

**Федеральное государственное автономное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»
(ФГАНУ НИИХП)**

На правах рукописи



Балуян Хачатур Александрович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ
ЭКСТРУЗИОННЫХ И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСТРАКТА ГАРЦИНИИ КАМБОДЖИЙСКОЙ**

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:

доктор технических наук, доцент

Мартirosян Владимир Викторович

Москва – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	5
1	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1	Современные теории питания	12
1.2	Основные причины возникновения избыточной массы тела и ожирения	19
1.3	Способы снижения массы тела.....	22
1.4	Биологически активные добавки и пищевые продукты для лиц с избыточной массой тела.....	26
1.5	Применение гарцинии камбоджийской в питании.....	30
	Заключение по обзору литературы	38
2	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	39
2.1	Материалы исследований.....	39
2.2	Методы исследования сырья	41
2.2.1	Способ приготовления экструзионного продукта.....	45
2.2.2	Способ приготовления хлеба из пшеничной муки.....	45
2.2.3	Специальные методы исследований	46
2.2.4	Математическая обработка результатов исследований.....	49
2.3	Результаты исследования и их анализ	52
2.3.1	Научно-практическое обоснование применения экстракта гарцинии камбоджийской в технологиях экструзионных и хлебобулочных изделий	52
2.3.2	Определение оптимальной дозировки экстракта гарцинии камбоджийской и режимов выработки экструзионных продуктов	55
2.3.2.1	Определение показателей качества экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской.....	55
2.3.2.2	Определение оптимальных параметров экструзионной обработки кукурузной крупы с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской ..	58
2.3.2.3	Определение пористости экструзионных продуктов.....	60
2.3.2.4	Исследование аминокислотного состава белков экструзионных продуктов	66
2.3.2.5	Идентификация биологически активного компонента экстракта гарцинии камбоджийской в составе экструзионного продукта.....	69

2.3.2.6	Исследование микробиологического состояния экстракта гарцинии камбоджийской и экструзионных продуктов	71
2.3.2.7	Исследование показателей безопасности экстракта гарцинии камбоджийской и экструзионных продуктов	72
	Заключение по разделу 2.3.2.....	74
2.3.3	Исследование влияния экструзионных продуктов на хлебопекарные и реологические свойства муки пшеничной хлебопекарной	75
2.3.3.1	Определение влияния экструзионных продуктов на свойства клейковины пшеничной муки.....	76
2.3.3.2	Определение влияния экструзионных продуктов на реологические свойства теста из пшеничной муки.....	77
2.3.3.3	Изучение влияния экструзионных продуктов на физические свойства теста в процессе замеса	79
2.3.3.4	Исследование влияния экструзионных продуктов на автолитическую активность пшеничной муки	82
2.3.3.5	Определение влияния экструзионных продуктов на показатели формирования теста.....	83
	Заключение по разделу 2.3.3.....	88
2.3.4	Исследование влияния экструзионных продуктов на качество хлебобулочных изделий	89
2.3.4.1	Исследование влияния экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на показатели качества хлеба из пшеничной муки.....	89
2.3.4.2	Исследование влияния экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба из пшеничной муки.....	91
2.3.4.3	Исследование влияния экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба из пшеничной муки при его хранении.....	95
2.3.4.4	Исследование влияния экструзионных продуктов на микробиологическое состояние хлеба из пшеничной муки.....	100
2.3.4.5	Применение метрических и неметрических мер сравнения для определения оптимального количества экструзионных продуктов с	

	добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в технологии хлеба из пшеничной муки	102
2.3.4.6	Определение сохранности гидроксисимонной кислоты в хлебобулочных изделиях	106
	Заключение по разделу 2.3.4.....	108
2.3.5	Исследование биологического действия экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на метаболизм пищевых веществ	109
	Заклучение по разделу 2.3.5.....	114
2.3.6	Доклинические испытания экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на биохимические показатели крови и массу лабораторных животных	115
	Заклучение по разделу 2.3.6.....	119
2.4	Опытно-промышленная апробация, разработка технической документации на новые виды изделий	120
3	ВЫВОДЫ.....	122
4	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	124
5	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	141
	Приложение 1 - Расчет экономической эффективности производства пищевых продуктов	142
	Приложение 2 - Проекты технической документации на экструзионные изделия «Облачко»	145
	Приложение 3 - Акт производственной выработки экструзионных изделий «Облачко»	148
	Приложение 4 - Проекты технической документации на изделия хлебобулочные «Гарциникум»	150
	Приложение 5 - Акт производственной выработки хлебобулочных изделий «Гарциникум».....	153
	Приложение 6 - Сертификат качества экстракта гарцинии камбоджийской	156
	Приложение 7 - Дипломы.....	157

Введение

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Улучшение здоровья населения России является ключевым аспектом государственной политики в социальной сфере, о чем свидетельствует утверждённый паспорт приоритетного проекта «Формирование здорового образа жизни». Проектом предусмотрено увеличение количества граждан, ведущих здоровый образ жизни, в первую очередь основанный на рациональном питании.

Однако в настоящее время ритм жизни современного человека характеризуется малой подвижностью, дефицитом свободного времени, постоянными стрессовыми ситуациями, оказывающими преобладающее влияние на изменение режима и структуры питания. По мнению специалистов ВОЗ указанные факторы являются основными причинами критического повышения массы тела человека, что провоцирует развитие многих неинфекционных заболеваний населения в развитых странах мира, в том числе и России.

Самым распространённым и более предпочтительным способом нормализации избыточной массы тела человека является диетотерапия, основанная на употреблении в пищу продуктов здорового питания.

Экструзионные и хлебобулочные изделия являются наиболее доступными пищевыми продуктами и занимают значительную часть в рационе питания населения. Традиционно используемые ингредиенты в производстве мучных изделий для здорового питания – отруби, крупяные продукты, пищевые волокна обеспечивают снижение энергетической ценности изделий, но не оказывают влияние на метаболизм пищевых веществ в организме человека и регуляцию липогенеза.

Одним из перспективных сырьевых источников в технологии экструзионных и хлебобулочных изделий для здорового питания является экстракт гарцинии камбоджийской (ЭГК), содержащий биологически активное вещество – гидроксилимонную кислоту (ГЛК), влияющую на метаболизм углеводов и липидов в организме человека.

Степень разработанности темы. Разработкой и совершенствованием технологий экструзионных и хлебобулочных изделий профилактического назначения занимались известные ученые: Дубцов Г.Г., Ильина О.А., Иунихина В.С., Корячкина С.Я., Костюченко М.Н., Краус С.В., Магомедов Г.О., Малкина В.Д., Цыганова Т.Б., Черных В.Я., Mermtlstein Н.Н., Cauvain S. и другие исследователи. Однако исследований по разработке технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением натуральных биологически активных веществ для лиц с избыточной массой тела проводилось недостаточно.

Таким образом, разработка технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением экстракта гарцинии камбоджийской, способствующих снижению массы тела человека, является актуальной и направленной на улучшение здоровья населения.

Цель и задачи исследования. Целью исследования являлась разработка технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением экстракта гарцинии камбоджийской для достижения адекватного и допустимого уровней суточного потребления гидроксилимонной кислоты.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- обосновать применение экстракта гарцинии камбоджийской в технологиях экструзионных и хлебобулочных изделий;
- определить оптимальную дозировку экстракта гарцинии камбоджийской и режимы выработки экструзионных продуктов;
- исследовать влияние экструзионных продуктов на хлебопекарные и реологические свойства муки пшеничной хлебопекарной;
- исследовать влияние экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на качество хлеба из пшеничной муки;
- определить биологическое действие экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на метаболизм пищевых веществ;
- провести доклинические испытания экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на биохимические показатели крови и массу лабораторных животных;
- разработать техническую документацию на новые пищевые продукты и провести производственные испытания.

