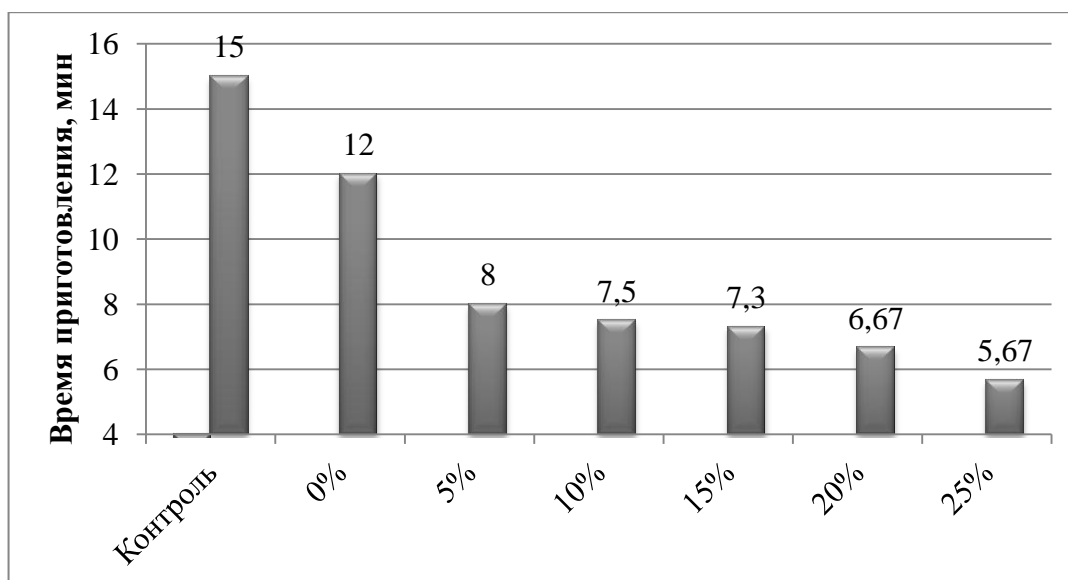


Рисунок 15 – Зависимость времени взбивания эмульсии от дозировки ССП

Как видно из рисунка 15, время приготовления контроля превышает время приготовления экспериментальных образцов. Причем, при увеличении дозировки ССП длительность взбивания пены-эмульсии сокращается в среднем на 7 – 9,33 минуты (при 25 %-й дозировке ССП). Вероятно, это можно объяснить тем, что внесение ССП в пену-эмульсию обуславливает рост пенообразующей способности за счет аэрирующих свойств порошков, уменьшения синерезиса и повышения устойчивости пены, что также может привести к ускорению процесса получения устойчивой структуры пены-эмульсии [33, 34, 111].

Использование ССП в процессе приготовления эмульсий ускоряет образование прочного межфазного слоя. Процесс формирования межфазного адсорбционного слоя развивается во времени и идет за счет образования связей, укрепляющих трехмерную пространственную структуру, причем основным типом связей для ПАВ, входящих в состав ССП (белков, пектинов), является гидрофобное взаимодействие [33, 34, 44, 102, 111, 149].

Таким образом, внесение ССП в эмульсию, приготовленную при полной замене маргарина на композицию растительных масел, позволяет повысить вязкость, и как следствие, устойчивость и получить бисквитную эмульсию,

превосходящую контроль по показателям дисперсности и времени приготовления, а также характеризующуюся более высокой дисперсностью воздушной фазы [114, 116, 115, 120, 123].

В связи с вышесказанным, можно сделать вывод о целесообразности использования ССП при производстве бисквитной эмульсии в количестве 15 %, так как при данной дозировке она характеризуется максимальным значением по дисперсности, как одним из важнейших показателей качества эмульсии, и средними значениями по вязкости, устойчивости и времени приготовления, при полной замене маргарина на композицию растительных масел, с целью получения готовых изделий предположительно более высокого качества.

## **5.2 Исследование влияния замены рецептурных компонентов смоделированной смесью порошков на качество кексового теста**

Тесто для кексов можно рассматривать как дисперсную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз. Его структурно-механические свойства зависят от таких факторов, как влажность, температура, рецептура, продолжительность и интенсивность механического воздействия, свойств муки и др. [32, 45, 152, 153, 156].

На следующем этапе исследовали влияние ССП, на изменение вязкости и плотности теста в зависимости от заменяемого рецептурного компонента и её дозировки.

Плотность теста позволяет косвенно судить о степени насыщения его воздухом. С увеличением доли воздушной фазы плотность теста снижается, что в дальнейшем приведет к увеличению объема готовых кексов [32, 57, 127].

Исследование вязкости теста для кексов осуществляли на ротационном вискозиметре “Реотест-2” в диапазоне скоростей сдвига от 0,167 до 4,5 с<sup>-1</sup>, поскольку известно, что структура кексового теста разрушается при более высоких скоростях сдвига [18, 48, 106]. Измерения проводили сразу после замеса при комнатной температуре 20±2°C.

В качестве контроля использовали образец теста, приготовленного с применением маргарина согласно выбранной рецептуре кекса «Праздничный» (таблица 2). В опытных образцах в качестве жирового компонента использовали композицию растительных масел, а также вводили ССП при замене от 0 до 25 % (с шагом 5 %) сахара – образец 1 и меланжа – образец 2. Замену производили по сухому веществу.

Сахар повышает вязкость дисперсионной среды, и поверхностное натяжение на границе раздела фаз, затрудняя тем самым процесс эмульгирования и пенообразования. В то же время в высоковязкой среде капелькам жира трудно приблизится друг к другу, вероятность их столкновения снижается, обеспечивая тем самым стабильность пены-эмульсии [32, 33, 45, 40].

Использование ССП позволит повысить пенообразование за счет белков альбуминовой и глобулиновой фракции, а также аэрирующих свойств твердых частиц смеси без снижения устойчивости пены, которую обеспечат пищевые волокна, а содержащиеся в ССП аминокислоты, моно- и дисахариды, позволят получить готовые изделия хорошей окраски [44, 45].

Меланж обладает поверхностно-активными свойствами [32, 45], способствует эмульгированию и повышает стойкость эмульсий и пен. Замена меланжа на ССП может быть компенсирована наличием в её составе белков и пектина, обладающих свойствами ПАВ, а также аэрирующими свойствами твердых частиц порошков [44, 111].

Результаты исследований представлены в таблице 10.

Из представленных данных видно, что с увеличением дозировки ССП в образце 1, происходит постепенное увеличение вязкости и плотности кексового теста по сравнению с контрольным образцом. Увеличение вязкости обусловлено высокой водопоглощительной способностью ССП, в связи с наличием в её составе значительного количества пищевых волокон [19, 44, 103, 111, 150, 154]. Увеличение плотности теста можно объяснить уменьшением количества воздушной фазы в тесте, вследствие снижения пенообразования при повышении концентрации твердых частиц в пене, избыток которых может приводить к



снижению концентрации ПАВ в связи с адсорбцией их на поверхности твердых частиц [33, 111].

Таблица 10 – Показатели качества кексового теста

Наименование образца	Экспериментальные образцы на основе композиции растительных масел при дозировке ССП, %						Контроль
	0	5	10	15	20	25	
	Эффективная вязкость, Па·с при $\gamma=0,9 \text{ с}^{-1}$						
Образец 1	99,89	134,33	168,95	198,60	215,46	230,78	168,78
Образец 2		173,6	168,78	168,56	155,17	144,26	
	Плотность, г/см <sup>3</sup>						
Образец 1	1,55	1,79	1,89	2,00	2,04	2,28	1,68
Образец 2		1,60	1,67	1,71	1,84	2,01	

Необходимо отметить, что внесение ССП при замене меланжа по сухому веществу (образец 2) обеспечивает снижение вязкости теста, что вероятно обусловлено уменьшением доли воздушной фазы вследствие снижения количества пенообразователя (меланжа), а также избытка твердых частиц в системе, на поверхности которых может происходить адсорбция ПАВ, что дополнительно понижает их концентрацию в растворе. Уменьшение количества воздушной фазы в тесте приводит к снижению вязкости и увеличению его плотности [33].

Таким образом, проанализировав полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод, что для получения кексов, не уступающих по качеству контрольному образцу, необходимо, чтобы вязкость и плотность теста в экспериментальных образцах не превышала или превышала незначительно значение вязкости и плотности для контрольного образца. Наиболее близкими значениями по вязкости и плотности теста по отношению к контролю обладает

образец № 2 при дозировке ССП в количестве 10 % при замене меланжа по сухому веществу, что, предположительно, обеспечит получение изделий с хорошо разрыхленной структурой и улучшенным химическим составом.

### **5.3 Исследование влияния замены меланжа смоделированной смесью порошков на показатели качества кексов**

На основании вышеприведенных исследований установлена целесообразность использования при производстве кексов на композиции растительных масел ССП в количестве 10 % при замене меланжа по сухому веществу.

На следующем этапе проводили изучение влияния замены меланжа ССП на показатели качества готовых кексов на основе композиции растительных масел. В первую очередь проводили органолептическую оценку качества полученных кексов, так как результаты органолептического анализа являются решающими при определении потребительских свойств новых изделий и разработке новых технологий получения основных продуктов питания населения [96].

#### **5.3.1 Исследование влияния замены меланжа смоделированной смесью порошков на органолептические показатели качества кексов**

Балльную оценку органолептических показателей проводили для изделий, произведенных согласно выбранной рецептуре кекса «Праздничный» (таблица 2), при полной замене маргарина на композицию растительных масел и одновременной замене меланжа по сухому веществу ССП в количестве от 5 % до 25 % (с шагом 5 %). Органолептическую оценку производили по следующим критериям: внешний вид (по шкале от 1 до 3), состояние поверхности (по шкале от 1 до 5), окраска корки (по шкале от 1 до 5), толщина корок (по шкале от 1 до 5), пропеченность мякиша (по шкале от 1 до 4), промес (по шкале от 1 до 3),

пористость (по шкале от 1 до 5), эластичность мякиша (по шкале от 1 до 5), вкус и запах (по шкале от 1 до 4) [48].

На дегустации было представлено шесть вариантов кексов:

- контроль – кекс, приготовленный согласно выбранной рецептуре кекса «Праздничный» с использованием в качестве жирового компонента маргарина;

- вариант 1 – кекс, приготовленный согласно выбранной рецептуре с использованием в качестве жирового компонента композиции растительных масел без использования сырья, обладающего стабилизирующими и эмульгирующими свойствами ;

- вариант 2 – кекс, приготовленный на композиции растительных масел при замене 5 % меланжа ССП по сухому веществу;

- вариант 3 – кекс, приготовленный на композиции растительных масел при замене 10 % меланжа ССП по сухому веществу;

- вариант 4 – кекс, приготовленный на композиции растительных масел при замене 15 % меланжа ССП по сухому веществу;

- вариант 5 – кекс, приготовленный на композиции растительных масел при замене 20 % меланжа ССП по сухому веществу;

- вариант 6 – кекс, приготовленный на композиции растительных масел при замене 25 % меланжа ССП по сухому веществу.

Результаты дегустации по каждому варианту представлены на рисунке 16.

Из результатов, представленных на рисунке 16, видно, что вариант 3 характеризуется наиболее высокими баллами по сравнению с остальными образцами и превосходит контроль по показателям внешний вид, пористость и эластичность мякиша. При этом суммарная оценка варианта 3 на 10,8 % выше по сравнению с контролем. Варианты 1 и 2 превосходят контрольный образец по эластичности мякиша, уступая при этом по показателю толщина корок. При этом суммарный балл вариантов 1 и 2 превосходит контроль на 5,7 %. Варианты 4, 5 и 6 уступают контролю по состоянию и окраске поверхности, толщине корок, кроме того варианты 5 и 6 – по вкусу и запаху, вариант 6 – по пористости и

эластичности мякиша. Суммарная оценка для вариантов 4, 5 и 6 на 6,1 %, 15,1 % и 21,2 % ниже по сравнению с контролем соответственно.

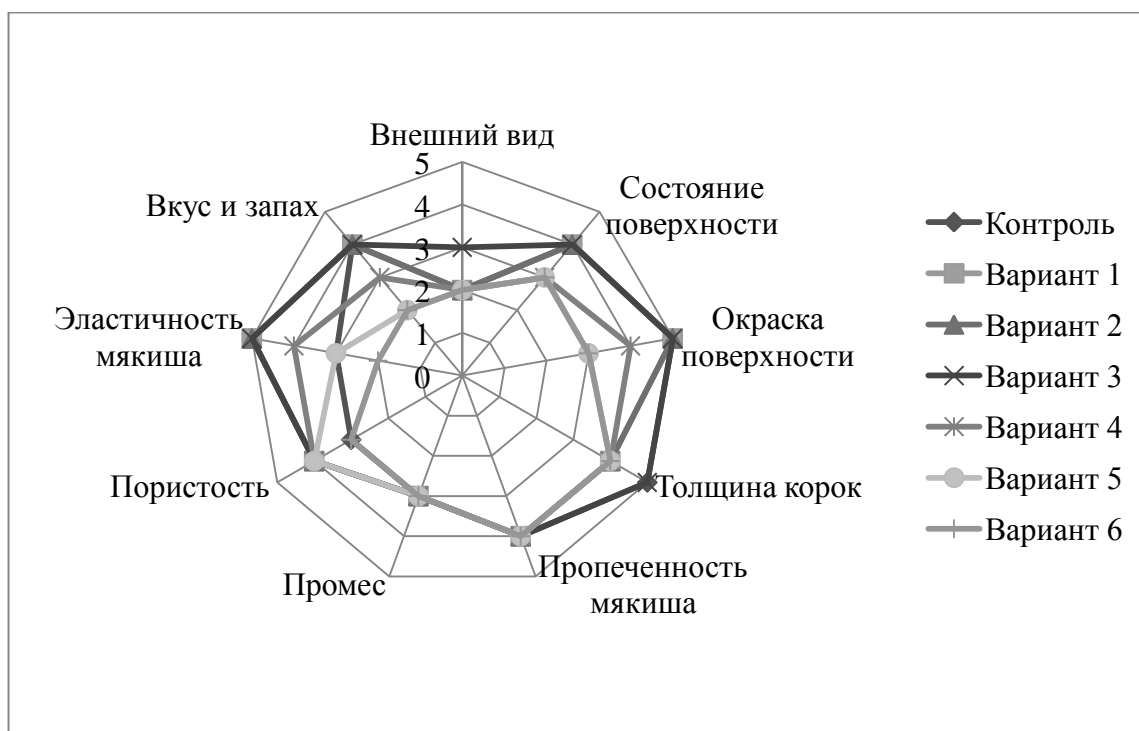


Рисунок 16 – Диаграмма органолептической оценки показателей качества кексов

Ухудшение окраски корки для вариантов 4, 5 и 6 обусловлено её чрезмерным потемнением, за счет увеличения количества сахаров и белков, вносимых с ССП, которые, вступая в реакцию друг с другом, образуют меланоидины. При этом достоверно установлено, что данные соединения обладают канцерогенным действием [90], поэтому увеличение их количества в готовых изделиях является нежелательным. Ухудшение вкуса и запаха в вариантах 5 и 6 обусловлено специфическим вкусом и запахом порошка из тыквы, вносимого с ССП, которые начинают ощущаться при дозировке 20 % и выше. Ухудшение показателей пористости и эластичности мякиша в варианте 6 вероятно обусловлено чрезмерным возрастанием вязкости полуфабрикатов за счет интенсивного набухания пищевых волокон ССП при дозировке 25 %, что затрудняет подъем тестовой заготовки в процессе выпечки.

Таким образом, на основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что оптимальным с точки зрения органолептических показателей качества готовых кексов является вариант 3 с заменой меланжа ССП в количестве 10 % по сухому веществу.

### **5.3.2 Исследование влияния замены меланжа смоделированной смесью порошков на физико-химические и структурно-механические показатели качества готовых кексов**

При определении качества готовых изделий имеет значение не только органолептическая оценка, но также физико-химические и структурно-механические показатели качества, так как они во многом определяют пищевую ценность изделия, а именно его усвояемость [96].

В связи с этим, считали целесообразным провести исследование готовых кексов по таким показателям, как массовая доля влаги, массовая доля жира, удельный объем, щелочность, общая деформация сжатия мякиша.

Исследования проводили для образцов, приготовленных при полной замене маргарина на композицию растительных масел, в которых часть меланжа заменена на ССП в количестве от 0 до 25 % (с шагом 5 %) по сухому веществу. В качестве контрольного был взят образец, приготовленный на маргарине согласно выбранной рецептуре кекса «Праздничный» [107, 124].

Результаты исследований представлены в таблице 11.

Экспериментальные данные показывают, что образец, в котором маргарин полностью заменен на композицию растительных масел, без использования ССП (0 %), характеризуется более высокими показателями качества по сравнению с остальными образцами. При этом удельный объем данного образца на 3,4 % выше по сравнению с контролем. Данный факт, вероятно, обусловлен тем, что вязкость теста, приготовленного с использованием композиции растительных масел, значительно ниже по сравнению с контролем, что облегчает подъем и увеличение объема тестовой заготовки в процессе выпечки за счет химических

разрыхлителей. В образцах с ССП с увеличением дозировки от 5 до 10 % включительно при замене меланжа по сухому веществу происходит незначительное уменьшение удельного объема кексов (до 1,7 %) и общей деформации сжатия мякиша (до 3,3 %). Дальнейшее увеличение дозировки (более 10 %) приводит к значительному снижению удельного объема готовых изделий (на 10,4-18,8 %) и общей деформации сжатия мякиша (8,6 % - 18 %) по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 11 – Показатели качества кексов

Показатель	Контроль	Экспериментальные образцы на основе композиции растительных масел при дозировке ССП, %					
		0	5	10	15	20	25
Массовая доля влаги, %	22,0±3,0	22,0±3,0	22,0±3,0	22,0±3,0	22,0±3,0	22,0±3,0	22,0±3,0
Массовая доля жира, %	16,5±0,2	16,9±0,2	16,7±0,2	16,7±0,2	16,6±0,2	16,4±0,2	16,2±0,2
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,88±0,03	2,98±0,03	2,91±0,03	2,83±0,03	2,58±0,03	2,50±0,03	2,34±0,02
Щелочность, град.	1,8±0,02	1,8±0,02	1,6±0,02	1,6±0,02	1,4±0,01	1,4±0,01	1,2±0,01
Общая деформация сжатия мякиша, мм	24,4±0,2	24,6±0,2	24,3±0,2	23,6±0,2	22,3±0,2	21,82±0,2	20,0±0,2

Полученные экспериментальные данные можно объяснить уменьшением количества воздушной фазы в тесте и увеличением его плотности за счет адсорбции пенообразователя поверхностью твердых частиц и высокого содержания пищевых волокон в ССП [33]. Тесто для кексов характеризуется большой неустойчивостью воздушной фазы. В связи с этим происходит разрушение пенообразной структуры полуфабрикатов за счет коалесценции под действием силы тяжести. Жидкость из пленок пены вытекает и стекает из верхних слоев пены в нижние в направлении поля силы тяжести до тех пор, пока градиент капиллярного давления не уравнивает силу тяжести [33, 34, 44, 111, 98, 101]. Вследствие чего происходит снижение пористости изделий и ухудшение их структурно-механических свойств. Кроме того, снижение удельного объема кексов при увеличении дозировки ССП, может быть обусловлено увеличением количества белков глобулиновой фракции, вносимых со смесью, так как сочетание овомуцина яичного белка с глобулинами способствует увеличению пенообразующей способности, но вследствие усадки при выпечке объем готового изделия небольшой [111, 155].

Компенсировать повышение плотности теста в дальнейших исследованиях предположительно позволит внесение картофельного крахмала. Крахмал является главным строительным материалом при формировании структуры кекса [40]. При добавлении крахмала в количестве 10 - 25 % от массы пшеничной муки наблюдается снижение плотности теста и повышение объема выпеченного изделия [8, 32, 40, 45, 57]. Кроме того, внесение картофельного крахмала позволит снизить скорость черствения мякиша, за счет более низкой склонности к ретроградации, в связи с меньшим содержанием амилозы [90].

Снижение щелочности в экспериментальных образцах по сравнению с контролем до 33,3 % (при дозировке ССП 25 %) обусловлено нейтрализацией щелочей органическими кислотами, содержащимися в ССП, что было установлено ранее при исследовании её химического состава и показателя рН. Снижение щелочности готовых кексов является положительным моментом, так

как уменьшается негативное воздействие на желудочно-кишечный тракт, оказываемое щелочными соединениями [90].

Незначительное снижение массовой доли жира (до 4,1 %) в экспериментальных образцах с увеличением дозировки ССП вероятно обусловлено уменьшением количества меланжа в кексах, вносимого по рецептуре.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных, можно сделать вывод, что оптимальной является замена до 10 % меланжа по сухому веществу на ССП при производстве кексов на композиции растительных масел, так как при такой дозировке качество получаемых полуфабрикатов (эмульсии и теста) и готовых изделий не уступает, либо уступает незначительно контролю. В связи с тем, что основной целью нашей работы является повышение пищевой ценности кексов и придание функциональных свойств при одновременной замене маргарина на композицию растительных масел, целесообразным считали в качестве конечной выбрать дозировку ССП 10 % с целью максимального обогащения готовых изделий пищевыми волокнами, микро- и макроэлементами.

### **5.3.3 Исследование показателей качества кексов при частичной замене муки крахмалом**

Как показали предыдущие исследования, при внесении 10 % ССП взамен меланжа по сухому веществу повышается плотность теста, что приводит к незначительному снижению удельного объема кексов. В связи с этим, считали целесообразным компенсировать этот недостаток заменой муки пшеничной по сухому веществу крахмалом. Для исключения чрезмерной крошливости мякиша кексов, была использована минимальная рекомендуемая (согласно литературным данным), дозировка крахмала – 10 % [40, 45, 57]. Для разработки рецептуры кексов был выбран картофельный крахмал, так как он обладает самой высокой способностью к набуханию, что ускоряет процесс



его клейстеризации и, как следствие, приводит к сокращению времени стабилизации структуры кексов в процессе выпечки [40]. Клейстер из картофельного крахмала характеризуется наиболее низкой скоростью ретроградации по сравнению с крахмалом зерновых культур, что связано с различным размером молекулы амилозы [4, 90].

На основании вышеизложенного считали возможным провести одновременную замену 10 % муки картофельным крахмалом и 10% меланжа на ССП по сухому веществу с учетом того, что эта дозировка является оптимальной с точки зрения получения готовых изделий с хорошими качественными показателями и максимальной пищевой ценностью.

В качестве контроля был взят образец, приготовленный на маргарине согласно выбранной рецептуре [107, 124]. Экспериментальным служил образец, в котором 10 % муки заменены картофельным крахмалом и 10 % меланжа заменены на ССП (образец) по сухому веществу при одновременной замене маргарина на композицию растительных масел.

Экспериментальные данные представлены на рисунке 17 и в таблице 12.

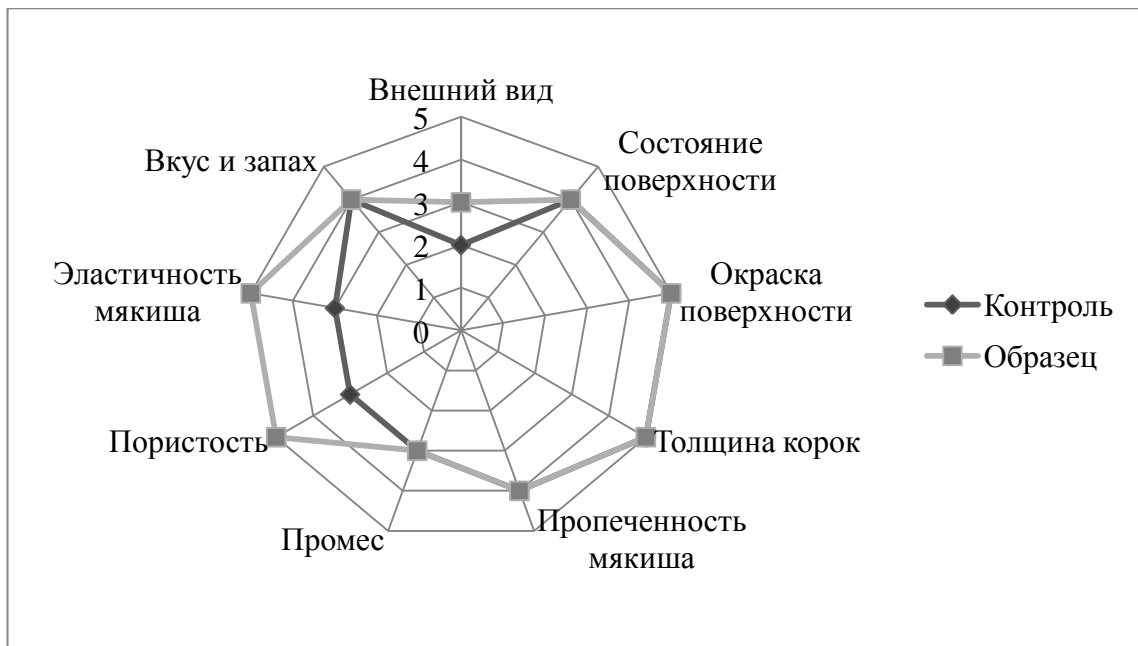


Рисунок 17 – Диаграмма органолептической оценки качества кексов

Из результатов исследований видно, что контроль уступает экспериментальному образцу по удельному объему – на 11,7 %, по общей деформации сжатия мякиша на 3,4 %, а также по органолептическим показателям: внешний вид, эластичность мякиша и пористость.

При этом суммарная органолептическая оценка экспериментального образца на 13,2 % выше по сравнению с контролем.

Таблица 12 - Физико-химические и структурно-механические показатели качества кексов

Показатель качества	Контроль	Образец
Массовая доля влаги, %	22,00±3,0	22,00±3,0
Массовая доля жира, %	16,5±0,2	16,7±0,2
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	2,88±0,03	3,26±0,03
Общая деформация сжатия мякиша, мм	24,4±0,2	25,25±0,3

Таким образом, замена 10 % муки картофельным крахмалом позволила компенсировать незначительное снижение удельного объема кексов при замене 10 % меланжа по сухому веществу на ССП и одновременной полной замене маргарина на композицию растительных масел. Готовые кексы могут характеризоваться не только высокой пищевой ценностью, обусловленной богатым химическим составом ССП и сбалансированным жирнокислотным составом композиции растительных масел, но и улучшенными качественными показателями (удельным объемом, общей деформацией сжатия мякиша и органолептическими показателями).

#### **5.4 Исследование влияния композиции растительных масел, смоделированной смеси порошков и технологических факторов на качество полуфабрикатов и готовых изделий**

В процессе совершенствования технологии производства кексов на композиции растительных масел с заменой 10 % меланжа ССП и 10 % муки картофельным крахмалом исследовали влияние конфигурации взбивального органа на качество получаемых полуфабрикатов и готовых изделий.

Эмульсию готовили по двум вариантам:

- 1) с использованием агрегата, взбивальный орган которого имеет плоскую конфигурацию;
- 2) с использованием машины, взбивальные органы которой имеют планетарное строение.

Взбивание в обоих случаях проводили при  $20 \pm 2$  °С с оптимальной дозировкой ССП (10 %) до получения мелкодисперсной равномерной пенообразной структуры. Окончание взбивания определяли органолептически. Устойчивость эмульсии оценивали через 2 часа после взбивания. Результаты исследований представлены в таблице 13.

Результаты исследований показывают, что при использовании для приготовления эмульсии машины, органы которой имеют планетарное строение (способ 2), качество получаемых полуфабрикатов и готовых кексов значительно выше, чем при приготовлении эмульсии по способу 1: количество фракций мелких жировых шариков выше на 19 %, время приготовления меньше на 3,5 минуты, плотность теста ниже на 4,6 %, удельный объем готовых кексов выше на 41,4 %, общая деформация сжатия мякиша выше на 16,6 %. При этом эффективная вязкость эмульсии, приготовленной по второму способу, и теста, полученного на основе данной эмульсии, на 16,5 % и 8,4 % соответственно выше по сравнению с вязкостью эмульсии и теста, приготовленных по первому способу.

Полученные данные объясняются различной конфигурацией взбивальных органов, которые во втором случае обеспечивают насыщение массы пузырьками

воздуха [32, 33], в результате чего масса приобретает свойства пены-эмульсии [50]. В связи с этим происходит увеличение доли воздушной фазы в полуфабрикатах (эмульсии и тесте), что и предопределяет рост вязкости [33, 34].

Таблица 13 – Влияние способа приготовления эмульсии на качество получаемых полуфабрикатов и готовых изделий

Показатель	Способ 1	Способ 2
Эмульсия		
Массовая доля влаги, %	35,0±0,4	35,0±0,4
Эффективная вязкость, Па·с	9,75±0,1	11,68±0,1
Устойчивость эмульсии, %	100,00±1,0	96,61±0,97
Дисперсность эмульсии: количество фракций жировых шариков разного диаметра, %		
до 10 мкм	59,0±0,59	78,0±0,78
11 - 30 мкм	20,0±0,2	18±0,18
31 - 50 мкм	15,0±0,15	3,0±0,03
51 - 90 мкм	6,0±0,06	1,0±0,01
Время приготовления, мин	11,0±0,1	7,5±0,08
Тесто		
Массовая доля влаги, %	30,0±0,3	30,0±0,3
Эффективная вязкость, Па·с	154,6±1,55	168,78±1,69
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,75±0,02	1,67±0,02
Готовое изделие		
Массовая доля влаги, %	22,0±3,0	22,0±3,0
Щелочность, град.	1,6±0,02	1,6±0,02
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	1,91±0,02	3,26±0,03
Общая деформация сжатия мякиша, мм	21,05±0,2	25,25±0,3

Устойчивость эмульсии, приготовленной по второму варианту, на 3,4 % ниже по сравнению с аналогичным показателем для эмульсии, приготовленной по

первому способу. Это можно объяснить тем, что при получении эмульсии вторым способом в большей степени происходит насыщение её пузырьками воздуха. Такая система обладает избытком поверхностной энергии, термодинамически неустойчива и стремится самопроизвольно сократить поверхность раздела. Поэтому после прекращения сбивания пена-эмульсия начинает быстро разрушаться вследствие оттока избыточной жидкости с пленок и синерезиса [33, 34, 101, 111].

Таким образом, в ходе эксперимента установлена целесообразность производства кексов на эмульсии, приготовленной по второму варианту с использованием агрегата с двумя взбивальными органами планетарного строения, так как это позволяет не только получать полуфабрикаты и изделия более высокого качества, но и уменьшает длительность технологического процесса за счет сокращения времени приготовления эмульсии.

### **5.5 Исследование влияния композиции растительных масел и смоделированной смеси порошков на динамику технологического процесса**

На следующем этапе провели сравнительный анализ технологических параметров приготовления кексов с применением нетрадиционного сырья: композиции растительных масел и ССП. Контролем являлся образец, приготовленный согласно рецептуре кекса «Праздничный» (таблица 2).

При проведении исследований сравнивали длительность приготовления эмульсии, теста и продолжительность выпечки кексов.

Время приготовления эмульсии было установлено по предыдущим исследованиям. Кинетику приготовления эмульсии (влажностью 35 %) исследовали в процессе взбивания при температуре  $20 \pm 2$  °С до получения мелкодисперсной равномерной пенообразной структуры. Окончание взбивания определяли органолептически.

Замес теста (влажностью 30 %) проводили при температуре  $20 \pm 2$  °С в течение 15 секунд с целью минимизации процесса набухания коллоидов муки и

разрушения пенообразной структуры, сформировавшейся в процессе приготовления эмульсии.

Продолжительность выпечки определяли по изменению массовой доли влаги, содержащейся в кексах. Выпечку проводили при температуре 175-180 °С до влажности кексов 22 % при равной массе тестовых заготовок с целью исключения влияния данных факторов на время выпечки.

Динамика изменения влажности выпекаемой тестовой заготовки в зависимости от времени представлена на рисунке 18.

Из представленных данных видно, что продолжительность выпечки экспериментальных образцов сокращается на 4 минуты по сравнению с контролем, что является положительным моментом, так как приводит к сокращению технологического процесса и повышению эффективности производства.