Научная новизна. Представлено научное и практическое обоснование применения экстракта гарцинии камбоджийской в технологиях экструзионных и хлебобулочных изделий, способствующего снижению избыточной массы тела посредством воздействия гидроксимионной кислоты на метаболизм углеводов и липидов в организме.

Экспериментально установлена сохранность гидроксимионной кислоты в экструдате, в процессе совместной экструзии с крупой высокоамилозного зерна кукурузы, обусловленная изоляцией гидроксимионной кислоты от внешнего воздействия путем ее встраивания в структуру матрицы клейстеризованного высокоамилозного крахмала.

По результатам микробиологических исследований выявлена зависимость повышения устойчивости хлеба к заболеванию картофельной болезнью от количества внесенного экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской, обусловленная деструктивным воздействием гидроксимионной кислоты на клетки спорообразующих бактерий рода *Bacillus*.

Определено влияние экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на сохранение свежести хлеба, обусловленное изменением структуры пористости изделий, заключающееся в увеличении эластичности и снижении общей деформации мякиша хлеба в процессе его хранения.

Впервые установлен механизм биологического действия экстракта гарцинии камбоджийской в пищевых средах, основанный на инактивации амилолитических ферментов гидроксимионной кислотой, что приводит к снижению концентрации моносахаридов, участвующих в синтезе триацилглицеринов.

Установлена зависимость снижения уровня атерогенных фракций липопротеидов в крови животных и их массы от введения в рацион питания экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской, обусловленная биологическим действием гидроксимионной кислоты на метаболизм пищевых веществ.

Теоретическая и практическая значимость. В диссертационную работу включены результаты исследований, выполненных по гранту Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых МД-4862.2016.11 «Исследование генетических источников и механизма формирования энзимрезистентных свойств высокоамилозного крахмала при разработке экструзионных профилактических пищевых продуктов из зерна гибридов кукурузы отечественной селекции».

Разработана техническая документация на экструзионные изделия «Облачко» (ТУ 9196-005-36818182-16) и хлебобулочные изделия «Гарциникум» (ТУ 9110-006-36818182-16).

Проведена апробация технологий в производственных условиях: экструзионных изделий - ООО «Агромин» (г. Минеральные Воды), хлебобулочных изделий - ПК «Минераловодский хлебокомбинат» (г. Минеральные Воды).

Теоретические и практические положения работы использованы в учебном процессе подготовки бакалавров по дисциплинам «Физико-химические основы и общие принципы переработки растительного сырья» и «Современные технологии производства продуктов питания специального назначения» по направлению подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья».

Расчетный экономический эффект от внедрения разработанных экструзионных изделий составил 34 тыс. рублей при реализации 100 кг продукции, хлебобулочных изделий – 15 тыс. рублей при реализации 1 тонны продукции.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологической основой исследований является комплексный подход к решению задач по разработке технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением экстракта гарцинии камбоджийской для достижения адекватного и допустимого уровней суточного потребления гидроксимионной кислоты, заключающийся в логической последовательности постановки эксперимента по определению свойств сырья, полуфабрикатов, готовых изделий, биологического действия гидроксимионной кислоты в пищевых средах, доклинических испытаний продукции с применением современных технологических решений, методов исследований и технического обеспечения.

Научные положения, выносимые на защиту:

- научное обоснование оптимального количества экстракта гарцинии камбоджийской в технологии экструзионных изделий;
- аналитический подход, подтвержденный применением метрических и неметрических мер сравнения, к определению необходимого количества экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в технологии хлебобулочных изделий;
- биологическое действие гидроксимионной кислоты, в составе экструзионного продукта, на метаболизм нутриентов в пищевых средах.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов работы подтверждается проведением экспериментов в лабораторных и производственных условиях, применением современных инструментальных методов исследования, статистической обработкой данных с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2013, Biostat 4.03, Statistica 6.0.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы опубликованы в трудах, доложены и обсуждены на международных хлебопекарных форумах (Москва, 2012, 2015), круглом столе: «Государственная политика в области производства продуктов здорового питания: законодательные и научные аспекты» (Москва, 2012), международных научно-практических конференциях «Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск, 2012, 2013), международном конгрессе «Питание и здоровье» (Москва, 2013), IV международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2014), всероссийской научно-практической конференции «Здоровье человека и экологически чистые продукты питания - 2014» (Орел, 2014), всероссийском форуме молодых ученых и студентов МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ) (Москва, 2014, 2015), региональной научно-практической конференции «Лечебное питание: актуальные вопросы» (Казань, 2015), XVI всероссийском конгрессе нутрициологов и диетологов с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Качество пищи» (Москва, 2016), международной специализированной выставке «Современное хлебопечение» (Москва, 2015-2017).

Публикации. По результатам научных исследований опубликовано 13 работ, в том числе 3 статьи в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 140 страниц основного текста, 38 рисунков и 21 таблицу. Список литературы включает 143 наименований, в том числе 24 иностранных источника.