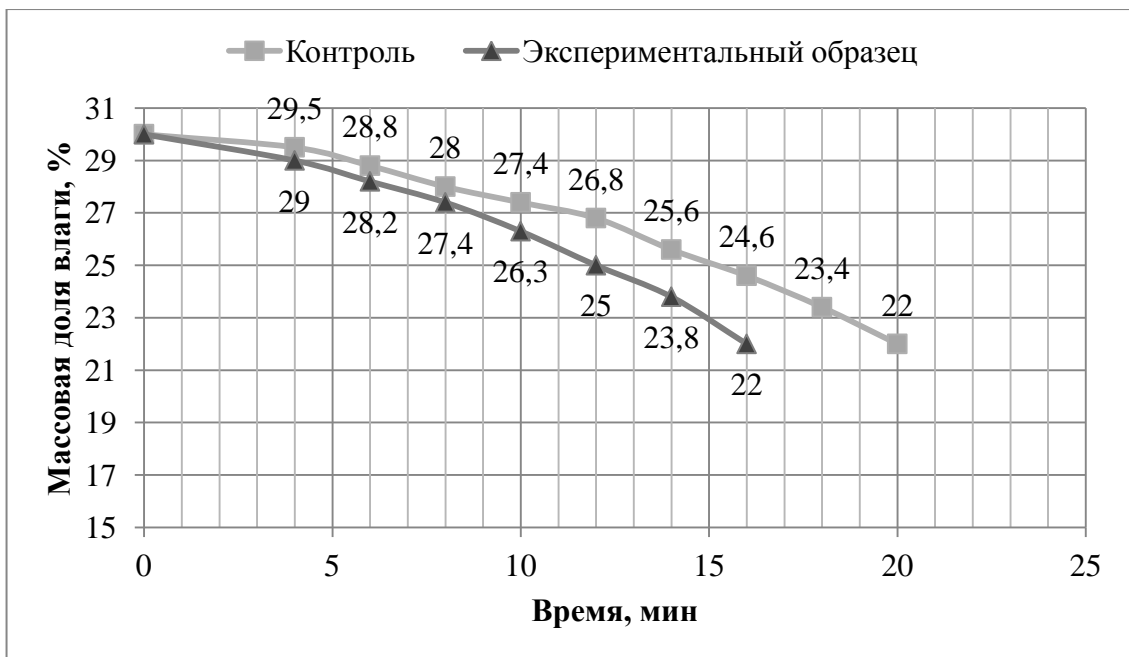


Рисунок 18 – Влияние нетрадиционного сырья на скорость выпечки кексов

Сокращение продолжительности выпечки вероятно обуславливается повышением термо- и влагопроводности тестовых заготовок в связи с более развитой структурой пористости у экспериментального образца за счет

интенсивного насыщения массы воздухом, как отмечалось ранее, что приводит к интенсификации процесса влагообмена между тестом и средой пекарной камеры и ускорению перемещения зоны испарения от поверхности тестовой заготовки к центральным слоям [4, 32, 33, 45]. Также, сокращение продолжительности выпечки, предположительно, вызвано внесением в рецептуру ССП, которая, как было доказано экспериментально, снижает температуру клейстеризации крахмала, в результате чего ускоряется процесс структурообразования кекса в процессе выпечки [40].

Результаты проведенного сравнительного анализа динамики технологического процесса для опытного и контрольного образцов представлены в таблице 14.

Экспериментальные данные показывают, что время приготовления эмульсии для кексов при замене 10 % меланжа по сухому веществу на ССП, 10 % муки картофельным крахмалом и одновременной полной замене маргарина композицией растительных масел, сокращается на 7,5 минут за счет аэрирующих свойств ССП, продолжительность выпечки сокращается на 4 минуты.

Таблица 14 - Влияние нетрадиционного сырья на ход технологического процесса приготовления кексов

Технологические параметры	Контроль	Кексы с применением нетрадиционного сырья
Время приготовления эмульсии, мин.	15±0,15	7,5±0,08
Время замеса теста, мин.	0,25±0,003	0,25±0,003
Продолжительность выпечки, мин.	20±0,2	16±0,2
Средняя продолжительность технологического процесса, мин.	35,25±0,3	23,75±0,2

Средняя продолжительность технологического процесса производства кексов с использованием композиции растительных масел и ССП сокращается на 11,5 минут (32,6 %) по сравнению с контролем.

Таким образом, применение нетрадиционного сырья – композиции растительных масел и ССП способствует сокращению продолжительности технологического процесса, что в дальнейшем повлияет на экономическую эффективность производства кексов.

### **5.6 Совершенствование рецептуры и технологии производства кексов с использованием композиции растительных масел и смоделированной смеси порошков**

На основании проведенных исследований по определению оптимального соотношения рецептурных компонентов и его влияния на свойства полуфабрикатов и готовых изделий осуществляли совершенствование рецептуры и технологии производства для получения кексов с наилучшими показателями качества и оптимальными технологическими параметрами.

На основании результатов проведенных исследований, разработана рецептура кексов «Мишка», представленная в таблице 15.

Таблица 15 – Рецептура кексов «Мишка»

Сырье	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т фазы, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Меланж	27,00	423,9	114,45
Мука пшеничная общего назначения	85,50	303,31	259,33
Крахмал картофельный	83,00	34,71	28,81
Сахар-песок	99,85	239,0	238,64
Масло подсолнечное	99,90	63,5	63,43
Масло соевое	99,90	63,5	63,43
Масло горчичное	99,90	21,0	20,98
Порошок из тыквы	95,00	10,7	10,17
Порошок из мандарина	95,00	1,35	1,28
Гидролизат овса «Живица»	93,00	1,35	1,26
Сода пищевая	--	2,50	--
Аммонийная соль	--	2,50	--
Ванилин	--	0,30	--
Итого		1167,62	801,78
Выход	78,00	1000,00	780,00



Технологический процесс производства кексов включает следующие операции:

- подготовка сырья к производству;
- приготовление пены-эмульсии;
- приготовление теста;
- формование тестовых заготовок;
- выпечка кексов;
- охлаждение кексов;
- упаковка.

Схема технологического процесса представлена на рисунке 19.

Подготовка основного и дополнительного сырья к производству

Мука пшеничная общего назначения М 55-23 предварительно смешивается (при необходимости), просеивается, подвергается магнитной очистке и взвешиванию.

Для просеивания применяют линейные просеиватели, работающие по принципу центрифуги и встраиваемые непосредственно в мукопровод.

Магнитную очистку осуществляют при помощи постоянных магнитов, которые располагают на пути движения муки в двух точках: после просеивания и непосредственно перед дозатором муки.

Крахмал картофельный просеивают через сито с размером ячеек не более 2,0 мм и пропускают через магнитоуловители.

Сахар-песок предварительно просеивают через сито с ячейками диаметром не более 3,0 мм и используют в сухом виде.

Меланж, замороженный, поступающий в банках из белой жести, обмывают теплой водой и погружают для оттаивания в ванны с водой температурой не выше 45 °С. Затем вскрывают и процеживают через сито с ячейками диаметром не более 3 мм.

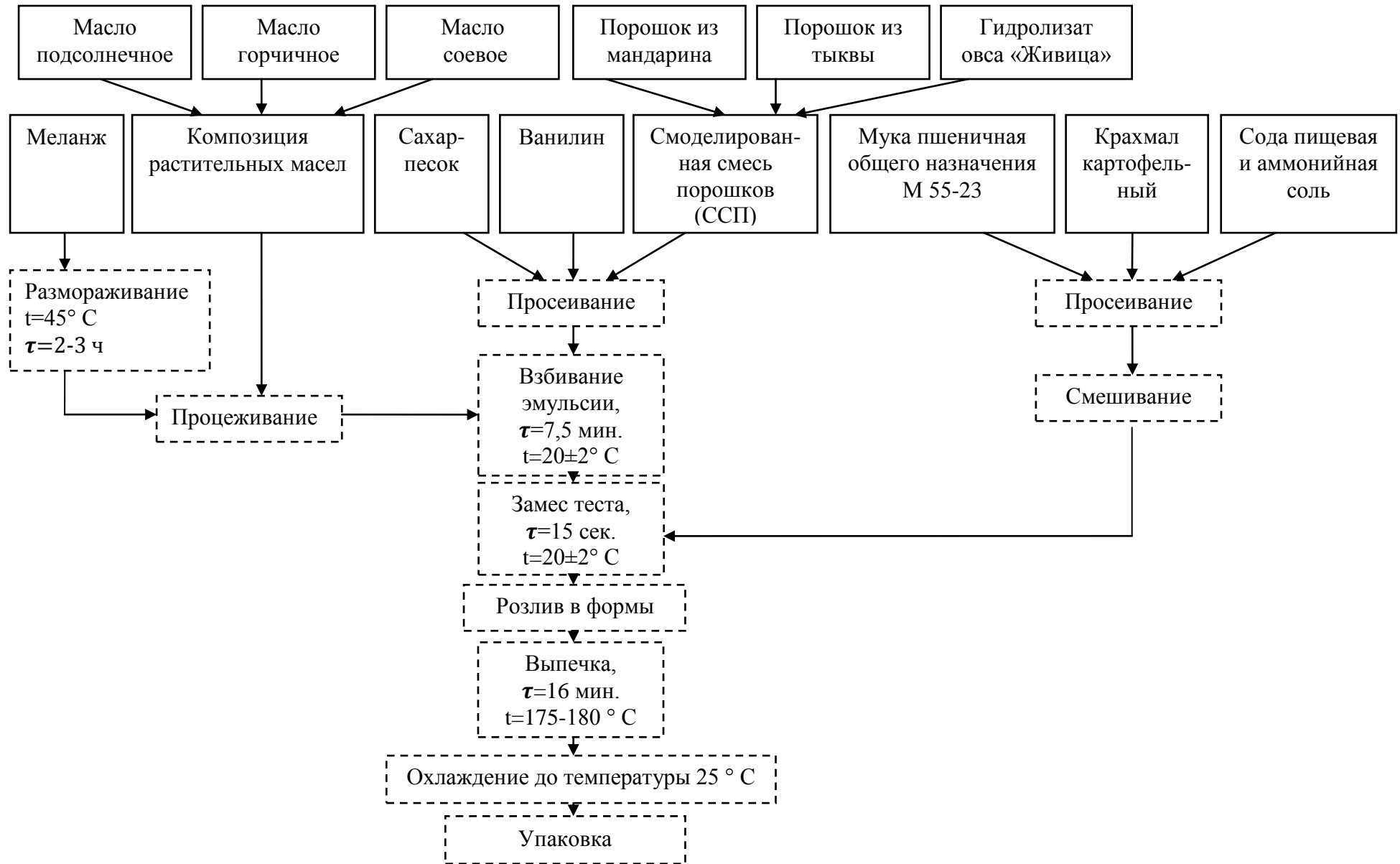


Рисунок 19 - Технологическая схема производства кексов «Мишка»

Композиция растительных масел, приготовленная путем смешивания растительных масел подсолнечное : горчичное : соевое в соотношении 3 : 1: 3, процеживается через сита с ячейками размером 1,5 мм.

Пищевая сода и аммонийная соль перед подачей на производство просеиваются через сито с ячейками размером 1,5-2,0 мм и в соотношении 1 : 1 смешиваются с мукой и картофельным крахмалом.

Порошок из мандарина, тыквы и гидролизат овса «Живица» смешиваются в соотношении 1: 8: 1 и просеиваются через сито с размером ячеек 1,5 мм.

Ванилин просеивается через сито с размером ячеек не более 3 мм.

#### Приготовление эмульсии и теста

Меланж с сахарным песком, смоделированной смесью порошков, композицией растительных масел и ванилином взбивают во взбивальной машине сначала при малом числе оборотов, постепенно увеличивая скорость рабочего органа планетарного строения, доводя до 250 – 300 об/ мин при температуре  $20 \pm 2$  °С в течение 7,5 минут до получения массы пышной консистенции светло-кремового цвета. Во взбитую массу в 2 – 3 приема добавляют муку пшеничную общего назначения М 55-23, смешанную с картофельным крахмалом и химическими разрыхлителями (сода пищевая и аммонийная соль), и перемешивают не более 15 секунд.

Готовое тесто влажностью 30 % должно быть пышным, хорошо насыщенным пузырьками воздуха, равномерно перемешанным, без комков и иметь светло – бежевый цвет.

#### Разливка теста

Тесто разливают в формы, которые предварительно смазывают подсолнечным маслом. Формы заполняют на 3/4 высоты бортов, чтобы тесто при подъеме не выливалось.

#### Выпечка

Выпечка производится при температуре 175 - 180 °С в течение 16 минут до влажности кексов  $22 \pm 3$  %.

### Охлаждение

Охлаждение кексов производится при подаче воздуха вентилятором с температурой 18 - 20 °С, за счет чего кексы охлаждаются до температуры 25 °С.

### Упаковывание

Кексы должны выработываться упакованными в потребительскую тару (фасованным) или весовыми. Фасование производится на фасовочных автоматах, полуавтоматах или вручную.

Упаковывание весовых кексов и фасованных в транспортную тару производится на упаковочных машинах или вручную в соответствии с ГОСТ 15052-96.

Органолептические и физико-химические показатели качества кексов «Мишка» представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Органолептические и физико-химические показатели качества кексов «Мишка»

Наименование показателя	Значение и характеристика показателя
Вкус и запах	Приятный, свойственный кексу, без постороннего привкуса и запаха
Форма	Соответствующая форме, в которой проводилась выпечка
Поверхность	Ровная, без подгорелости, с одинаковой высотой сторон
Вид в изломе	Поперечное изделие без закала и следов непромеса
Массовая доля влаги, %	19-25 %
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	15,1-17,1
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %	21,0-22,5
Щелочность, град. не более	2,0
Массовая доля золы, нерастворимой в 10% - ном растворе соляной кислоты, %, не более	0,1
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,0-3,4
Общая деформация сжатия мякиша, мм	21,0-26,0

## **5.7 Исследование изменений показателей качества кексов «Мишка» в процессе хранения**

Одним из показателей качества кексов является сохранение им свежести в процессе хранения. Кексы выпекались по традиционной и экспериментальной рецептурам, хранились упакованными в полипропиленовую пленку при температуре 18 - 21 °С и относительной влажности воздуха не более 75 % в течение 35 суток.

Контролем служил кекс, приготовленный по классической рецептуре кекса «Праздничный» (таблица 2) с использованием маргарина. В качестве опытного образца выступал кекс «Мишка» с заменой 10 % муки картофельным крахмалом, 10 % меланжа на ССП по сухому веществу при полной замене маргарина композицией растительных масел.

О степени черствения судили по изменению влажности и структурно-механических показателей мякиша кексов в процессе хранения. Изменение показателей качества определяли через каждые 7 суток хранения в течение 35 суток.

Результаты исследований изменения влажности и структурно-механических свойств кексов в процессе хранения приведены на рисунках 20 и 21.

Анализируя потери влаги опытного образца на тридцать пятые сутки хранения и сравнивая их с контролем, отмечаем, что экспериментальный образец характеризуется более низкими темпами потери влаги, что, вероятно, можно объяснить наличием в составе ССП значительного количества влагоудерживающих веществ (белки, пищевые волокна), а также моно- и дисахаридов, обеспечивающих стабилизацию влажности кондитерских изделий за счет высокой гигроскопичности [32, 33, 90]. При этом, как видно из рисунка 20, влажность контрольного образца на 35-е сутки хранения на 0,2 % ниже минимального предела допустимой влажности – 19 %. Влажность опытного образца находится в допустимых пределах ( $22 \pm 3$  %) в течение всего срока испытаний.



Рисунок 20 - Исследование изменений влажности кексов в процессе хранения

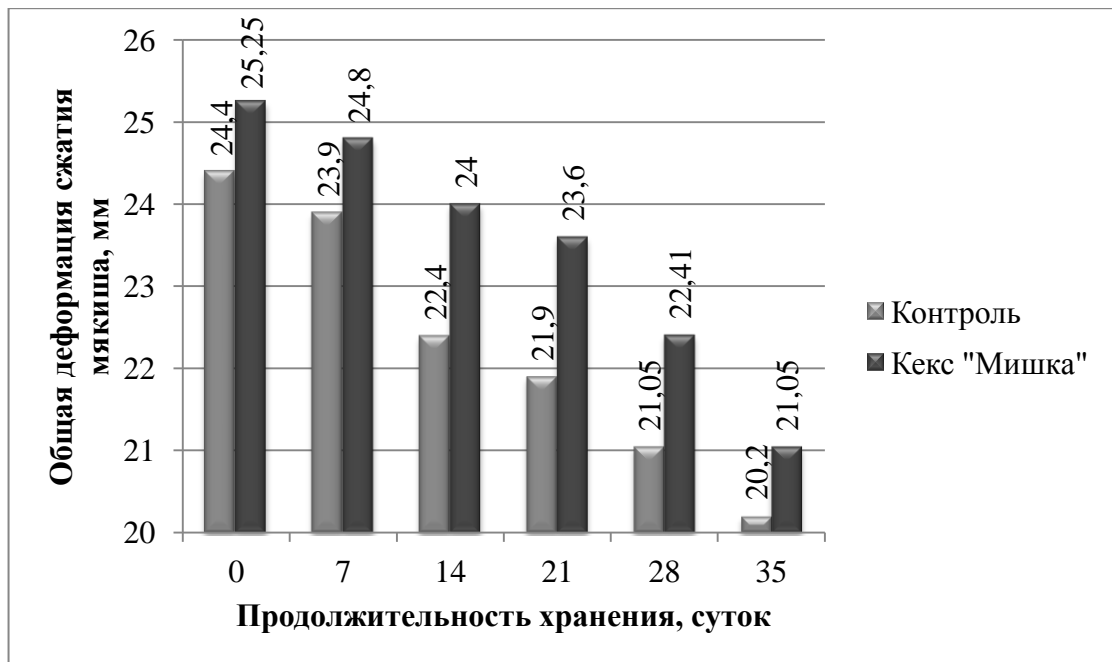


Рисунок 21 - Исследование изменений структурно-механических свойств мякиша кексов в процессе хранения

Экспериментальные данные изменения влажности кексов в процессе хранения описывали полиномиальными уравнениями третьей степени:

$$y = -0,0167x^3 + 0,2643x^2 - 1,7762x + 23,6; R^2 = 0,9822$$

(для контроля)

$$y = 0,0241x^3 - 0,2492x^2 + 0,2696x + 21,933; R^2 = 0,9967$$

(для кексов «Мишка»)

Результаты анализа диаграммы, отражающей изменение структурно-механических свойств мякиша кексов, показывают, что в процессе хранения происходит снижение пластичных свойств мякиша. При этом снижение общей деформации сжатия мякиша кексов «Мишка» на 0,6 % ниже по сравнению с контролем по отношению к первоначальному значению. Таким образом, характер изменения структурно-механических свойств мякиша в опытном и контрольном образцах доказывает то, что кексы «Мишка» характеризуются замедленными темпами черствения по сравнению с контролем и подтверждают представленные выше данные по изменению влажности кексов в процессе хранения.