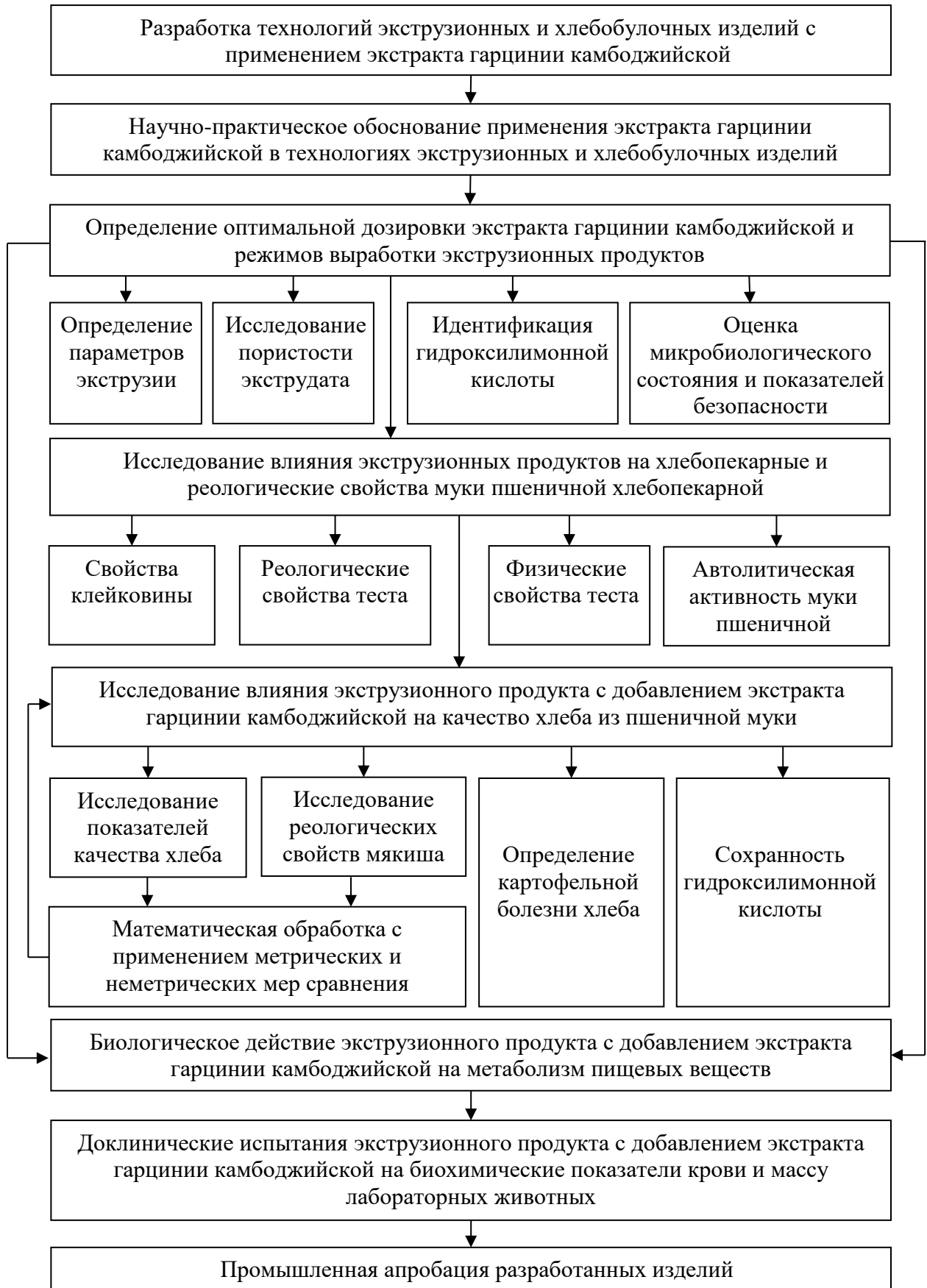


Рисунок 1 - Структурная схема исследований

1 Обзор литературы

1.1 Современные теории питания

Развитие техники и технологий в прошлом веке позволило отечественным ученым совершить множество открытий, в том числе в области физиологии питания и химизма пищи. Исходя из накопленных исследований, Покровский А.А. создал теорию сбалансированного питания, получившую продолжение в свете новых научных открытий и развития технологий.

Существуют основные теории питания:

- Теория сбалансированного питания;
- Теория адекватного питания;
- Теория рационального питания;
- Теория функционального питания [89, 112].

Теория сбалансированного питания. Была научно обоснована в 1964 г. академиком А.А. Покровским. Потребление пищи рассматривается как способ поддержания молекулярного состава организма, компенсирующее материальные и энергетические затраты новым поступлением пищи. Сбалансированное питание – это учет всего комплекса факторов питания, их взаимосвязи в обменных процессах, а также индивидуальности ферментных систем и химических превращений в организме.

Со временем концепция сбалансированного питания была подвергнута переоценке, в связи с получением новых результатов научных исследований в области физиологии пищеварения, биохимии пищи, микробиологии.

Теория адекватного питания. В разработку теории адекватного питания существенный вклад внес академик А.М. Уголев. Питание обусловлено не одним потоком полезных веществ из желудочно-кишечного тракта во внутреннюю среду организма, а несколькими потоками питательных и регуляторных веществ. Необходимыми компонентами пищи являются не только полезные, но и балластные вещества (пищевые волокна). Значительная роль в процессах пищеварения и всасывания питательных веществ принадлежит симбиотической

микрофлоре. Питательные вещества образуются из пищи при ферментативном расщеплении ее макромолекул за счет полостного и мембранного пищеварения, а также формирования в кишечнике новых химических компонентов, в том числе и незаменимых.

В основе теории лежат четыре принципиальных положения:

- пища усваивается как поглощающим ее организмом, так и населяющими его бактериями;
- приток нутриентов в организме обеспечивается за счет извлечения их из пищи и в результате деятельности бактерий, синтезирующих дополнительные питательные вещества;
- нормальное питание обуславливается не одним, а несколькими потоками питательных и регуляторных веществ;
- физиологически важными компонентами пищи являются балластные вещества, получившие название «пищевые волокна».

Под термином «пищевые волокна» объединяют биополимерные компоненты растительной пищи, к которым относятся неперевариваемые полисахариды, включающие целлюлозу, гемицеллюлозу, пектины (в нативном виде протопектины) и соединения полифенольной природы - лигнины. Целлюлоза и гемицеллюлоза являются практически нерастворимыми компонентами, тогда как пектиновые вещества и лигнины относятся к растворимым полимерам [67].

Теория рационального питания. Основывается на двух законах: соответствия энергозатрат энергопотреблению и обязательности потребления основных питательных веществ (жиров, белков, углеводов) в физиологически необходимых соотношениях, удовлетворяющих потребности человека в незаменимых компонентах питания. Нарушение любого из этих положений (недостаточное или избыточное потребление пищи или отдельных компонентов питания) неизбежно приводит к отрицательным изменениям пищевого статуса и, как следствие, - к алиментарно-зависимым заболеваниям. Теория была сформулирована проф. М.Н. Шатерниковым. В основе данной теории лежит принцип калорийности, который был впервые выдвинут в 1930 г. американскими

врачами Л. Ньюбургом и М. Джонстоном [112, 79]. Калорийность рассчитывают исходя из химического состава пищи, принимая 1г углеводов или 1г белков за 4 ккал, а 1г жиров за 9 ккал [91]. В сбалансированном по калорийности рационе белки должны составлять 10-15 %, жиры - не более 30 %, углеводы - 50-55 %. Энергия выделяемая при переваривании пищи, используется на механическую работу (сокращение мышц) и химическую (синтез новых молекул), часть энергии рассеивается в виде тепла. Для обеспечения энергетического равновесия потребление энергии с пищей должно соответствовать энергетическим тратам. Таким образом, суточные энергозатраты человека складываются из расхода энергии на:

- основной обмен - энергозатраты, необходимые для поддержания сердечной деятельности, дыхания, температуры тела и т.п. в состоянии относительного покоя, которые зависят от возраста, пола, массы тела, роста. На основной обмен приходится около 2/3 общих энергозатрат организма.
- усвоение пищи - это дополнительный расход энергии на переваривание, всасывание и усвоение пищевых веществ (главным образом белков, в значительно меньшей степени - углеводов и жиров), который составляет примерно 5-10 % от общих энергозатрат.
- физическую активность, поскольку любая умственная и физическая нагрузка, в том числе занятия физкультурой и спортом, требует дополнительных затрат энергии от 1000-1300 ккал в день и более.

Нарушение энергетического баланса, то есть соответствия калорийности питания энергозатратам организма, обычно приводит к нарушению здоровья и снижению продолжительности жизни. Переедание приводит к отложению значительных количеств жира, увеличению массы тела и развитию ожирения. Так, превышение калорийности рациона на 200 ккал в день способствует увеличению массы тела за год на 8-12 кг.

Важной составляющей рационального питания является соответствие химического состава рациона человека его физиологическим потребностям в пищевых веществах. Основными пищевыми веществами в рационе питания являются белки, жиры и углеводы.

Белки - являются основным пластическим материалом для построения всех клеток, тканей и органов человека, образования ферментов, гормонов и других соединений, регулирующих функции организма.

При дефиците белков нарушается образование ферментов и гормонов и, как следствие, нарушается работа сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, мочеполовой и других систем организма. Наряду с этим из белков формируются антитела, играющие защитную роль и обеспечивающие невосприимчивость человека к инфекциям. Белки также обезвреживают попавшие в организм человека яды и токсины, повышают устойчивость к стрессам [78].

Жиры - входят в состав всех клеток организма, откладываются в жировой ткани, являются источником энергии. Жир, поступивший в организм с пищей и синтезированный в организме при избыточно калорийном питании, откладывается в жировых депо в качестве энергетических запасов. Депонированные жиры расходуются при недостаточном питании или при полном голодании и поддерживают существование организма почти в течение месяца.