Экспериментальные данные изменения структурно-механических свойств мякиша кексов в процессе хранения описывали полиномиальными уравнениями третьей степени:

$$y = 0,0088x^3 - 0,0772x^2 - 0,686x + 25,233; R^2 = 0,9849$$

(для контроля)

$$y = -0,0247x^3 + 0,1505x^2 - 0,8362x + 25,98; R^2 = 0,9954$$

(для кексов «Мишка»)

С целью подтверждения результатов замедления процесса черствения проводили исследование изменений количества связанной влаги в кексах «Мишка» в отличие от контроля по изотермам сорбции, полученным с помощью тензиметрического метода Ван-Бамелена [11, 15, 64]. Результаты исследований представлены на рисунке 22.

Анализ кривых сорбции показал, что для кексов «Мишка» характерно более высокое суммарное содержание связанной влаги. Участок А характеризует область, где влага химически связана и недоступна для реакции, часть В – где влага связана физико-химически, часть С – где влага связана в основной массе физико-механически [11, 15, 64, 90, 111].

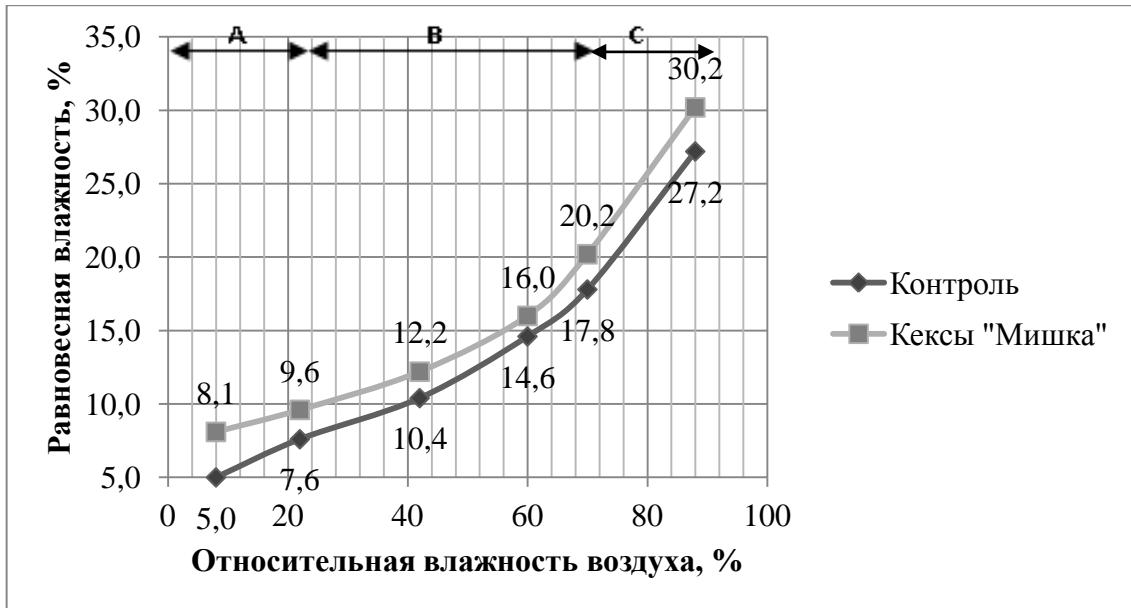


Рисунок 22 – Изотермы сорбции кексов

Влага в кексах «Мишка» связана более прочно, чем в контрольном образце в среднем на 17,4 %. Данный факт объясняется наличием в ССП, входящей в состав опытных кексов, значительного количества пищевых волокон (пектина, клетчатки, гемицеллюлоз), обладающих высокой способностью к связыванию и удерживанию влаги [5, 19, 64, 111, 154]. Вследствие чего, процесс черствения в кексах «Мишка» будет происходить с меньшей интенсивностью, по сравнению с контролем, что позволит увеличить сроки хранения.

Изотермы сорбции, отражающие изменение влажности кексов в зависимости от относительной влажности воздуха, могут быть описаны полиномиальными уравнениями 3-ей степени:

$$y = 5 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0044x^2 + 0,2729x + 3,1009; R^2 = 0,9999$$

(для контроля)

$$y = 5 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0028x^2 + 0,1583x + 6,9909; R^2 = 0,9996$$

(для кексов «Мишка»)

В связи с тем, что основным недостатком кексов, приготовленных с использованием жидких растительных масел, является миграция масла на поверхность изделия и в упаковочный материал в процессе хранения [19, 57, 103, 104, 105], а экспериментально было доказано наличие жиросвязывающей



способности у ССП, считали целесообразным исследовать изменение количества жира в готовых изделиях, что позволит косвенно судить о степени миграции масла в процессе хранения кексов.

При проведении эксперимента кексы хранили завернутыми в фильтровальную бумагу для удаления масла, мигрировавшего на поверхность, перед определением массовой доли жира, содержащегося в кексах.

Результаты исследований изменения количества жира в кексах в процессе хранения представлены на рисунке 23.

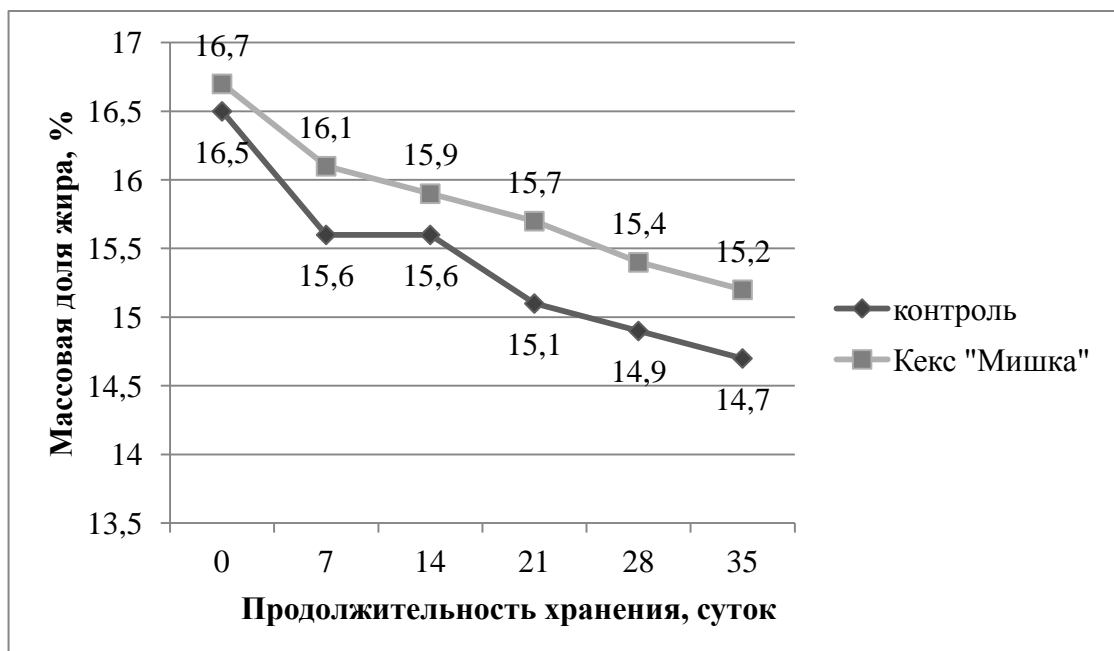


Рисунок 23 - Исследование изменений степени миграции масла из кексов в процессе хранения

Экспериментальные данные показывают, что степень миграции жира в контроле составляет 1,8 %, в кексах «Мишка» - 1,5 % по отношению к первоначальному значению, что на 0,3 % ниже, чем в контрольном образце. Данный факт объясняется наличием у ССП жиросвязывающей способности.

Экспериментальные данные изменения количества жира в кексах в процессе хранения описывали полиномиальными уравнениями третьей степени:

$$y = -0,0194x^3 + 0,2524x^2 - 1,2853x + 17,5; R^2 = 0,9592$$

(для контроля)

$$y = -0,0167x^3 + 0,2036x^2 - 1,0083x + 17,5; R^2 = 0,991$$

(для кексов «Мишка»)

Анализ изменения органолептических показателей качества кексов (таблица 17) показал, что в течение всего срока хранения кекс «Праздничный» (контроль) и кексы «Мишка» соответствовали нормативной документации.

Таблица 17 – Изменение органолептических показателей качества кексов в процессе хранения

Продолжительность хранения, суток	Наименование показателя	Кекс «Праздничный» (контроль)	Кексы «Мишка»
1	2	3	4
0 (начало хранения)	Вкус и запах	Приятный, свойственный кексу, без постороннего привкуса и запаха	Приятный, свойственный кексу, без постороннего привкуса и запаха
	Форма	Соответствующая форме, в которой проводилась выпечка	Соответствующая форме, в которой проводилась выпечка
	Поверхность	Ровная, без подгорелости, с одинаковой высотой сторон	Ровная, без подгорелости, с одинаковой высотой сторон
	Вид в изломе	Поперечное изделие без закала и следов непромеса	Поперечное изделие без закала и следов непромеса
7	Вкус и запах	Без изменений	Без изменений
	Форма	Без изменений	Без изменений
	Поверхность	Без изменений	Без изменений
	Вид в изломе	Без изменений	Без изменений
14	Вкус и запах	Без изменений	Без изменений
	Форма	Без изменений	Без изменений
	Поверхность	Без изменений	Без изменений
	Вид в изломе	Без изменений	Без изменений

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
28	Вкус и запах	Без изменений	Без изменений
	Форма	Без изменений	Без изменений
	Поверхность	Без изменений	Без изменений
	Вид в изломе	Без изменений	Без изменений
21	Вкус и запах	Без изменений	Без изменений
	Форма	Без изменений	Без изменений
	Поверхность	Без изменений	Без изменений
	Вид в изломе	Без изменений	Без изменений
35	Вкус и запах	Без изменений	Без изменений
	Форма	Без изменений	Без изменений
	Поверхность	Без изменений	Без изменений
	Вид в изломе	Без изменений	Без изменений

Отсутствие привкуса и запаха прогорклого жира в конце срока хранения в контроле и в кексах «Мишка» позволяет сделать вывод о том, что композиция растительных масел не уступает маргарину по устойчивости к окислительным процессам благодаря наличию в составе значительного количества токоферолов и олеиновой кислоты.

Таким образом, использование в производстве кексов в качестве жирового компонента композиции растительных масел, при добавлении ССП является целесообразным, так как полученные кексы характеризуются хорошими органолептическими, физико-химическими и структурно-механическими показателями качества в процессе хранения: замедленным процессом черствения и низкой степенью миграции масла, что способствует сохранению качества изделий в течение всего срока реализации, а также позволит его увеличить до 35 суток.

Для подтверждения возможности увеличения сроков хранения кексов «Мишка», приготовленных на композиции растительных масел, при добавлении ССП, считали целесообразным исследовать кексы по показателям безопасности: содержанию токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, а также по микробиологическим показателям. Исследования проводили в конце срока хранения (на 35-е сутки).

Результаты исследований кексов по показателям безопасности представлены в таблицах 18 и 19.

Таблица 18 – Содержание токсичных элементов, микотоксинов и пестицидов в кексах «Мишка»

Наименование вещества (элемента)		Допустимый уровень содержания, мг/кг, не более	Содержание в кексах «Мишка», мг/кг, не более
Токсичные элементы	Свинец	0,5	0,02
	Мышьяк	0,3	0,01
	Кадмий	0,1	0,08
	Ртуть	0,02	0,001
Микотоксины	Афлатоксин В1	0,005	0,0002
	Дезоксинилваленол	0,7	0,01
Пестициды	ГХЦГ и его изомеры	0,2	0,06
	ДДТ и его метаболиты	0,02	0,003

Таблица 19 – Микробиологические показатели кексов «Мишка» на 35-е сутки хранения

Наименование показателя	Значение показателя	
	допустимое по ТР ТС 021/2011	для кексов «Мишка»
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	$5 \times 10^3$	$1 \cdot 10^3$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) не допускаются в массе продукта, (г)	0,1	не обнаружены
<i>S.aureus</i> не допускаются в массе продукта, (г)	0,1	не обнаружены
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	не обнаружены
Плесени, КОЕ/г, не более	50	не обнаружены

Результаты исследований показывают, что по показателям безопасности кексы «Мишка» соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», вследствие чего увеличение сроков хранения разработанных кексов до 35 суток является обоснованным.

### **5.8 Оценка пищевой и энергетической ценности кексов «Мишка»**

Пищевая ценность – это понятие, отражающее всю полноту полезных свойств пищевого продукта, включая степень обеспеченности физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах, энергии, органолептические достоинства продукта [90, 93, 125]. Пищевая ценность характеризуется химическим составом пищевого продукта с учётом его потребления в общепринятых количествах. Потребление основных пищевых веществ (белков, жиров и углеводов) должно находиться в пределах физиологически необходимых соотношений между ними [64, 111, 90, 93, 133, 134].

Необходимо определить, какое количество пищевых веществ поступает с кексами «Мишка» в организм человека. Для этого основываясь на содержании основных пищевых веществ в сырье, выходе кексов и потерях при тепловой обработке получили теоретическое содержание пищевых веществ в 100 г кексов «Мишка». Содержание ПНЖК и витамина Е определяли экспериментальным путем с использованием хроматографических методов анализа. Контролем служил кекс, приготовленный по классической рецептуре с использованием в качестве жирового сырья маргарина. Химический состав кексов представлен в таблице 20.

Анализ химического состава кексов «Мишка» показывает, что содержание белка и незаменимых аминокислот в них уменьшилось на 8,7 %, что обусловлено сокращением количества меланжа по рецептуре; количество липидов сократилось на 0,9 %; мононенасыщенных жирных кислот – на 39,5 %, в том числе олеиновой

кислоты – на 50,2 %; насыщенных жирных кислот – на 41,7 %, в том числе трансизомеров – на 100 % по сравнению с контролем.

Одновременно, содержание полиненасыщенных жирных кислот в кексах «Мишка» по сравнению с контролем увеличилось в 3,3 раза, при этом соотношение линолевой ( $\omega$ -6) и  $\alpha$ -линоленовой ( $\omega$ -3) жирных кислот составило 8:1, что соответствует рекомендуемому интервалу (от 5 до 10) для питания здоровых людей и необходимо для полноценного синтеза простагландинов. Общее содержание пищевых волокон в кексах «Мишка» увеличилось на 28,9 %; количество витамина Е – в 2,4 - раза,  $\beta$ -каротина – в 6,3 раза; макроэлементов калия - на 9,1 % и магния - на 18,6 % по сравнению с контролем.

Энергетическая ценность кексов «Мишка» на 0,5 % ниже энергетической ценности контрольного образца, то есть изменение рецептуры не привело к повышению калорийности кексов.

Таким образом, замена 10 % муки на картофельный крахмал и 10 % меланжа на ССП по сухому веществу, при полной замене маргарина на композицию растительных масел, позволила повысить пищевую ценность кексов, за счет

- обогащения пищевыми волокнами, которые способны стимулировать перистальтику кишечника, выводить из организма холестерин, нормализовать состав микроорганизмов, находящихся в кишечнике [90, 141, 154];

- обогащения полиненасыщенными жирными кислотами при необходимом соотношении  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот, которые участвуют в образовании структурных липидов и различных физиологически активных веществ, не синтезируются в организме человека и должны поступать в него с пищей [25, 26, 38, 39, 61, 62, 66, 91, 94, 128];

- снижения количества насыщенных жирных кислот, которые способствуют повышению в крови уровня общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности и, как следствие, развитию сердечнососудистых заболеваний [25, 27, 36, 39, 90];

Таблица 20 – Сравнительный анализ химического состава кексов и покрытие суточной потребности в пищевых веществах и энергии

Пищевые вещества	Рекомендуемый уровень суточного потребления*	Количество в 100 г		Степень удовлетворения среднесуточной потребности, %			
		Контроль	Кексы «Мишка»	Контроль		Кексы «Мишка»	
				100 г	50 г	100 г	50 г
1	2	3	4	5	6	7	8
Белки, г в т.ч.	62-102	9,47±0,1	8,65±0,09	9,3-15,3	4,7-7,7	8,5-14,0	4,3-7,0
Незаменимые аминокислоты, мг/100 г	-	2468,45±24,68	2254,84±22,55	-	-	-	-
Липиды, г, в т.ч.	65-128	20,22±0,2	20,03±0,2	15,8-31,1	7,9-15,6	15,6-30,8	7,8-15,4
Жирные кислоты, в т.ч.	-	18,39±0,18	18,45±0,18	-	-	-	-
Мононенасыщенные жирные кислоты, в т. ч.	-	10,46±0,1	6,33±0,06	-	-	-	-
олеиновая	-	10,04±0,1	5,0±0,05	-	-	-	-
Насыщенные жирные кислоты, в т. ч.	-	5,18±0,05	3,02±0,03	-	-	-	-
трансизомеры	-	4,58±0,05	-	-	-	-	-
Полиненасыщенные жирные кислоты, в т. ч.	9-11	2,75±0,03	9,1±0,09	25-30,6	12,5-15,3	<b>82,7-101,1</b>	<b>41,4-50,6</b>
линолевая (ω-6)	8-10	0,68±0,007	8,1±0,08	6,8-8,5	3,4-4,3	81,0-101,3	40,5-50,7

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8
$\alpha$ -линоленовая ( $\omega$ -3)	0,8-1,6	2,01 $\pm$ 0,02	0,98 $\pm$ 0,01	125,6-251,3	62,8-125,7	61,3-122,5	30,7-61,3
Соотношение $\omega$ -6: $\omega$ -3	5-10:1	1:3	<b>8:1</b>	-	-	-	-
Усваиваемые углеводы, г в т.ч.:	257-586	47,13 $\pm$ 0,47	47,87 $\pm$ 0,48	8,0-18,3	4,0-9,2	8,3-19,0	4,2-9,5
моно- и дисахариды	-	24,13 $\pm$ 0,24	24,27 $\pm$ 0,24	-	-	-	-
Крахмал	-	23,0 $\pm$ 0,23	23,6 $\pm$ 0,24	-	-	-	-
Пищевые волокна, г в т.ч.:	20	0,54 $\pm$ 0,005	0,76 $\pm$ 0,008	2,7	1,4	3,8	1,9
Пектин	-	-	0,05 $\pm$ 0,0005	-	-	-	-
клетчатка	-	0,03 $\pm$ 0,0003	0,22 $\pm$ 0,002	-	-	-	-
гемицеллюлозы	-	0,51 $\pm$ 0,005	0,49 $\pm$ 0,005	-	-	-	-
Зола, г/100 г	-	0,64 $\pm$ 0,006	0,69 $\pm$ 0,007	-	-	-	-
Витамин Е, мг/100г	15	4,46 $\pm$ 0,04	10,61 $\pm$ 0,11	29,7	14,9	<b>70,7</b>	<b>35,4</b>
$\beta$ -каротин, мг/100г	5	0,03 $\pm$ 0,0003	0,19 $\pm$ 0,002	0,6	0,3	3,8	1,9
Калий, мг/100г	2500	119,19 $\pm$ 1,19	131,19 $\pm$ 1,31	4,8	2,4	5,2	2,6
Кальций, мг/100г	1000	35,34 $\pm$ 0,35	35,25 $\pm$ 0,35	3,5	1,8	3,5	1,8
Магний, мг/100г	400	5,65 $\pm$ 0,06	6,94 $\pm$ 0,07	1,4	0,7	1,7	0,9
Железо, мг/100г	14	1,58 $\pm$ 0,02	1,57 $\pm$ 0,01	11,3	0,7	11,3	0,7
Марганец, мг/100г	2	0,21 $\pm$ 0,002	0,21 $\pm$ 0,002	10,5	5,3	10,5	5,3
Энергетическая ценность, ккал	1900-3600	410 $\pm$ 4,1	408 $\pm$ 4,1	11,4-21,6	5,7-10,8	11,3-21,5	5,7-10,8

\* В соответствии со средней суточной потребностью для мужчин и женщин по МР 2.3.1.2432-08 [58]



- снижения трансизомеров жирных кислот, оказывающих негативное влияние на здоровье человека и провоцирующих развитие сердечнососудистых заболеваний, злокачественных новообразований, болезней печени, почек и так далее [24, 27, 46, 65, 70, 139, 147];

- увеличения количества  $\beta$ -каротина (являющегося провитамином витамина А), а также - витамина Е, обладающих антиоксидантными свойствами [90, 148].

Степень удовлетворения среднесуточной потребности (таблица 20) в основных пищевых веществах оценивали в соответствии с нормами физиологической потребности [58]. Оценку проводили для 100 г и 50 г (разовая порция) кексов, так как в ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки» отсутствуют данные по рекомендуемому уровню потребления мучных кондитерских изделий.

Как видно из таблицы 20, употребление разовой порции кексов «Мишка» (50 г) позволит удовлетворить среднесуточную потребность организма человека в полиненасыщенных жирных кислотах более, чем на 40 %, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) и  $\alpha$ -линоленовой ( $\omega$ -3) (при соблюдении их оптимального соотношения 8 : 1), а также в витамине Е более, чем на 35 %.

Таким образом, разработанные кексы «Мишка», изготовленные на основе композиции растительных масел с использованием ССП, можно отнести к функциональным пищевым продуктам.

## **ГЛАВА 6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На основании проведенных исследований была разработана рецептура и технология производства кексов «Мишка» на композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с внесением ССП в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами. Разработанные кексы характеризуются высокими показателями качества, функциональными свойствами и длительными сроками хранения.

### **6.1 Промышленная апробация кексов «Мишка»**

Промышленная апробация рецептуры и технологии кексов «Мишка» производилась на предприятиях Орловской и Курской областей: ЗАО «Кондитерская фабрика» и ЗАО «Корпорация ГРИНН» г. Орёл, ЗАО «Железногорский хлебозавод» г. Железногорск. Акты производственных испытаний кексов «Мишка» представлены в Приложениях 2, 3 и 4 соответственно.

Результаты производственных испытаний показывают, что разработанные кексы характеризуются высокими показателями качества и полностью соответствуют нормативным требованиям.

На основании результатов исследований и производственных испытаний на кексы «Мишка» разработана и утверждена техническая документация:

- РЦ 9136 – 14 – 05369827 – 2015 (Приложение 5);
- СТО 05369827 - 14 - 2015 Кексы функционального назначения. Стандарт организации (Приложение 6);
- ТИ 05369827 - 14 - 2015 Кексы функционального назначения. Технологическая инструкция (Приложение 7).

## 6.2 Оценка экономической эффективности и конкурентоспособности кексов «Мишка»

При определении отпускной цены кексов «Мишка» проводили сравнение с контрольным образцом, приготовленным на основе маргарина, согласно рецептуре кекса «Праздничный» [107, 124]. Экономический расчет проводился по данным ЗАО «Кондитерская фабрика» за 2015 год. При расчете затрат на растительные масла брались оптовые цены для партий от 1 т, на порошки из тыквы и мандарина, а также гидролизат овса «Живица» - от 500 кг.

Расчет затрат на сырье производили по формуле [30] (6.1)

$$Z_M = \sum_{i=1}^n M_i^H \cdot C_i^c \cdot K_i, \quad (6.1)$$

где  $n$  - число видов применяемого сырья;

$M_i^H$  - норма расхода  $i$ -го вида сырья на 1т данной продукции, т;

$C_i^c$  - цена сырья  $i$ -го вида, руб./т;

$K_i$  – коэффициент потерь сырья при переработке.

Результаты расчетов сведены в таблицу 21.

Таблица 21 – Стоимость основного сырья

Наименование продукции	Сырье			
	Наименование $i$ -го вида сырья	Норма расхода сырья на 1 т продукции, т	Стоимость сырья, руб.	
			за 1 т	на 1 т продукции
1	2	3	4	5
Контроль	Меланж	0,4710	75000,00	35325,00
	Мука пшеничная общего назначения М 55-23	0,3370	15909,00	5361,33
	Сахар-песок	0,2390	47000,00	11233,00
	Маргарин	0,1760	60000,00	10560,00
	Сода пищевая	0,0025	5727,00	14,32

## Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5
	Аммонийная соль	0,0025	7300,00	18,25
	Ванилин	0,0003	722727,00	216,82
Итого				62728,72
Кексы «Мишка»	Меланж	0,42390	75000,00	31792,50
	Мука пшеничная общего назначения М 55-23	0,30331	15909,00	4825,36
	Крахмал картофельный	0,03471	20339,00	705,97
	Сахар-песок	0,23900	47000,00	11233,00
	Масло подсолнечное	0,06350	50000,00	3175,00
	Масло соевое	0,06350	43000,00	2730,50
	Масло горчичное	0,02100	68000,00	1428,00
	Порошок из тыквы	0,01070	120000,00	1284,00
	Порошок из мандарина	0,00135	420000,00	567,00
	Гидролизат овса «Живица»	0,00135	40000,00	54,00
	Сода пищевая	0,00250	5727,00	14,32
	Аммонийная соль	0,00250	7300,00	18,25
	Ванилин	0,00030	722727,00	216,82
Итого				58044,71

Затраты на тару определяли по нормам расхода на единицу продукции и оптовой цене.

Так как для кексов «Мишка» не предусмотрены отличия в упаковке по отношению к контролю, то стоимость тары и упаковки для них будет одинакова.

Результаты расчета приведены в таблице 22.

К вспомогательным материалам относится масло подсолнечное. Количество вспомогательных материалов, расходуемое на 1 т готовой продукции, определяется нормами расхода и выходом готовых изделий. Результаты расчётов сведены в таблицу 23.

Затраты на электроэнергию и воду для технологических целей рассчитываются исходя из норм расхода на единицу продукции и ориентировочной стоимости 1 кВт×ч электроэнергии и 1 м<sup>3</sup> воды.

Таблица 22 – Стоимость тары и упаковки

Наименование продукции	Наименование тары, упаковочных материалов	Единица измерения	Стоимость материалов за единицу, руб.	Норма расхода материалов на 1 т продукции	Стоимость, руб.
					на 1 т
Контроль	Пленка полипропиленовая	кг	254,00	160,0	40640,00
	Клей	кг	25,00	0,1	1,50
	Скотч	шт	48,60	8	388,80
	Этикетки	шт	0,50	4500,0	2250,00
	Гофрокороб	шт	10,78	500,0	5390,00
Итого					48670,30
Кексы «Мишка»	Пленка полипропиленовая	кг	254,00	160,0	40640,00
	Клей	кг	25,00	0,1	1,50
	Скотч	шт	48,60	8	388,80
	Этикетки	шт	0,50	4500,0	2250,00
	Гофрокороб	шт	10,78	500,0	5390,00
Итого					48670,30

Таблица 23 - Стоимость вспомогательных материалов

Наименование продукции	Наименование материала	Единица измерения	Стоимость материалов за единицу, руб.	Расход материалов на 1 т продукции, кг	Стоимость на 1 т, руб.
Контроль	Масло подсолнечное	кг	50,00	1,5	75,00
Кексы «Мишка»	Масло подсолнечное	кг	50,00	1,5	75,00

Затраты на электроэнергию для кексов «Мишка» ниже по сравнению с контролем на 32,6 % (таблица 14), что обусловлено сокращением продолжительности технологического процесса за счет ускорения процессов приготовления эмульсии и выпечки.

Результаты расчета затрат на электроэнергию и воду сводятся в таблицу 24.

В связи с тем, что для приготовления кексов будем использовать периодический способ производства, дополнительное оборудование вводиться не будет. Дозирование порошков будем осуществлять вручную.

Таблица 24 – Потребности в электроэнергии и воде на технологические нужды

Наименование продукции	Электричество			Вода			Общая стоимость, руб. на 1 т продукции
	Норма расхода на 1т, кВт×ч	Стоимость, руб.		Норма расхода на 1т, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.		
		1 кВт×ч	на 1 т продукции		1 м <sup>3</sup>	на 1 т продукции	
Контроль	105,0	4,70	493,50	1,30	12,00	15,60	509,10
Кексы «Мишка»	70,7	4,70	332,29	1,30	12,00	15,60	347,89

Результаты расчета фонда оплаты труда рабочих основного производства сведены в таблицу 25.

Таблица 25 – Дневной фонд оплаты труда основных рабочих предприятия

Наименование продукции	Тарифная заработная плата, руб.	Доплаты к тарифу		Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата		Полная заработная плата (ФОТ), руб.	Отчисления в социальные фонды, руб.	Итого заработная плата с отчислениями, руб.
		%	руб.		%	руб.			
Контроль и кексы Мишка»	210,48	75	157,86	368,34	12,00	44,20	412,54	140,26	552,80

Отчисления на социальные нужды принимаются в размере 34 % от полной заработной платы [30].

Общепроизводственные расходы включают в себя расходы на обслуживание производства, управление цехом, содержание и эксплуатацию оборудования цеха. Условно принимаем величину общепроизводственных расходов в размере 350 % от основной заработной платы основных производственных рабочих [30].

Общехозяйственные расходы включают в себя расходы на содержание административно-управленческого персонала предприятия, износ, ремонт зданий и сооружений общехозяйственного назначения, рекламу и т. д.

Условно принимаем общехозяйственные расходы в размере 350 % от основной заработной платы основных производственных рабочих [30].

Коммерческие расходы принимаем в размере 1 % от производственной себестоимости [30].

Все затраты на производство продукции сведены в таблицу 26.

Таблица 26 - Калькуляция себестоимости продукции

Наименование статьи затрат	Ассортимент продукции	
	Контроль	Кексы «Мишка»
	На 1т, руб	на 1т, руб
Сырье и основные материалы за вычетом возвратных отходов	62728,72	58044,71
Вспомогательные материалы	75,00	75,00
Тара и упаковка	48670,30	48670,30
Транспортно-заготовительные расходы	5573,70	5339,50
Топливо и энергия на технологические цели	509,10	347,89
Итого: материальные затраты	117556,82	112477,40
Затраты на оплату труда основных производственных рабочих	412,54	412,54
Отчисления на социальные нужды	140,26	140,26
Общепроизводственные расходы	1289,19	1289,19
Общехозяйственные расходы	1289,19	1289,19
Итого: производственная себестоимость	120688,00	115608,59
Коммерческие расходы	1206,88	1156,09
Итого: полная себестоимость	121894,88	116764,67

Произведем расчет отпускной цены кексов за единицу продукции (упаковку 250 г). Расчет цены ведем по методу «Средние издержки плюс прибыль» [30].

Результаты расчета представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет отпускной цены кексов

Статьи затрат	Ассортимент			
	Контроль		Кексы «Мишка»	
	на 1т, руб	на единицу продукции, руб	на 1т, руб	на единицу продукции, руб
Полная себестоимость	121894,88	30,47	116764,67	29,19
Норматив рентабельности %	20,00	20,00	20,00	20,00
Прибыль	24378,98	6,09	23352,93	5,84
Отпускная цена	146273,86	36,57	140117,61	35,03
НДС	26329,29	6,58	25221,17	6,31
Отпускная цена с НДС	172603,16	43,15	165338,78	41,33

По полученным результатам можно судить о том, что полная себестоимость и отпускная цена кексов «Мишка» ниже на 4,2 % по сравнению с контролем, что обусловлено снижением энергетических затрат на производство кексов и заменой дорогостоящего сырья более дешевым.

В рамках определения экономической эффективности была рассчитана конкурентоспособность кексов «Мишка» по сравнению с контрольным образцом.

Конкурентоспособность оценивали по показателю конкурентоспособности, который показывает различие между сравниваемыми изделиями в потребительском эффекте, приходящемся на единицу затрат [30, 109].

Показатель конкурентоспособности определяли по формуле (6.2)

$$K = I_{ТЕХ}/I_{ЭКОН}, \quad (6.2)$$

где  $K$  - показатель конкурентоспособности;

$I_{ТЕХ}$  - сводный индекс технических параметров изделия;



$I_{ЭКОН}$  - сводный индекс экономических параметров изделий.

Если  $K > 1$ , то товар превосходит по конкурентоспособности образец.

Если  $K < 1$ , то товар уступает образцу.

Если  $K=1$ , то товар находится на одном уровне конкурентоспособности с контрольным образцом.

Сводный индекс технических параметров определяли по формуле (6.3)

$$I_{ТЕХ} = \sum i_j * a_j, \quad (6.3)$$

где  $i_j$ , - относительный параметр качества изделий;

$a_j$ , - коэффициент значимости параметра;

$n$  - количество параметров качества, характеризующих изделие с точки зрения конкурентоспособности.

Относительный параметр качества изделия определяли по формуле (6.4)

$$i_j = P_{np} / P_{кон}, \quad (6.4)$$

где  $P_{np}$ ,  $P_{кон}$  - значение параметра качества проектируемого и контрольного изделий.

Если улучшение параметров связано с уменьшением их количественных значений,  $i_j$  определяется обратным отношением, т.е. по формуле (6.5)

$$i_j = P_{кон} / P_{np}, \quad (6.5)$$

Сводный индекс экономических параметров определяли по формуле (6.6)

$$I_{ЭКОН} = C_{np} / C_{кон}, \quad (6.6)$$

где  $C_{np}$ ,  $C_{кон}$  - цена потребления проектируемого и контрольного изделия.