С жирами организм получает жирорастворимые витамины А, D, E, K, незаменимые жирные кислоты, фосфатиды, холестерин, холин. Жиры подразделяются на нейтральные жиры и жироподобные вещества (фосфолипиды, стерины). Нейтральные жиры состоят из глицерина и жирных кислот. Жирные кислоты бывают насыщенными, моно- и полиненасыщенными. В зависимости от источника пищевые жиры подразделяют на два вида: животного происхождения (масло сливочное, говяжий, свиной, бараний жиры и т.д.) и растительного (подсолнечное, кукурузное, оливковое, соевое и другие масла).

Во многих жирах животного происхождения содержится жироподобное вещество холестерин, который является нормальной составной частью большинства клеток организма и используется для образования биологически активных веществ, в том числе половых гормонов, гормонов надпочечников, желчных кислот.

Важной составной частью растительных масел являются фосфолипиды. Они входят в состав клеточных оболочек и влияют на их проницаемость, содержатся в большом количестве в мозге, нервных клетках.

Общее поступление жиров с пищей зависит от пола, возраста, характера труда, физической активности и составляет для здорового человека не более 30 % от общей калорийности рациона, или примерно 1 - 1,3 г жира на 1 кг массы тела, то есть для женщины с массой тела 60 кг оно составляет 60-80 г в сутки. При этом 2/3 должны составлять животные жиры, содержащиеся в продуктах, и 1/3 (то есть 20-25 г в сутки) - растительные масла [91, 97, 107, 110, 112].

Углеводы играют важную роль в обеспечении энергетических потребностей организма при всех видах физической нагрузки и по своей энергетической ценности равноценны белкам. Незначительная часть их откладывается в виде запасов (гликогена) в печени, мышцах и других тканях, они служат пластическим материалом, входят в состав многих гормонов, ферментов, протромбина и других биологически активных веществ.

Полисахариды состоят из многих молекул глюкозы и делятся на перевариваемые и неперевариваемые в желудочно-кишечном тракте человека. В первую группу входят крахмал растений (зерновые продукты, мука пшеничная и ржаная, хлеб и хлебобулочные изделия, крупы, макаронные изделия, бобовые, картофель) и гликоген, которые сравнительно легко расщепляются ферментами пищеварительной системы с образованием глюкозы. Крахмалы составляют около 80-90 % всех потребляемых углеводов.

К группе неперевариваемых полисахаридов относятся пищевые волокна, включающие целлюлозу (клетчатку), гемицеллюлозу, пектиновые вещества и др. Они участвуют в формировании объема съеденной пищи, способствуют возникновению во время еды чувства сытости, необходимы для нормального функционирования печени, желчного пузыря, кишечника, для предупреждения запоров, участвуют в удалении из организма конечных продуктов обмена. Кроме того, пищевые волокна поддерживают необходимый состав кишечной микрофлоры, без которой человеческий организм не может существовать -

являются пребиотиками. Недостаточное содержание пищевых волокон в рационе сопровождается функциональными нарушениями желудочно-кишечного тракта, дисбактериозами, развитием сердечно-сосудистых заболеваний, ожирения, сахарного диабета, желчнокаменной болезни, некоторых онкологических заболеваний [63, 82, 98].

Избыточное потребление легкоусвояемых углеводов является одной из ведущих причин развития избыточной массы тела и ожирения. Оптимальное количество углеводов употребляемых взрослым человеком - 55-60 % суточной калорийности рациона (300-500 г).

При увеличении физической нагрузки потребность в углеводах заметно возрастает (до 600-700 г в сутки), а при ее уменьшении - снижается. На долю сложных, медленно всасывающихся углеводов (крахмал, гликоген, пищевые волокна) должно приходиться 80-90 % от их общего количества. Доля рафинированных легкоусвояемых углеводов не должна составлять более 50 г в сутки (не более 10 % калорийности) [4, 34, 68, 91].

Теория функционального питания. Разрабатывается в последние три десятилетия в связи с получением новых данных в области метаболических аспектов фармакологии и токсикологии пищи. Концепция функционального питания возникла в начале 80-х гг. в Японии, где приобрели большую популярность функциональные продукты. По мере исследования химического состава продовольственного сырья и пищевых продуктов и выявления корреляционных зависимостей между содержанием в них отдельных микронутриентов и биологически активных веществ и состоянием здоровья населения был сформулирован новый взгляд на пищу как на средство профилактики и лечения некоторых заболеваний. Кроме того, последние успехи в биохимии, клеточной биологии, физиологии и патологии подтвердили гипотезу о том, что пища контролирует и моделирует различные функции организма. На основании изложенного была сформулирована концепция функционального питания и стала разрабатываться новая научная дисциплина - функциональная нутрициология. Все продукты позитивного (функционального) питания должны

содержать ингредиенты, придающие им функциональные свойства. Согласно теории Д. Поттера, на сегодняшнем этапе развития рынка эффективно используются 7 основных видов функциональных ингредиентов: пищевые волокна (растворимые и нерастворимые); витамины (А, группы В, D и т. д.); минеральные вещества (такие как кальций, железо); полиненасыщенные жиры (растительные масла, рыбий жир, омега-3-жирные кислоты); антиоксиданты: бета-каротин и витамины С, Е; олигосахариды (как субстрат для полезных бактерий), а также группа, включающая микро-элементы, бифидобактерии и др. [4, 69, 97, 112].

Под термином функциональное питание понимают пищевые продукты предназначенные для регулярного употребления в составе обычных пищевых рационов всеми группами здорового населения, полезные для здоровья, т.е. сохраняющие и улучшающие его состояние, снижающие риск развития связанных с питанием заболеваний, за счет наличия в их составе пищевых функциональных ингредиентов, обладающих способностью оказывать благоприятный эффект на одну или несколько физиологических функций, метаболических и/или поведенческих реакций организма человека [33, 110, 112].

Согласно ГОСТ Р 52349-2005 функциональный пищевой продукт - специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов.

Рассмотрев современные теории питания можно сделать вывод о важности правильного составления рациона питания, оказывающего преобладающее влияние на функционирование основных систем организма. Для увеличения продолжительности и качества жизни необходимо соблюдать принцип равновесия энергии, поступающей с пищей и затрачиваемой организмом в процессе жизнедеятельности.

1.2 Основные причины возникновения избыточной массы тела и ожирения

Негативная экологическая обстановка, урбанизация, малоподвижный образ жизни, изменение экологии способствуют ухудшению здоровья населения России. По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» важнейшими нарушениями питания населения являются:

- избыточное потребление животных жиров – способствуют развитию атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, инфарктов и инсультов, заболеваний печени и желчного пузыря, поджелудочной железы, приводит к возникновению метаболических нарушений в организме, к эндокринным расстройствам, в том числе к гипотиреозу, половым нарушениям, ожирению;
- дефицит полиненасыщенных жирных кислот - нарушение зрения, ускоренное старение организма, инсульты, астма, сердечные приступы, онкологические заболевания, ожирение, сахарный диабет, болезнь Альцгеймера;
- дефицит полноценных белков – нарушает образование ферментов и гормонов участвующих в работе опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой, мочеполовой и др. систем организма;
- дефицит витаминов – провоцирует развитие гиповитаминоза, ухудшением самочувствия, быстрой утомляемостью, снижением иммунитета, нарушением обмена веществ;
- дефицит минеральных веществ – негативно сказывается на течении биохимических процессов в организме, провоцируя развитие тяжелых заболеваний;
- дефицит пищевых волокон – провоцирует функциональные нарушения деятельности желудочно-кишечного тракта, дисбактериозы, ожирение, онкологические заболевания и др. [24, 44, 78].