Расчет показателя конкурентоспособности представлен в таблице 28.

Интегральный показатель конкурентоспособности кексов «Мишка» составил 1,78. Это значит, что кексы «Мишка» превосходят по конкурентоспособности контрольный образец, что обусловлено повышением качества изделия и снижением цены, и, следовательно, будут пользоваться спросом у потребителей.

Таблица 28 – Определение конкурентоспособности продукции

Наименование параметра	Единица измерения	Исследуемый образец		Коэффициент значимости, $a_j$	Относительный параметр качества, $i_j$	Индекс технического параметра
		Контроль	Кексы «Мишка»		Кексы «Мишка»	Кексы «Мишка»
Органолептические показатели	балл	33,00	38,00	0,15	1,15	0,17
Калорийность	ккал	410,00	408,00	0,10	1,00	0,10
Удельный объем	см <sup>3</sup> /г	2,88	3,26	0,10	1,13	0,11
Общая деформация сжатия мякиша	мм	24,40	25,25	0,10	1,03	0,10
Содержание НЖК	г/100 г продукта	5,18	3,02	0,20	1,72	0,34
Содержание ПНЖК	г/100 г продукта	2,75	9,10	0,20	3,31	0,66
Содержание пищевых волокон	г/100 г продукта	0,54	0,76	0,15	1,41	0,21
Итого				1,00		1,71
I тех						1,71
I экон						0,96
Конкурентоспособность						1,78

Таким образом, производство кексов «Мишка» является экономически выгодным, что подтверждается снижением себестоимости кексов на 5130,21 руб/т за счет замены дорогостоящего сырья более дешевым (маргарина растительными маслами преимущественно местного происхождения), с высоким содержанием сухих веществ (части меланжа смоделированной смесью порошков), а также за счет снижения энергетических затрат вследствие интенсификации производства кексов на 32,6 %. Экономическая эффективность производства кексов «Мишка» также подтверждается высокой конкурентоспособностью по сравнению с контролем, которая обеспечивается не только снижением отпускной цены, но также функциональными свойствами разработанных кексов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Исследована жиросвязывающая способность основных составляющих рецептурных компонентов МКИ по отношению к различным растительным маслам (подсолнечному (рафинированному и нерафинированному), соевому, горчичному и кукурузному). Установлено, что подсолнечное рафинированное, горчичное, соевое и кукурузное масла обладают оптимальными техно-функциональными свойствами с точки зрения способности к связыванию и доступности на российском рынке.

2. Смоделирована композиция растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое – 3 : 1 : 3), оптимизированная по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 и содержанию витамина Е, обладающая высокой способностью к связыванию основными составляющими рецептурных компонентов МКИ. Установлено, что соотношение ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 полученной композиции растительных масел соответствует рекомендуемому интервалу и составляет 7,95 : 1, в связи с чем она может быть рекомендована для замены жиров, содержащих трансизомеры жирных кислот, в рецептурах МКИ, что позволит не только повысить их качество, но придать им функциональные свойства.

3. Смоделирована смесь плодовых, овощных порошков и гидролизата овса «Живица», оптимизированная по ЖСС, в соотношении 1 : 8 : 1. Установлена целесообразность использования смоделированной смеси порошков в качестве сырья, обладающего эмульгирующими и стабилизирующими свойствами, при производстве МКИ функционального назначения на жидких растительных маслах.

4. Исследовано влияние замены рецептурных компонентов смоделированной смесью порошков при производстве кексов на основе композиции растительных масел на ход технологического процесса, структурно-механические, физико-химические показатели качества эмульсии, теста и готовых изделий. Установлено, что рациональной является замена меланжа по сухому

веществу 10 % смоделированной смеси порошков, что позволяет интенсифицировать производство МКИ на 32,6 % по сравнению с контролем, улучшить качество полуфабрикатов и готовых изделий

5. Усовершенствованы рецептура и технология производства кексов «Мишка» при замене 10 % меланжа по сухому веществу смоделированной смесью порошков, 10 % муки картофельным крахмалом и одновременной полной замене маргарина композицией растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, увеличены сроки хранения кексов.

6. Исследован химический состав кексов. Установлено, что употребление кексов «Мишка» в количестве 50 г позволит удовлетворить среднесуточную потребность организма человека в полиненасыщенных жирных кислотах, в том числе линолевой ( $\omega$ -6) и  $\alpha$ -линоленовой ( $\omega$ -3) более, чем на 40 % (при соблюдении их оптимального соотношения 8 : 1), а также в витамине Е более, чем на 35 %, что позволяет отнести кексы «Мишка» к функциональным пищевым продуктам. Анализ энергетической ценности кексов «Мишка» показал, что изменение рецептуры не привело к повышению калорийности кексов.

7. Разработан пакет технической документации (РЦ 9136 – 14 – 05369827 - 2015; СТО 05369827 – 14 - 2015, ТИ 05369827 - 14 - 2015). Проведена промышленная апробация рецептуры и технологии кексов «Мишка». Доказана экономическая эффективность производства кексов «Мишка», которая подтверждена снижением полной себестоимости кексов на 5130,21 руб/т и коэффициентом конкурентоспособности, равным 1,78.

#### **Рекомендации использования результатов диссертационной работы**

Разработанные кексы «Мишка» рекомендуются к использованию предприятиями кондитерской отрасли для расширения ассортимента выпускаемых мучных кондитерских изделий функционального назначения.

Установленные в процессе выполнения работы закономерности формирования качества полуфабрикатов и готовых изделий с использованием жидких растительных масел, плодовых, овощных порошков и зерновых гидролизатов могут быть использованы при разработке рецептур и технологий

производства других видов мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности и функционального назначения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анина, Л.И. Жиры специального назначения «СОЮЗ» и «SDS» - идеальный выбор для мучных кондитерских изделий [Текст] / Л.И. Анина // Кондитерское производство. – 2010. - № 6. – С. 12-14.
2. Артемова, Е.Н. Качество эмульсий на основе муки из семечек различных сортов тыквы [Текст] / Е.Н. Артемова, К.В. Дайченкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. - №5. – С. 65-67.
3. Антохина, Г.В. Применение модифицированных крахмалов в производстве майонезов / Г.В. Антохина, Н.Л. Андросова, Е.В. Мельник // Масла и жиры. - 2007. - №1. - С.6-8.
4. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства [Текст] : учеб. пособие / Л. Я. Ауэрман ; под общ. ред. Л. И. Пучковой. – СПб. : Профессия, 2002. – 416 с.
5. Базарнова, Ю.Г. Применение натуральных гидроколлоидов для стабилизации пищевых продуктов [Текст] / Ю.Г. Базарнова, Т.В. Шкотова, В.М. Зюканов // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2005. - №2. – С. 84-87.
6. Борисова, М. М. Технологические свойства соевых белковых концентратов [Текст] / М.М. Борисова, Т.В. Бархатова, В.С. Амуров // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2005. - № 1. – С. 48-49.
7. Бурлова, И.А. Роль маргарина в производстве изделий из песочного теста [Текст] / И.А. Бурлова // Хлебопечение России. – 2010. - №6. – С. 34-35.
8. Бутейкис, Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий [Текст]:/ Н.Г. Бутейкис, А.А. Жукова. – М: Экономика, 1984. – 256 с.
9. Василенко, З.В. Использование солода в производстве бисквита / З.В. Василенко, И.П. Фёдорова, Э.М. Омарова [Текст] / Техника и технология пищевых производств: Материалы VI-й Международной научно-технической конференции. – Могилев, Беларусь, 2007. – С. 150.

10. Влияние изменений соотношения ингредиентов в рецептуре на вязкость и консистенцию жидкого теста [Текст] // Хлебопродукты. – 2012. - № 6. – С. 44-46.
11. Вода в пищевых продуктах [Текст]: под ред. Р.Б. Дануорта, пер. с англ. А.С. Гинзбурга. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1980. – 376 с.
12. Восканян, О.С. Научные основы производства эмульсионных продуктов / О.С. Восканян, В.Х. Паронян, СВ. Круглов, Г.И. Козырина. - М.: Пищепромиздат, 2003. - 48 с.
13. Гельфман, М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. - СПб.: Лань, 2003. - 336 с.
14. Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов: Методические указания МУ 4.2.727-99. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. — 24с.
15. Гинзбург, А.С. Массовлагообменные характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гинзбург, И.М. Савина. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1970. – 70 с.
16. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин - М.: ДеЛи принт, 2005. - 296 с.
17. Грузинов Е.В., Никитина Э.С., Ступин А.Ю., Чубатова О.Ю. Использование прополиса в пищевых эмульсиях, полученных с применением ультразвука // Пищевая промышленность. 2010. №2. С. 54-56.
18. Гуськов, К.П. Реология пищевых масс [Текст] / К.П. Гуськов, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 206 с.
19. Дмитриева, Е.В. Разработка и оценка качества мучных кондитерских изделий с использованием продуктов переработки семян масличных культур [Текст] : дис. ...канд. техн. наук: 05.18.15: защищена 18.12.2009 / Дмитриева Екатерина Валерьевна. – Кемерово., 2009. – 141 с.
20. Драгилев, А.И. Шоколад, пралине (сырье, технология, оборудование, технологический и микробиологический контроль) [Текст] : Справочник / А.И. Драгилев, Н.В. Осташенкова, Л.И. Войне. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 663 с.: ил.



21. Евдокимова, О. Апельсиново-женьшеневый сироп в технологии бисквитного полуфабриката [Текст] / О. Евдокимова, Т. Матвеева, Е. Холодова // Хлебопродукты. – 2010. - №3. – С. 42-43.
22. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений [Текст] / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
23. Жаринов, А.И. Принцип формирования жиरोудерживающей способности крахмалов // А.И. Жаринов, В.Н. Писменская, К.Г. Спасский, Е.С. Иванова // Все о мясе. - 2007. - №1. - С. 9-10.
24. Журавлев, А. В. Трансжиры: что это такое и с чем их едят [Текст] / А.В. Журавлев. — М.: 2012. — 138 с.
25. Зайцева, Л.В. Роль жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов [Текст] / Л.В. Зайцева // Масложировая промышленность. – 2010. - №5. – С. 11-15.
26. Зайцева, Л.В. Роль различных жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов [Текст] / Л.В. Зайцева // Пищевая промышленность. – 2010. - №10. – С. 60-63.
27. Зайцева, Л.В. Трансизомеры – чума XXI века [Текст] / Зайцева Л.В. // Кондитерское производство. – 2012. - № 2. – С. 14-17.
28. Зайцева, Л.В. Энзимная переэтерификация – передовая технология модификации растительных масел и жиров [Текст] / Л.В. Зайцева // Масложировая промышленность. – 2011. - № 4. – С. 25-28.
29. Зимон, А.Д. Коллоидная химия [Текст] / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. – М. : Химия, 1995. – 336 с.
30. Зомитева, Г.М. Разработка бизнес – плана (комплекса маркетинга) для предприятий хлебопекарной, кондитерской и макаронной промышленности. [Текст] / Г.М. Зомитева, О.В. Проконина. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – 75 с.
31. Зонтаг, Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем [Текст] / Г. Зонтаг, К. Штрэнге; перевод с нем. и ред. О.Г. Усыярова. - Л. : Химия, 1973. - 152 с.

32. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства. 3-е изд. - Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2002. - 430 с.
33. Зубченко, А.В. Влияние физико – химических процессов на качество кондитерских изделий. [Текст] / А.В. Зубченко. – М.: Агропроимиздат, 1986. – 296 с.
34. Зубченко, А.В. Дисперсные системы кондитерского производства. – Воронеж : Воронеж. Технол. институт, 1993. – 160 с.
35. Ивкова, И.А. Современные ингредиенты в производстве сдобного печенья [Текст] / И.А. Ивкова, А.С. Пиляева // Кондитерское производство. – 2012. - № 1. – С. 14-15.
36. Караева, Л.В. Жировое сырье при производстве мучных кондитерских изделий [Текст] / Л.В. Караева // Кондитерское производство. – 2006. - №6. – С. 16.
37. Клетон, В. Эмульсии [Текст] / В. Клетон; перевод с англ. под ред. П.А. Ребиндера. — М. : Издательство, 1969. — 680 с.
38. Коваленок, А.В. Оптимизация жирнокислотного состава мучных кондитерских изделий / А.В. Коваленок, А.П. Нечаев // Кондитерское производство. — 2006. - №5. - с. 10—12.
39. Коваленок, А.В. Разработка рецептур и технологий мучных кондитерских изделий функционального назначения [Текст]: дис....канд. техн. наук: 05.18.01 / Коваленок Алексей Викторович. - Москва, 2006. - 170 с.
40. Ковэн, С. Дополнительные рекомендации хлебопекам и кондитерам. Еще 151 вопрос и ответ [Текст] / С. Ковэн, Л. Янг. – Пер. с англ. О. Четвериковой. – СПб.: Профессия, 2011. – 248 с., табл., ил.
41. Ковэн, С. Практические рекомендации хлебопекам и кондитерам. 202 вопроса и ответа / С., Ковэн, Л. Янг; пер. с англ. В.Е. Ашкинази. — СПб.: Профессия, 2006.-238 с.

42. Корсакова, И.В. Технология бисквитов с овощными добавками [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: ... / Ирина Витальевна Корсакова. – М., 1985.-204 с.
43. Корячкина, С. Разработка технологии бисквитного полуфабриката функционального назначения [Текст] / С. Корячкина, Т. Лазарева, Т. Матвеева // Хлебопродукты. – 2010. - № 12. – С. 50-51.
44. Корячкина, С.Я. Новые виды мучных и кондитерских изделий / С.Я. Корячкина. – Орел: Труд, 2006. – 480 с.
45. Корячкина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий [Текст] / С.Я. Корячкина. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 323 с.
46. Кулакова, С. Н. Трансизомеры жирных кислот в пищевых продуктах [Текст]/ С. Н. Кулакова, Е. В., Викторова, М. М., Левачев // Масла и жиры. - 2008. - № 3. - С. 11 - 15.
47. Кулакова, С.Н. Особенности растительных масел и их роль в питании [Текст] / С.Н. Кулакова [и др.] // Масложировая промышленность. – 2009. - №3. – С. 16-17. Левачев// Масла и жиры. - 2008. - № 3. - С. 11 - 15.
48. Лазарева, Т.Н. Разработка технологии бисквитного полуфабриката функционального назначения [Текст] : дис. ...канд. техн. наук: 05.18.01: защищена 31.05.2012 / Лазарева Татьяна Николаевна. – Орел, 2012. – 226 с.
49. Ливинский, А.А. Масла разные важны, масла разные нужны... [Текст] / А.А. Ливинский // Масложировая промышленность. – 2011. - № 2. – С. 4-7.
50. Литвинова, Е.В. Теоретические и практические основы разработки технологии функциональных продуктов с антимуtagenными свойствами [Текст] : дис. ... доктор тех. наук : 05.18.04 / Литвинова Елена Викторовна. – М., 2003. – 419 с.
51. Мазалова, Л.М. Инновационные технологии производства специализированных жиров с пониженным содержанием трансизомеров жирных кислот [Текст] / Л.М. Мазалова // Кондитерское производство. – 2010. - № 5. – С. 18-19.

52. Мазалова, Л.М. Что такое функциональные жиры [Текст] / Л.М. Мазалова // Кондитерское производство. – 2006. - № 4. – С. 18-19.
53. Матвеева, Т.В. Влияние кукурузной и рисовой муки на качество изделий из бисквитного теста [Текст] / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина, В.П. Корячкин, Е.И. Стручкова / теорет. журнал Известия ВУЗов. Пищевая технология, 2008. – №4. – С. 32 – 34.
54. Матц, С.А. Структура и консистенция пищевых продуктов: Пер. с англ. [Текст] / С.А. Матц - М.: Мир, 1972.-239 с.
55. Мащикова, О.В. Технологии производства бисквитов и песочного печенья с инулином функционального назначения [Текст]: автореф. на соиск. уч. ст. к.т.н. / О.В. Мащикова. – Могилев, 2007. – 27 с.
56. Мельникова, О.А. Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот как фактор высокого риска заболеваний [Текст] / О.А. Мельникова, Н.В. Перова // Масложировая промышленность. – 2010. - № 2. – С. 12-15.
57. Менли, Д. Мучные кондитерские изделия. / Д. Мэнли; пер. с англ. В.Е. Ашкинази; науч. ред. И.В. Матвеева. - СПб: Профессия, 2003.-558 с.
58. Методические рекомендации «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» МР 2.3.1.2432-08. – М: ГУ НИИ питания РАМН, 2008. – 24 с.
59. Методические указания по определению пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде, МЗ СССР, Сб. Ч., 4-25, 1976 -1977 г.г.
60. Нечаев, А.П. Научные основы технологий получения функциональных жировых продуктов нового поколения / А.П. Нечаев // Масла и жиры. - 2007. - №8.-С. 26-27.
61. Нечаев, А.П. Жировые продукты для здорового и лечебно-профилактического питания // Международная конференция «Технологии и продукты здорового питания». Ч.1. - М.: изд-во МГУПП, 2003. - С. 93-98.
62. Нечаев, А.П. Растительные масла функционального назначения. / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. - 2005. - № 3. - С. 20-21.