Основные компоненты современной пищи (жир, сахар) способствуют накоплению жировой ткани в организме, приводящей к избыточной массе тела, и

впоследствии - ожирению. По данным ВОЗ ожирение является неинфекционной эпидемией, представляющую серьезный риск для здоровья [75, 107, 110].

Быстрое развитие техники и технологий в XX веке резко изменило образ жизни человека. Современная техника и технологии позволили механизировать основные процессы производства пищевых продуктов, что повысило их калорийность путем практически полной рафинации.

Исследователями установлено наличие прямой зависимости между степенью выраженности ожирения и клиническим статусом, тяжестью нарушения функционального состояния сердечно-сосудистой системы, частотой развития осложнений, риска развития артериальной гипертонии, инсулиннезависимого сахарного диабета, атеросклероза и ишемической болезни сердца. Первичные формы ожирения сопровождаются метаболическими нарушениями и патологическим функционированием репродуктивной системы. [11, 20, 32, 95].

Для диагностики ожирения и определения его степени применяется показатель индекса массы тела (ИМТ, или индекс Кеттле), определяемый по формуле:

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{Масса тела (кг)}}{\text{Рост (м)}^2}, \quad (1)$$

Таблица 1 – Показатели ИМТ

Классификация массы тела	ИМТ, кг/м ²	Риск сопутствующих заболеваний
Недостаточная масса тела	Менее 18,5	Низкий (повышается вероятность других клинических осложнений)
Нормальная масса тела	18,5-24,9	Средний
Избыточная масса тела	25,0-29,9	Умеренно повышенный
Ожирение I степени	30,0-34,9	Высокий
Ожирение II степени	35,0-39,9	Очень высокий
Ожирение III-IV степени	>40,0	Чрезвычайно высокий

Показатель ИМТ используется не только для диагностики ожирения, но и для определения риска развития сопутствующих ожирению заболеваний и определения тактики лечения больных ожирением.

По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» 40 % жителей трудоспособного возраста имеют избыточную массу тела и страдают ожирением. По прогнозам ВОЗ, к 2025 г. их доля увеличится вдвое. По данным на 2011 год 53,3 % населения России имели избыточный вес, 22,6 % - ожирение. Отмечено количественное различие в процентном соотношении по возрастным и территориальным показателям. Так, избыточную массу тела и ожирение имеют 17,8 % людей в возрасте 18-25 лет и 74,1 % в возрасте 55-75 лет. По показателю ИМТ наибольшим процентом населения с ИМТ более 25 кг/м² был отмечен Северо-Кавказский федеральный округ (58,6 %), а наименьший Приволжский федеральный округ (50 %) и Дальневосточный федеральный округ (50,3 %) [9].

Неправильное питание оказывает влияние на развитие 60 % эндокринных, 40 % сердечно-сосудистых и 30 % желудочно-кишечных заболеваний [41]. Подростки, страдающие ожирением, в 70-80 % случаях во взрослой жизни имеют избыточную массу тела. Профилактика детского ожирения позволяет предотвратить развитие сердечно-сосудистых заболеваний во взрослом возрасте [140]. Ожирение обусловлено увеличением массы тела и изменением резистентности к инсулину. Биохимические параметры крови свидетельствуют о возникающих метаболических нарушениях, таких как липидный обмен и обмен глюкозы. Ожирение приводит к увеличению концентрации в сыворотке крови: общего холестерина, липопротеидов низкой, очень низкой и промежуточной плотности, а также триглицеридов [79, 110].

Славинский А.В. с соавторами исследовали фактическое питание взрослого населения в зависимости от индекса массы тела. У людей с избыточной массой тела рацион характеризовался более высоким потреблением макронутриентов (белка на 7,6 %, жиров на 9,7 %, углеводов на 6,4 %) и энергии на 7,9 %. Тогда как у людей с ИМТ менее 18,5 рацион характеризовался сниженным содержанием макронутриентов (белка на 17,4 %, жиров на 16,3 %, углеводов на 12,3 %) и энергии на 12,3 %. Различия были более выражены среди респондентов от 18 до 29 лет [92].

Алексеевой Н.С. и Лобыкиной Е.Н проведен сравнительный анализ режима питания, структуры и частоты дополнительных приемов пищи у пациентов с избыточной массой тела и ожирением. Результат исследования показал, что при увеличении степени ожирения дополнительные приемы пищи встречаются чаще. В качестве перекусов используются продукты с высокой калорийностью. У пациентов с избыточной массой тела и ожирением наблюдалось увеличение калорийности суточного рациона за счет дополнительных приемов пищи [1].

Нарушение режима и структуры питания на текущем этапе развития человечества способствует накоплению избыточной массы тела, провоцирующей риск развития сопутствующих заболеваний. Количество людей с избыточной массой и ожирением неуклонно растет, что негативно сказывается на продолжительности и качестве жизни человека.

1.3 Способы снижения массы тела

На сегодняшний день существуют различные способы снижения массы тела: хирургическое вмешательство, медикаментозное лечение, повышенные физические нагрузки, диетотерапия.

Хирургический метод снижения массы тела назначается при ожирении с ИМТ более 40, осложнениями заболеваний и отсутствии положительных результатов снижения массы тела не хирургическими методами, а также в отсутствии противопоказаний у пациента. После хирургического вмешательства в организм человека у пациентов может возникнуть недостаточность питательных продуктов с компонентами мальабсорбции, у 70 % пациентов после операции обходного анастомоза желудка по Ру наблюдается комплекс нейрогормональных симптомов (покраснение лица, головокружение, пальпитация, утомляемость, диарея), при реструкции более 50 % страдают от тошноты и рвоты. Также имеется риск возникновения осложнений при операции [76, 142].

Существует четыре основных метода бариатрической хирургии:

- баллонирование проводится под наркозом: спящему пациенту через рот вводят специальную полую трубку, по которой спускают в желудок пустой тонкостенный пузырь из силикона, после установки, его наполняют водой до объема 500 миллилитров;
- бандажирование - вмешательство проводится под общим наркозом лапароскопически, вокруг желудка пациента оборачивают кольцо-бандаж, с трубкой соединяющейся с регулировочным портом расположенным в подкожной жировой клетчатке под ребрами;
- «рукавная гастрэктомия» - операция проводится лапароскопически под общим наркозом, желудок редуцируется, до трубки диаметром 1,2 см;
- билиопанкреатическое шунтирование - операция проводится лапароскопически под общим наркозом, через восемь проколов в брюшной полости хирург редуцирует желудок до объема 20-30 миллилитров, затем отрезает часть тонкой кишки, в которой происходит наибольшее всасывание калорий из пищи, и подшивает к желудку [88, 115, 116].

При медикаментозном лечении используют препараты с различными методами действия:

- подавление аппетита;
- усиление обмена веществ в организме;
- влияние на способность организма усваивать из пищи определенные питательные вещества;
- препараты центрального действия, называемые анорексиками, предназначены для подавления аппетита.

Одной из современных методик снижения массы тела является использование медикаментозных препаратов наряду с физической активностью и контролем посредством внесения в дневник пациентом показателей артериального давления, суточного калоража, и массы тела [2].

В комплексной терапии снижения массы тела также применяют ударные волны, при помощи радиального ударно-волнового аппарата [13].

При терапевтическом лечении ожирения применяют вариант диеты с пониженной калорийностью, ограничивающую употребление легко усвояемых углеводов, животных жиров, калорийность рациона должна составлять (1600-1900 ккал/сутки), а также количество свободной жидкости до 1 - 1,2 л/сутки. Рацион содержит 100-110 г белков, 80-90 г жира, 120-150 г углеводов ежедневно, предпочтительна замена большей части животных жиров растительными, но не полный отказ от них. Снижение показателя массы тела у больных с абдоминальным ожирением происходит в основном за счет жирового компонента, способствуя снижению риска заболеваний связанных с излишним весом и улучшая метаболические показатели. Терапевтическое лечение заключается в применении индивидуальной гипокалорийной высокобелковой диеты в течение 3-12 месяцев в амбулаторных условиях [25].

Организм пациента, получающего разгрузочно-диетическую терапию, проходит несколько этапов перестройки обмена веществ. Первый этап проходит 1-3 дня, в течение этого времени наблюдается периодическая деятельность желудочно-кишечного тракта. В пищеварительный тракт секретятся ферменты и соки, которые используются в метаболизме. Во вторую стадию голодания (4-6 дней) для поддержания жизнедеятельности происходит распад менее важных тканей, в организме возникает интоксикация. Постоянная желудочная секреция активизирует к работе нижележащие пищеварительные органы. В организме накапливаются кетоновые тела. Третья стадия отмечается включением адаптивных и компенсаторных механизмов. Организм использует кетоновые тела для питания сердца, желез внутренней секреции, мозга. Таким образом, на 7-10 день наступает ацидотический криз, после чего состояние пациента улучшается. После разгрузочно-диетической терапии наступает очень важный период - восстановительный. Он длится столько дней, сколько голодал пациент. Он получает сначала разбавленные соки, жидкие вязкие каши, сыворотку и т.д. После восстановительного периода и назначения индивидуальной диеты для полного восстановления обмена веществ рекомендуется применение биологически активных добавок для коррекции диеты [70].

Повышенные физические нагрузки так же применяются для снижения массы тела. Расход энергии при физических нагрузках увеличивается в несколько раз. Соответственно увеличивается и образование энергии, которое происходит в митохондриях мышц за счет окисления углеводов и жиров. У здоровых людей использование того или иного субстрата в качестве источника энергии зависит от таких факторов, как питание, содержание гликогена в мышцах, интенсивности и продолжительности физических нагрузках, уровня физической тренированности. Интенсивность физических нагрузок является наиболее важным фактором, определяющим утилизацию жиров и углеводов. При выполнении физической нагрузки низкой интенсивности более половины энергии образуется за счет окисления жиров, а по мере увеличения интенсивности физической нагрузки доля жира в образовании энергии прогрессивно уменьшается [12].

Наиболее доступным и естественным методом снижения избыточной массы тела за счет жировой ткани являются ограничительные диеты. Веществами способствующими ускорению и упрощению снижения массы тела могут служить биологически активные добавки к пище – природные и (или) идентичные природным биологически активные вещества, а также пробиотические микроорганизмы, предназначенные для употребления одновременно с пищей или введения в состав пищевой продукции. Биологически активные добавки реализуется населению как нелекарственный препарат в свободной форме, без ограничений. В виду доступности в продаже, а также активной маркетинговой деятельности производителей, биологически активные добавки пользуются большим спросом [17].

Скорости окисления жиров, белков и углеводов носят разнонаправленный, индивидуальный характер для каждого пациента. Исходя из этого, при составлении диетотерапии следует учитывать комплекс метаболических показателей конкретного человека [79, 91, 110].

Потребность в пищевых волокнах взрослого человека в зависимости от возраста и физиологии составляет 25-30 г/сутки. Повышение доли пищевых волокон в рационе может быть достигнуто внесением муки грубого помола,

отрубей, волокон в чистом виде. Дефицит пищевых волокон в рационе является риском для заболеваний пищеварительной и сердечно-сосудистых систем. Употребление пищевых волокон в оптимальных количествах положительно влияет на обмен веществ в организме, выведение токсинов, ослабление и прекращение течения ряда болезней [5, 43, 53].

Лечебное и профилактическое питание в медицинских учреждениях может быть скорректировано за счет добавления к обычному рациону следующих источников пищи: специализированных пищевых продуктов, биологически активных добавок к пище и продуктов диетического питания [31]. Диетическое питание назначается пациенту уже во время оказания амбулаторной помощи, что позволяет уменьшить риск развития алиментарно-зависимых заболеваний [45, 87].

Снижение энергетической ценности пищи и стремление к отрицательным значениям энергетического баланса является главным принципом диетотерапии ожирения. Снижение энергетической плотности пищи без строгих ограничений размера порций, один из альтернативных методов борьбы с лишним весом тела. Диеты с низкой энергетической плотностью повышают насыщение и удовлетворение от приема пищи, эффективно корректируют показатели состава тела, уменьшают чувство голода [76, 87, 97].

Рассмотрев современные подходы к снижению массы тела, можно рекомендовать в качестве мер по борьбе с избыточной массой тела для широкого круга лиц использовать в рационе продукты, содержащие пищевые волокна и биологически активные вещества, регулирующие метаболизм нутриентов в организме.

1.4 Биологически активные добавки и пищевые продукты для лиц с избыточной массой тела

Многими исследователями [22, 23, 29, 33, 99, 100] ведется разработка обогащенных пищевых продуктов, в том числе продуктов, направленных на снижение массы тела.

К продукции предназначенной для снижения массы тела относятся и биологически активные добавки (БАД). БАД "Вита Плант №16 для снижения веса" содержит цветки и листья таволги, хвощ полевой, листья ясеня, фукус пузырчатый, розмарин лекарственный, листья оливкового дерева, кожица и экстракт косточек красного винограда. Результаты исследований свидетельствуют об эффективности применения БАД на фоне низкокалорийной диеты в качестве дополнительного источника флавоноидов и других биологически активных веществ больным с ожирением и избыточной массой тела [35].

Уровень глюкозы в крови – основной показатель углеводного баланса, нарушение которого способствует развитию ожирения, диабета и других заболеваний. Одним из способов снижения и профилактики избыточной массы тела является употребление продуктов питания с низким гликемическим индексом. Комплексная пищевая добавка Люцентин на основе ингибитора гликозидаз (штамм *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ас-1743) и мальтодекстрина, при производстве хлеба в дозировке 1 г/кг муки уменьшает количество глюкозы на 20,30 % без изменения технологических и качественных параметров готовой продукции [108, 110].

Использование зерна кукурузы в качестве основы для производства биологически активных добавок широко применяется в исследованиях отечественных ученых. БАД «Кукурузка», полученная из обезжиренных зародышей кукурузы рекомендуется к применению в составе комплексного эмульгатора, в том числе при производстве диетических низкокалорийных майонезных соусов [93].

Ассортимент продукции для лиц с избыточной массой тела включает хлебобулочные изделия, мясные и молочные продукты, напитки.

Главным принципом моделирования рецептуры хлебобулочной продукции является гарантия ее безопасности (повышение микробиологической деkontаминации) и достижение заданных потребительских характеристик при оптимальных параметрах технологических процессов. В рецептуру изделий важно включать натуральные продукты и не использовать синтетические ингредиенты. Хлебобулочные изделия с функциональными свойствами разрабатываются с

учетом обоснованного количественного соотношения рецептурных компонентов.

В НИИ хлебопекарной промышленности разработан ассортимент хлебобулочных изделий диабетического назначения с учетом современных требований диетотерапии [46].

Ячменная мука характеризуется низким гликемическим индексом за счет присутствия растворимого пищевого волокна - β -глюкана. Использование ингредиентов содержащих β -глюкан позволяет снизить гликемический индекс крахмалосодержащих продуктов, уровень липидов и холестерина крови. Результаты клинических испытаний хлебобулочных изделий с ячменной мукой подтвердили низкий гликемический индекс - 55,5 %. Использование в питании больных сахарным диабетом второго типа хлебобулочных изделий с ячменной мукой способствует снижению гликемического индекса диеты с целью уменьшения риска развития сосудистых осложнений при этом заболевании [99].