63. Николаев, С. В. Применение метода линейного программирования для оптимизации композиции растительных масел [Текст] / С.В. Николаев, Е.А. Ключина, Е.В. Грузинов, Т.В. Шленская // Масложировая промышленность, 2007. - № 1.

64. Новикова, Т.Н. Разработка технологии сахаросодержащего гидролизата овса и его применение при производстве пшеничного хлеба [Текст] : дис. ...канд. техн. наук: 05.18.07: защищена 02.12.2009 / Новикова Татьяна Николаевна. – СПб., 2009. – 150 с.

65. О'Брайен, Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение [Текст] / Р. О'Брайен: пер. с англ. 2-го изд. В.Д. Широкова, Д.А. Бабейкиной, Н.С. Селивановой, Н.В. Маглы. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с., табл., ил.

66. Окара, А.И. Управление жирно-кислотным составом и потребительскими свойствами растительных масел-смесей путем оптимизации рецептур [Текст] / А. И. Окара, К.Г. Земляк, Т.К. Каленик // Масложировая промышленность. – 2009. - № 2. – С. 8-12.

67. Олейникова, А.Я. Практикум по технологии кондитерских изделий [Текст] / А.Я. Олейникова, Г.О. Магомедов, Т.Н. Мирошникова. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 480с.

68. Орешина, М.Н. Исследование водно-жировых эмульсий в условиях ультразвуковых и импульсивных воздействий с использованием информационных технологий NI // Образовательные научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии NationalInstruments: Сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. – М.: РУДН, 2008. С. 98 - 102.

69. Осипова, Г.А. Технология макаронного производства [Текст]: методические указания по выполнению лабораторных работ / Г.А. Осипова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК» 2014. – 54 с.

70. Остапов, В.В. Трансизомеры. Европейский опыт и выводы для России [Текст] / В.В. Остапов // Масложировая промышленность. – 2010. - №4. – С. 20-25.

71. Павловская, О.Е. Разработка технологического режима получения экструзионного маниокового крахмала и определение его свойств [Текст] : дис. ...канд. техн. наук: 05.18.05 / Павловская Ольга Евгеньевна. – М., 1984. – 163 с.

72. Паронян, В.Х. Теоретические основы образования эмульсий и критерии оценки их свойств/ В.Х. Паронян, Ю.В. Боголюбская//Хранение и переработка сельхозсырья. - 2007. - №4. - С.20-22.

73. Паршакова, Л.П. Новые стабилизационные системы для майонезных эмульсий [Текст] / Л.П. Паршакова, Л.А. Демченко, Е.И. Драганова // Масложировая промышленность. – 2006. - №6. – С. 28 - 29.

74. Пат. 1751883 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> А 21 Д 13/08. Бисквитный полуфабрикат [Текст] / Щеникова Н.В., Даровских Е.И.; заявитель и патентообладатель Дальневосточный институт советской торговли. - № 4821395/13; заявл. 20.12.1989; опубл. 10.10.1995. – 1 с.

75. Пат. 2085081 Российская Федерация, МПК А21 Д13/08. Способ производства диетического бисквитного полуфабриката [Текст] / Цыганова Т.Б. [и др.]; заявитель и патентообладатель Московский государственный заочный институт пищевой промышленности, Московская государственная академия пищевых производств. - №93055859/13; заявл. 16.12.1993; опубл. 27.07.1997.

76. Пат. 2161409 Российская Федерация, МПК А21 Д13/08. Способ производства бисквита [Текст] / Остроумов Л.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - №99102140/13; заявл. 02.02.1999; опубл. 10.01.2001.

77. Пат. 2161885 Российская Федерация, МПК А21 Д13/08. Способ производства мучных кондитерских изделий [Текст] / Туманова А.Е. [и др.]; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых продуктов. - №2000107540/13; заявл. 30.03.2000; опубл. 20.01.2001.

78. Пат. 2210913 Российская Федерация, МКИ А 21 Д 13/08. Способ производства бисквита [Текст] / Р.З. Григорьева [и др.]. - № 2000109167/13; заявл. 12.04.2000; опубл. 27.08.2003.

79. Пат. 2210913 Российская Федерация, МПК А21 Д13/08. Способ получения бисквита [Текст] / Григорьева Р.З. [и др.]; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - №2000109167/13; заявл. 12.04.2000; опубл. 27.08.2003.

80. Пат. 2248706 Российская Федерация, МКИ А 21 Д 13/08. Бисквитный полуфабрикат и способ его изготовления [Текст] / М.Ю. Горовой [и др.]. - № 2002127883/13; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.03.2005.

81. Пат. 2256329 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 21 Д 13/08. Способ производства бисквитного полуфабриката [Текст] / Е.Н. Артёмова [и др.]; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет. – №2004103239/13; заявл. 04.02.2002; опубл. 20.07.2005. – 3 с.

82. Пат. 2310330 Российская Федерация, С1. Способ производства бисквитного теста [Текст] / Румянцева, В.В.; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет. - № 2006113292/13; заявл. 19.04.2006; опубл. 20.11.2006, Бюл. №32.

83. Пат. 2351138 Российская Федерация. Способ производства бисквитного полуфабриката [Текст] / Румянцева В.В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ОрелГТУ. - № заяв 2008101172/13; заявл. 09.01.08; опубл. 20.03.2009, Бюл. № 10.

84. Пат. 2366187 Российская Федерация, МПК А21 Д13/08. Способ приготовления бисквита "Бусинка" [Текст] / Пащенко Л.П. [и др.]; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия. - №2008109054/13; заявл. 12.03.2008; опубл. 10.09.2009.

85. Пат. 2385563 Российская Федерация, МПК А21 Д13/08. Способ приготовления мучного кондитерского изделия вида кексов и мучное кондитерское изделие на его основе [Текст] / Могильный М.П., Шалтумаев Т.Ш.;

заявитель и патентообладатель Пятигорский государственный технологический университет. - №2008137016/13; заявл. 15.09.2008; опубл. 10.04.2010.

86. Пат. 2490898 Российская Федерация. Способ производства кекса [Текст] / Румянцева В.В., Гурова (Туркова) А.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». - № заяв. 2012109136/13; заявл. 11.03.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24.

87. Пат. 2490899 Российская Федерация. Способ производства теста для масляного бисквита [Текст] / Румянцева В.В., Гурова (Туркова) А. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». - № заяв. 2011150951/13; заявл. 14.12.2011; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24.

88. Пашенко, Л. Коллагеновый гидролизат в технологии бисквита [Текст] / Л. Пашенко [и др.] // Хлебопродукты. – 2008. - №11. – С. 48-49.

89. Перфилова, О.В. Фруктовые и овощные порошки из выжимок в кондитерском производстве [Текст] / О.В. Перфилова, Б.А. Баранов, Ю.Г. Скрипников // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. - №9. – С. 52-54.

90. Пищевая химия / А.П. Нечаев, СЕ. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.; под ред. А.П. Нечаева. Издание 4-е, испр. и доп. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 640 с.

91. Поверин, А.Д. Полиненасыщенные жиры — важнейший компонент продуктов функционального питания / А.Д. Поверин // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2007. - № 7. - С. 35-38.

92. Поверхностно-активные вещества [Текст] / Под ред. А.А. Абрамзона и Г.М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. — 376 с.

93. Покровский, А.А. Химический состав пищевых продуктов. [Текст] / А.А. Покровский. – М: Пищевая промышленность, 1976. – 182 с.

94. Полезные для здоровья кондитерские изделия с растительными жирами компании «Орхус Юнайтед» // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. - 2005. - № 5. - С. 22 - 23.

95. Прянишников, В.В. свойства и применение препаратов серии «Витацель» в технологии мясных продуктов: дис...канд. техн. наук: 05.18.04: защищена 18.05.07 / Прянишников Вадим Валентинович. - Воронеж, 2007. - 139 с.



96. Пучкова, Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства [Текст] / Л.И. Пучкова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.: ил.
97. Растительный белок / Пер. с фр. В.Г. Долгополова; под.ред. Т.П. Микулович.- М.: Агропромиздат, 1991.- 684 с.
98. Ребиндер, П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур [Текст] / П.А. Ребиндер. – М., 1966. – С. 3-16.
99. Ребиндер, П.А. К теории эмульсий / В книге: Избранные труды. [Текст] / П.А. Ребиндер. – М., 1978. – 249 с.
100. Ребиндер, П.А. Поверхностно-активные вещества [Текст] / П.А. Ребиндер. – М.: Знание, 1961. – 46 с.
101. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия [Текст] / П.А. Ребиндер : Избр. Тр. – М.: Наука, 1978. – 245 с.
102. Редько, В.В. Влияние белково – полисахаридной композиции на качество изделия из бисквитного теста / В.В. Редько А.А. Волосевич, Д.А. Богданович [Текст] / Техника и технология пищевых производств: Материалы VI-й Международной научно-технической конференции. – Могилев, Беларусь, 2007. – С. 153.
103. Рензьева, Т.В. Научное обоснование, разработка и оценка качества мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки масличных культур сибирского региона [Текст] : дис. ...докт. техн. наук: 05.18.15: защищена 18.12.2009 / Рензьева Тамара Владимировна. – Кемерово, 2009. – 350 с.
104. Рензьева, Т.В. Технология производства печенья с жидкими растительными маслами [Текст]/ Т. В. Рензьева, Е. В. Дмитриева, А. Д. Мерман// Кондитерское производство. - 2012. - № 1. - С. 16 - 19.
105. Рензьева, Т.В. Закономерности формирования качества мучных кондитерских изделий с использованием растительных масел [Текст] / Т.В. Рензьева, Е.В. Дмитриева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2009. - №1. – С. 48-50.

106. Реология пищевых масс [Текст] / К.П. Гуськов, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин, Л.Н. Лунин. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 207 с.
107. Рецептуры на торты, пирожные, кексы и рулеты [Текст]. В 3-х ч. – М.: Пищевая промышленность, 1977-1979;
108. Рогов, И.А. Химия пищи. Функциональные свойства гидроколлоидов. Соевые белковые препараты [Текст] : учебное пособие / И.А. Рогов, Н.В. Гурова, А.И. Жаринов, А.Ю. Попов. – М.: МГУПБ, 2003. – 32 с.
109. Романенко И.В. Экономика предприятия. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2005, – 264 с.: ил
110. Румянцева, В.В. Исследование влияния нетрадиционного сырья на качество мучных кондитерских изделий [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Туркова // Продовольственный рынок. Проблемы регулирования и влияния на качество жизни населения: коллективная монография. – Орел: Изд-во «Труд». - 2012 г. – С. 74-81.
111. Румянцева, В.В. Научно-практические основы ресурсосберегающих технологий получения и применения биомодифицированных продуктов из овса и ячменя [Текст] : дис. ...докт. техн. наук: 05.18.01: защищена 30.06.2011 / Румянцева Валентина Владимировна. –Орел, 2011. – 390 с.
112. Румянцева, В.В. Влияние продуктов ферментативного гидролиза зерновых культур на качество пищевых эмульсий [Текст] / В.В. Румянцева, Д.А. Орехова, И.А. Служкина // Хлебопродукты. – 2010. - №6. – С. 42-43.
113. Румянцева, В.В. Гидролизат овса как стабилизатор при изготовлении мучных кондитерских изделий [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Туркова // Кондитерское производство. – 2013. - № 1. – С. 20-21.
114. Румянцева, В.В. Исследование технологических свойств порошков выжимок плодовоовощного сырья [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Гурова (Туркова) // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. - Орел: ФГОУ ВПО "Государственный университет-УНПК" – 2012. - № 1. – С. 10-14.
115. Румянцева, В.В. Научно-практическое обоснование рационального использования пищевого растительного сырья при производстве мучных

кондитерских изделий [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Туркова, Н.М. Ковач // монография / Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2014. – 229 с.

116. Румянцева, В.В. Нетрадиционное сырье в производстве кексов на жидких растительных маслах [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Туркова // Кондитерское производство. – 2014. - № 5. – С. 10-11.

117. Румянцева, В.В. Оптимизация ССП для производства мучных кондитерских изделий на основе жидких растительных масел [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Туркова, Е.В. Зоткина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. - № 4. – С. 3-6.

118. Румянцева, В.В. Применение продуктов ферментативного гидролизата зерновых культур при производстве печенья [Текст] / В.В. Румянцева, Д.А. Орехова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2009. - № 5-6. – С. 42-44.

119. Румянцева, В.В. Продукты переработки зерна овса – перспективное сырье для хлебопекарной промышленности [Текст] / В.В. Румянцева, Т.Н. Шеламова, Д.А. Игнатова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. - № 5-6. – С. 46-49.

120. Румянцева, В.В. Технологические особенности производства бисквитных эмульсий с применением нетрадиционного сырья [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Гурова (Туркова) // Продовольственный рынок: проблемы регулирования и влияния на качество жизни населения: монография / под. ред. д.т.н. Т.Н. Ивановой, канд.эконом. наук, доц. Г.М. Зомитевой, к.т.н., доц. Е.Н. Новицкой. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. – С. 162-168.

121. Румянцева, В.В. Технофункциональные свойства продуктов биомодификации овса и ячменя [Текст] / В.В. Румянцева, Н.М. Ковач, Т.Н. Шеламова // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2010. - № 7. – С. 42-44.

122. Румянцева, В.В. Управление миграцией растительных масел в кексах с помощью оптимизации рецептур [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю. Туркова, О.А. Серегина // Кондитерское производство. – 2014. - № 2. – С. 22-23.

123. Румянцева, В.В. Эффективность использования нетрадиционного сырья при производстве кондитерских эмульсий [Текст] / В.В. Румянцева, А.Ю.

Гурова (Туркова), И.В. Ефремова // Кондитерское производство. – 2012. - № 1. – С. 20-22.

124. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. - М.: Экономика, 1986. - 295 с.

125. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян - М.: ДеЛи принт, 2007. - 276 с.

126. Султанович, Ю.А. Перспективы изменения отраслевого портфеля специализированных жиров [Текст] / Ю. А. Султанович, Т. А. Духу, Д.В. Толкачёва // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2013. - № 5-6. – С. 18-20.

127. Сурмач, Э.М. Разработка технологий и ассортимента кексов повышенной пищевой ценности из ржаной муки [Текст] : дис. ...канд. техн. наук: 05.18.07: защищена 30.09.2014 / Сурмач Элина Михайловна. – СПб., 2014. – 107 с.

128. Табакаева, О.В. Растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом [Текст] / О.В. Табакаева, Т.К. Каленик // Масложировая промышленность. – 2007. - № 1. – С. 21-22.

129. Теплова Р.В. Исследование технологии производства бисквита с целью улучшения качества, механизации и интенсификации процессов: Автореф. дис. канд. техн. наук.–М., 1973.–21 с.

130. Технология и техника механизированного производства тортов и пирожных / Истомина Н.М., Галейсник Н.А., Теплова Р.В. и др. [Текст] –М.: Пищ. пром-ть, 1975.–253 с.

131. Тютинников Б. Н. Химия жиров. М.: Пищевая промышленность, 1974.

132. Харчук, Г.М. Новые рецептуры и технология приготовления мучных кондитерских изделий пониженной калорийности. Экспресс информация [Текст] / Г.М. Харчук, В.Д. Андросова. – ЦНИИИТЭИторговли, 1987. – № 22. – С. 23.

133. Химический состав пищевых продуктов.: Справочные таблицы содержания основных аминокислот, жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина,

М.Н. Волгарева. - 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Агропромиздат, 1987. - Кн. 2. – 456 с.

134. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под. ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

135. Шалтумаев, Т.Ш. Обоснование и разработка технологии бисквитов и кексов на основе сухих смесей [Текст] : дис. ...канд. техн. наук: 05.18.15: защищена 09.12.2010 / Шалтумаев Тимур Шамильевич. – Пятигорск, 2010. – 150 с.

136. Шленская, Т.В. Экструдат пшеничных отрубей при производстве кексов [Текст] / Т.В. Шленская, З.А. Бочкарева, Н.М. Шленская, В.П. Радченко // Кондитерское производство. – 2009. - № 6. – С. 10-11.

137. Шмидт, А.А. Производство майонезов [Текст] / А.А. Шмидт. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 145с.

138. Эйнгор, А.Б. Жиропоглощающая способность порошкообразного сырья кондитерского производства / А.Б. Эйнгор, Н.Н. Портнова, С.Н. Холомонова и др. // Хлебопекарное и кондитерское производства. - 1996. — №2. - С. 41-42.