Бетулинсодержащий экстракт бересты имеет повышенную антиоксидантную активность, обусловленную связыванием активных форм кислорода и регулированием ферментной системы антиоксидантной защиты организма, что способствует снижению окислительного стресса больных сахарным диабетом 2 типа. Сочетание антиоксидантных и антимикробных свойств, также способствует повышению срока годности пищевой продукции. Наилучшим эффектом воздействия на клинико-физиологические показатели и постпрандиальную гликемию оказал хлеб с бетулинсодержащим экстрактом бересты, приготовленный опарным способом, хлебные палочки с тонкодисперсным порошком из топинамбура и хлебные палочки с порошками из тыквы и яблок, что позволяет рекомендовать данные изделия для диабетического профилактического питания [23].

Устиновой О.В. разработаны рецептуры хлеба «Похудейка» и галет «Худышка» из смеси муки пшеничной, овсяной и гречневой в соотношениях: 75 %, 12 %, 12,5 % соответственно с внесением отвара фенхеля и сушеного укропа. Разработанные изделия обладают высокой пищевой ценностью и по степени удовлетворения суточной потребности в полноценных белках, витаминов Е,

группы В, минеральных веществ Fe, P, Zn, пищевых волокнах. Применение хлеба «Похудейка» в диетотерапии лиц с избыточной массой тела, заключается в коррекции массы тела, стабилизации вегетативного статуса, снижении артериального давления и пульса [100].

Бунина О.Ю. разработала «Пищевую чесночную добавку» состоящую из 24 % чеснока, 71 % подсолнечного масла и 5 % лецитина. Внесение добавки в технологию мясопродуктов позволило разработать изделие «Колбасу вареную профилактическую», введение в рацион разработанного мясопродукта нормализует обмен веществ, в том числе и в организме с избыточной массой тела [22].

Исследователями разработана добавка содержащая экстракт виноградных выжимок и экструдат высокоамилозной кукурузы. При употреблении хлеба с внесением разработанной добавки в количестве 5 %, в сыворотке крови лабораторных животных установлено снижение общего содержания холестерина (на 12 %) и уровня триацилглицеринов (на 4,3 %). Таким образом разработанная добавка может быть рекомендована в пищу для снижения массы тела [59].

Для повышения диетической ценности пищевых продуктов производят обогащение концентратами пищевых волокон. Источниками пищевых волокон являются пектин, β -глюкан, инулин, целлюлоза, комплексы растворимых и нерастворимых волокон свеклы, яблок и др. Введение в рецептуру хлебобулочных изделий пектиновых веществ улучшает качество изделий, показатели процессов брожения, расстойки, выпечки и хранения, а также повышает выход продукции, обогащает пищевыми волокнами, йодом, кальцием [33, 43, 77, 67, 94, 96].

Добавление концентрата овсяных пищевых волокон и эмульгаторов на основе эфиров сахарозы позволяет обогащать изделия пищевыми волокнами, не ухудшая показатели качества хлеба [19]. Внесение в рецептуру крахмалосодержащих и сахаросодержащих продуктов, в частности манного пудинга и пшенной запеканки тыквенного порошка в количестве 1,5-2,5 % позволяет увеличить содержание пищевых волокон, микро- и макроэлементов, сокращает калорийность и улучшает органолептические показатели [7, 8]. Инулин

– природный полисахарид, содержащийся во многих растениях, наибольшими по содержанию считаются корневища цикория и скорцонеры, клубни топинамбура. Являясь низкокалорийным углеводом широко применяется в производстве продуктов диабетического питания как продукт с низким гликемическим индексом. Положительно влияет на нормализацию транзиторной функции кишечника, служит питательным субстратом для микрофлоры кишечника, улучшая локальный иммунитет и всасывание полезных веществ. Инулин имеет нейтральный цвет и вкус, а способность образовывать с водой гели позволяет использовать его в технологических целях в качестве заменителя жира, обеспечивая снижение калорийности и повышение пищевой ценности [5, 29, 37, 53, 60, 77].

Таким образом существует значительное количество ингредиентов, на основе которых разработаны биологически активные добавки и пищевые продукты, употребление которых способствует нормализации обмена веществ в организме.

1.5 Применение гарцинии камбоджийской в питании

Гарциния камбоджийская (лат. *Garcinia gūmī-gūttā*) - вечнозелёное тропическое растение семейства Guttiferae произрастающее в Индии, Индонезии, Южной Азии и Африке. Небольшое или среднее дерево с округлой кроной, горизонтальными или опускающимися ветвями, листьями темно-зеленого цвета, эллиптической формы, длиной 5 - 12 см и шириной 2 - 7 см. Дерево устойчиво к засухе в жаркое время года. Плоды желтого, оранжевого или красного цвета, яйцевидной формы, около 5 сантиметров в диаметре, весом 21-85 г, содержат 6-8 семян. Цветение начинается во время жаркого сезона, а созревают плоды в период дождей. Плоды съедобные, кислые, высушенную кожуру используют в качестве приправы [134, 141, 143].

На рисунке 2 представлены плоды, соцветия, листья и ветвь гарцинии камбоджийской.



Рисунок 2 - Гарциния камбоджийская (лат. *Garcinia gūm̄mi-gū̄tta*)

В высушенных корках плодов гарцинии камбоджийской гидроксимилимонная кислота содержится в количестве 20-30 %, и используется для кулинарных целей и широко распространена в продаже в Индии.

Исследователем Renu Pandey разработан и опробован метод определения содержания двадцати шести биологически активных компонентов в одиннадцати видах гарцинии с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии. Исследование выявило, преимущественное содержание органических кислот в экстрактах *G. cowa*, *G. echinocarpa*, *G. gummigutta*, *G. hombroniana* и *G. indica*. В таблице

Таблица 2 представлены традиционные способы применения в медицинских целях и основные лечебные свойства различных видов гарцинии.

Таблица 2 - Применение различных видов гарцинии в медицинских целях

Виды гарцинии	Традиционное использование в медицинских целях	Лечебное действие
<i>Garcinia cowa</i>	Используется как отхаркивающее средство, слабительное, антисептическое и жаропонижающее средство	Антибактериальное, противомаларийное, противоопухолевое, противовоспалительное, цитотоксическое и антиоксидантное
<i>Garcinia gummigutta</i> (Гарциния камбоджийская)	Используется как вяжущее, успокаивающее средство, способствует снижению ожирения	Противовоспалительное, противоязвенное, гиполипидемическое, антиадипогенное
<i>Garcinia hombroniana</i>	Используется при лечении боли в животе, дизентерии, диареи, нагноения,	Противораковое, противогрибковое, антибактериальное, антиоксидантное, противотуберкулезное
<i>Garcinia indica</i>	Используется как антигельминтика, кардиотоническая и излечивает язву, ревматические боли, ожоги, сыпь, груды, диарею, дизентерию, жалобы на сердце и кишечник	Антиоксидантное, антимикробное, смягчающее и антиканцерогенное
<i>Garcinia mangostana</i>	Используется при лечении дизентерии, диареи, микозов, инфекций кожи, холеры, воспаления и лихорадки	Антиоксиданты, антибактериальные, противоопухолевые, противовоспалительные
<i>Garcinia morella</i>	Используется при лечении дизентерии, гастрита, усталости, кипения, жжения, головокружения	Противоопухолевое, антибактериальное и цитотоксическое
<i>Garcinia xanthochymus</i>	Используется для лечения дизентерии и диареи	Антиоксидантное, цитотоксическое, противоопухолевое, противовоспалительное и противомикробное

Многофакторный анализ выявил значительные химические различия среди изученных видов гарцинии.