139. Cantwell, M. M. Contribution of foods to trans unsaturated fatty acid intake in a group of Irish adults / M.M. Cantwell, M.A.T. Flynn, D. Cronin // Journal of Human Nutrition & Dietetics. - 2005. - №18 (5). - P. 377-385.

140. Comez Manuel. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes/ Comez Manuel, Ronda Felicidad, Caballero Pedro A., Blanco Carlos A., Rosell Cristina M. // Food Hydrocolloids. - 2007. - 21. - № 2. - P. 167-173.

141. Cummary H.N. Dietary fiber content of some food materials [Text] / H.N. Cummary // J. Food Science and Technology. – 1984. – v.21. – №2. – P. 95-97.

142. Delcour, J.A. Physico-Chemical and Functional Properties of Rye Nonstarch Polysaccharides. I. Colorimetric Analysis of Pentosans and Their Relative

Monosaccharide Compositions in Fractionated (Milled) Rye Products / J.A.Delcour, S., Vanhamel, C. De Geest // *Cereal Chem.* 1989. — v.66, № 2. -pp.107-111.

143. Dickinson E. Properties of emulsions stabilized with milk proteins: overview of some recent developments [Text] / E. Dickinson // *J. Dairy Sci.* - 1997. – V. 80. – P. 2607 - 2619.

144. Huebner F.R. Polysaccharide interactions with wheat proteins and flours doughs [Text] / F.R. Huebner, I.S. Wall. – *Cereal Chemistry.* – 1989. - 59, № 2.

145. Hughes, E.J. The Use of Emulsifiers in Baked Goods / E.J. Hughes // British Chapter, A.S.B.E. Conference, November.

146. Hughes, E.J. Using emulsifiers for a consistent product / E.J. Hughes // *Bakers Review*, July, p.16.

147. Kris-Etherton, P.M. Trans-fatty acids and coronary heart disease risk: report of the expert panel on trans-fatty acid and coronary heart disease / P.M. Kris-Etherton // *Journal of Clinical Nutrition.* - 1995. -№62(3) - P. 651-708.

148. Lampi, A. - M Antioxidant activities of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherols in the oxidation of rapeseed oil triacylglycerols / A. - M. Lampi, L. Kataj, A. Kamal - Eldin, V. Piironen // *J. Am. OilChem. Soc.* - 1999. - V. 76

149. Leadward O.A. Protein-Polysaccharide Interaction. – In.: *Polysaccharides in Food* [Text] / [eds. J.M.V. Blanshard. J.R. Mitchell]. - Butterworth, London, 1979. – P. 205-217.

150. Lebesi, D.M. Effect of the Addition of Different Dietary Fiber and Edible Cereal Bran Sources on the Baking and Sensory Characteristics of Cupcakes / D.M. Lebesi, C. Tzia // *Food and Bioprocess Technol.* – 2011. - №5. – p. 710-722.

151. Manley, D.J.R. Biscuit, cookie and cracker manufacturing manuals. Manual 1 Ingredients / D.J.R. Manley. - Woodhead Publishing, Cambridge.

152. Manley, D.J.R. Dough Mixing and its Effect on Biscuit Forming / D.J.R. Manley // *Cake and Biscuit Alliance Technologists Conference.*

153. Mazza, G. Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects / G. Mazza. - Technomic Publishing Company, Inc., 1998. - p.459.

154. Milani, J. Hydrocolloids in Food Industry / J. Milani, G. Maleki // Food Industrial Processes-Methods and Equipment, 2012.- p.17-38.

155. Parkinson, T.L. Egg Properties in Relation to Baking Performance / T.L. Parkinson, H. Wilkinson. - FMBRA Report №65.

156. Steele, I.W. The search of consistency in biscuit doughs / I.W. Steele // Baking Ind. Journal, 9 (3), p.21

157. Utilisation de la farine de lupin pour la preparation de produits de panification. Заявка 2755826 Франция, МПК<sup>6</sup> А 21 D 13 Р 4, А 21 D 13 / 08, 2136/ Cоcaud Marcel; Gie Meuniers de France Groupment d'Interet Economique. - № 9614140.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**



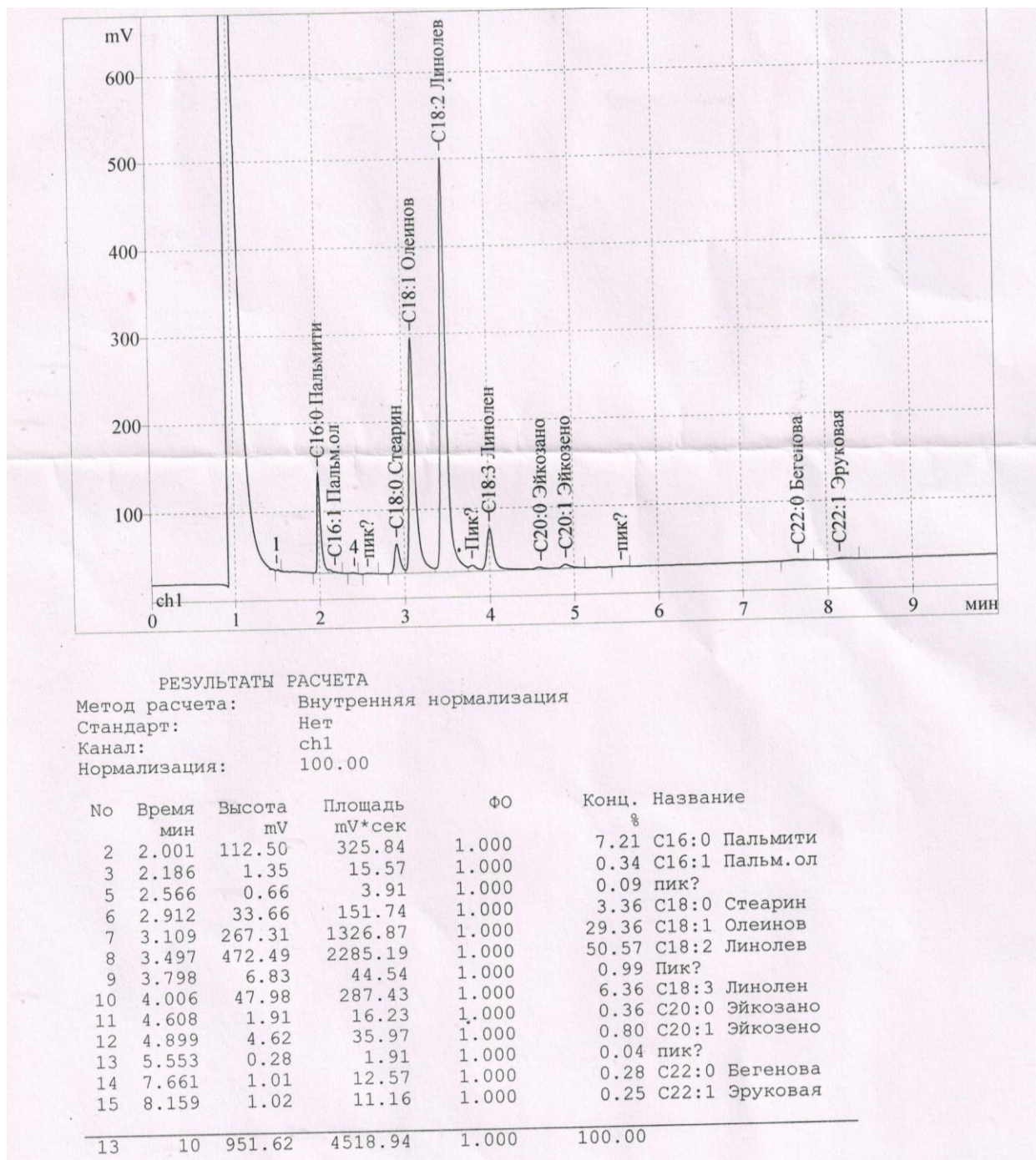


Рисунок 24 – Хроматограмма композиции растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3)



### АКТ

производственных испытаний

кексов «Мишка»

Мы, нижеподписавшиеся, представители ЗАО «Кондитерская фабрика»: генеральный директор ЗАО «Кондитерская фабрика» А.В. Авдейков, главный технолог С.И. Дмитренко, заведующий производством Е. В. Спесивцева и ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»: профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Г.А. Осипова, доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» В.В. Румянцева, аспирантка кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Туркова А.Ю. провели испытания рецептуры и технологии производства кексов «Мишка», изготовленных на основе смеси растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием смеси «стабилизаторов», разработанных на кафедре «ТХКиМП» ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК».

При проведении испытаний использовали смесь растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3), оптимизированную по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием смеси «стабилизаторов» (порошок мандарина : порошок тыквы : гидролизат овса

Таблица 3 – Физико–химические показатели качества кексов «Мишка»

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля влаги, %	19-25 %
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	15,1-17,1
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %	21,0-22,5
Щелочность, град. не более	2,0
Массовая доля золы, нерастворимой в 10% - ном растворе соляной кислоты, %, не более	0,1
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,0-3,4
Относительная пластичность мякиша, %	67,0-73,0
Относительная упругость мякиша, %	27,0-33,0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кексы «Мишка», изготовленные на основе «оптимизированной смеси» растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3), с использованием смеси «стабилизаторов» по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям СТО 05369827-14-2015.

По результатам испытаний кексы «Мишка» можно рекомендовать для производства в условиях малых предприятий периодическим способом и кондитерских фабрик на автоматизированных поточных линиях.

Заведующий производством \_\_\_\_\_  Е.В. Спесивцева

Главный технолог \_\_\_\_\_  С.И. Дмитренко

Профессор кафедры ТХКиМП  
ФГБОУ ВПО «Государственного университета-УНПК» \_\_\_\_\_  Г.А. Осипова

Доцент кафедры ТХКиМП  
ФГБОУ ВПО «Государственного университета-УНПК» \_\_\_\_\_  В.В. Румянцева

Аспирант кафедры ТХКиМП  
ФГБОУ ВПО «Государственного университета-УНПК» \_\_\_\_\_  А.Ю. Туркова

УТВЕРЖДАЮ

Директор по общественному питанию-

Заместитель директора

филиала ТМК «ГРИНН»

ЗАО «Корпорация «ГРИНН», г. Орел


 \_\_\_\_\_  
 «14» \_\_\_\_\_ А.В. Карачевский 2015 года
**АКТ**

производственных испытаний

кексов «Мишка»

Мы, нижеподписавшиеся, представители филиала ТМК «ГРИНН» ЗАО Корпорация «ГРИНН» г. Орел, директор по общественному питанию – заместитель директора филиала ТМК «ГРИНН», ЗАО «Корпорация «ГРИНН» А.В. Карачевский, технолог Т.Н. Новикова, заведующий производством ресторана «ГРИНН» И.А. Щербенко, и ФГБОУ ВПО «Госуниверситета – УНПК»: профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Г.А. Осипова, доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» В.В. Румянцева, аспирант кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Туркова А.Ю. провели испытания рецептуры и технологии производства кексов «Мишка», изготовленных на основе смеси растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием смеси «стабилизаторов», разработанных на кафедре «ТХКиМП» ФГБОУ ВПО «Госуниверситета – УНПК».

При проведении испытаний использовали смесь растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3), оптимизированную по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием смеси «стабилизаторов» (порошок мандарина : порошок тыквы : гидролизат овса

Таблица 3 – Физико–химические показатели качества кексов «Мишка»

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля влаги, %	19-25 %
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	15,1-17,1
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %	21,0-22,5
Щелочность, град. не более	2,0
Массовая доля золы, нерастворимой в 10% - ном растворе соляной кислоты, %, не более	0,1
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,0-3,4
Относительная пластичность мякиша, %	67,0-73,0
Относительная упругость мякиша, %	27,0-33,0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кексы «Мишка», изготовленные на основе «оптимизированной смеси» растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3), с использованием смеси «стабилизаторов» по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям СТО 05369827-14-2015.

По результатам испытаний кексы «Мишка» можно рекомендовать для производства в условиях предприятий общественного питания периодическим способом.

Заведующий производством

Технолог

Профессор кафедры ТХКиМП

ФГБОУ ВПО «Госунiversитета-УНПК»

Доцент кафедры ТХКиМП

ФГБОУ ВПО «Госунiversитета-УНПК»

Аспирант кафедры ТХКиМП

ФГБОУ ВПО «Госунiversитета-УНПК»

 И.А. Щербенко

 Т.Н. Новикова

 Г.А. Осипова

 В.В. Румянцева

 А.Ю. Туркова

**УТВЕРЖДАЮ**  
 Управляющий директор  
 ЗАО «Железногорский хлебозавод»  
 С.В. Афолина



«18» \_\_\_\_\_ 2015 г.

### АКТ

#### производственных испытаний кексов «Мишка»

Мы, нижеподписавшиеся, представители ЗАО «Кондитерская фабрика»: управляющий директор ЗАО «Железногорский хлебозавод» С.В. Афолина, главный технолог И.И. Буднова, начальник производственно-технологической лабораторией Э.В. Чистяков и ФГБОУ ВПО «Госунiversитета – УНПК»: профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Г.А. Осипова, профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» В.В. Румянцева, аспирантка кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Туркова А.Ю. провели испытания рецептуры и технологии производства кексов «Мишка», изготовленных на основе смеси растительных масел, оптимизированной по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием смеси «стабилизаторов», разработанных на кафедре «ТХКиМП» ФГБОУ ВПО «Госунiversитета – УНПК».

При проведении испытаний использовали смесь растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3), оптимизированную по соотношению ПНЖК групп  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, с использованием смеси «стабилизаторов» (порошок мандарина : порошок тыквы : гидролизат овса

Массовая доля влаги, %	19-25 %
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	15,1-17,1
Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, %	21,0-22,5
Щелочность, град. не более	2,0
Массовая доля золы, нерастворимой в 10%-ном растворе соляной кислоты, %, не более	0,1
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,0-3,4
Относительная пластичность мякиша, %	67,0-73,0
Относительная упругость мякиша, %	27,0-33,0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кексы «Мишка», изготовленные на основе «оптимизированной смеси» растительных масел (подсолнечное : горчичное : соевое 3:1:3), с использованием смеси «стабилизаторов» по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям СТО 05369827-14-2015.

По результатам испытаний кексы «Мишка» можно рекомендовать для производства в условиях малых предприятий периодическим способом и кондитерских фабрик на автоматизированных поточных линиях.

Начальник производственно-технологической лабораторией

 Э.В. Чистяков

Главный технолог

 И.И. Буднова

Профессор кафедры ТХКиМП

ФГБОУ ВПО «Госуниверситета-УНПК»  Г.А. Осипова

Профессор кафедры ТХКиМП

ФГБОУ ВПО «Госуниверситета-УНПК»  В.В. Румянцева

Аспирант кафедры ТХКиМП

ФГБОУ ВПО «Госуниверситета-УНПК»  А.Ю. Туркова

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«КОНДИТЕРСКАЯ ФАБРИКА»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ЗАО «Кондитерская фабрика»  
А.В. Авдейков  
\_\_\_\_\_ 2015 г.



РЕЦЕПТУРА

РЦ 9136-14-05369827-2015

Кексы «Мишка» по СТО 05369827-14-2015

ОКП 91 3610

Производятся по ТИ 05369827-14-2015

Дата введения в действие – «27» марта 2015 г.

302023, г. Орел,  
пер. Керамический, д. 5



**РАЗРАБОТАНО:**

ЗАО «Кондитерская фабрика»:

Главный технолог



С. И.Дмитренко

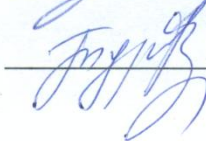
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»:

Доцент кафедры «ТХКиМП», д.т.н.



В.В. Румянцева

Аспирант



А.Ю. Туркова

**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«КОНДИТЕРСКАЯ ФАБРИКА»**



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**

**СТО 05369827-14-2015**

**Кексы функционального назначения**

**Технические условия**

**Орел - 2015**

---

ОКС 67.060

Н 42

ОКП 91 3610

Ключевые слова: кексы, область применения, технические требования, требования безопасности, правила приемки, методы контроля, транспортирование и хранение.

---

**РАЗРАБОТАНО:**

ЗАО «Кондитерская фабрика»:

Главный технолог



С. И.Дмитренко

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК»:

Доцент кафедры «ТХКиМП», д.т.н.



В.В. Румянцева

Аспирант



А.Ю. Туркова

---

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«КОНДИТЕРСКАЯ ФАБРИКА»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ЗАО «Кондитерская фабрика»  
*А.В. Авдейков*  
\_\_\_\_\_ 2015 г.



КЕКСЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Технологическая инструкция

**ТИ 05369827-14-2015**

Дата введения в действие – «27» марта 2015 г.

302023, г. Орел,  
пер. Керамический, д. 5

**РАЗРАБОТАНО:**

ЗАО «Кондитерская фабрика»:

Главный технолог



С. И.Дмитренко

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»:

Доцент кафедры «ТХКиМП», д.т.н.



В.В. Румянцева

Аспирант



А.Ю. Туркова