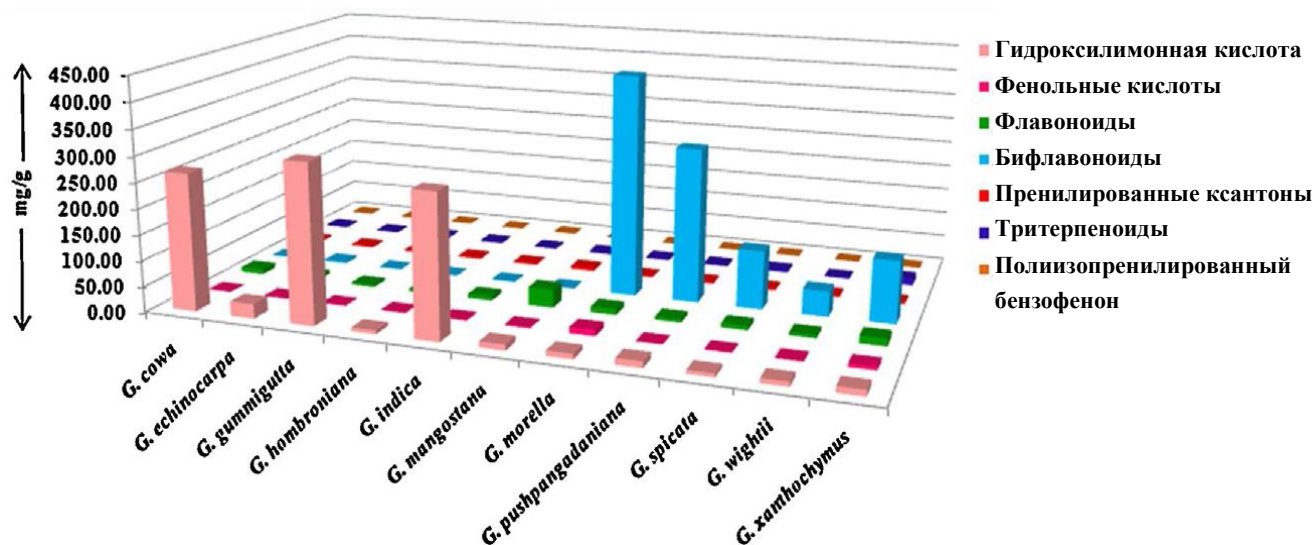


Рисунок 3 - Общее содержание (мг/г): органических кислот, фенольных кислот, флавоноидов, бифлавоноидов, пренилированных ксантонов, тритерпеноидов и полиизопренилированного бензофенона

Из данных представленных на рисунке 3 видно, что максимальным показателем содержания гидроксилимонной кислоты является вид гарцинии камбоджийской [135].

На рисунке 4 представлена модель молекулы гидроксилимонной кислоты.

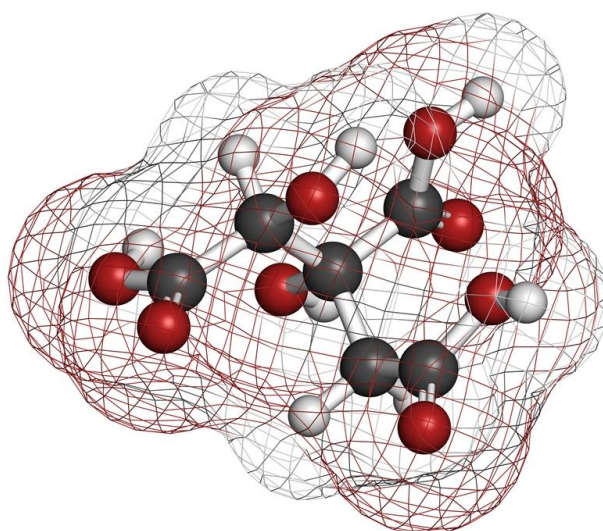


Рисунок 4 - Молекула гидроксилимонной кислоты

Для получения экстракта с высоким содержанием гидроксилимонной кислоты из плодов гарцинии камбоджийской используют различные методы экстракции.

Метод основан на нейтрализации концентрированного экстракта кислоты в спирте КОН, что приводит к разделению калиевой соли в качестве тяжелой маслянистой жидкости, которую очищают от примесей путем многократной промывки спиртом. Растворы очищенной калийной соли превращают в свободную кислоту на катионообменной колонке. Выпаривание водного раствора кислоты позволяет получить лактон (циклический сложный эфир) ГЛК.

Существует альтернативный метод основанный на извлечении из плодов ГЛК ацетоном. Экстракт с ацетоном концентрируют и растворяют кислоту в воде. При испарении водного раствора выделяется кристаллический лактон ГЛК.

Лактон, полученный любым из указанных выше методов, дополнительно очищают с помощью экстракции эфиром (1 г / 20 мл) в виде нескольких порций. Растворенный в эфире материал концентрируют до одной четвертой объема, добавляя при перемешивании равный объем сухого хлороформа. При отстаивании лактон кристаллизуется и высушивается в вакууме [129].

Плоды гарцинии камбоджийской исторически используются для лечения язв желудка. В исследованиях [134] указывается, что лечебное действие обусловлено наличием одного из компонентов этого растения - гарцинола. Известно, что гарцинол снижает кислотность желудка и защищает слизистую желудка. Способность компонента гарцинии камбоджийской - гидроксимилимонной кислоты снижать уровень липидов и холестерина в крови еще одна особенность этого растения. Имеются данные, что плоды гарцинии камбоджийской защищают печень от внешних токсинов. Исследование показало, что активные вещества, содержащиеся в плодах предотвратили фиброз клеток печени и прекратили повреждение клеток, вызванное высоким уровнем липидов в крови [134].

В связи с гигроскопичностью и термочувствительностью гидроксимилимонной кислоты исследователями [119] было принято решение микрокапсулировать экстракт гарцинии камбоджийской тремя различными оболочками: изолятом сывороточного белка, мальтодекстрином и комбинацией изолята сывороточного белка и мальтодекстрина (в соотношении 1:1) путем лиофильной сушки при концентрации 30 %. Микроинкапсулированные порошки оценивали по их влиянию

на качество хлеба и концентрацию свободной ГЛК. Анализ с помощью ВЭЖХ показал, что все три инкапсулята показали хорошие показатели восстановления ГЛК - ГЛК (более 85 %) и ГЛК с лактоном ГЛК (более 90 %) [119].

На данный момент на рынке широко представлены продукты, обогащенные экстрактом гарцинии камбоджийской. В основном это биологически активные добавки, а также каши, быстрорастворимые напитки и питательные батончики. Одним из продуктов биологически активных добавок является препарат для коррекции массы тела "Юнона", содержащий в составе экстракты эхинацеи, зверобоя, полыни, крушины, малины, витамины В₁ и В₆. Биологически активная добавка "Нефертити" содержит в своем составе экстракты гарцинии камбоджийской, малины, бромелайн, джемнему, йодат калия и применяется непосредственно для снижения массы тела и биологически активная добавка "Констанция" предназначена для закрепления результатов применения предыдущих биологически активных добавок и содержит экстракты зверобоя и тысячелистника, а также комплекс витаминов и минералов [38].

На рисунках 5 и 6 представлена продукция с содержанием ЭГК.



Рисунок 5 - БАД с содержанием экстракта гарцинии камбоджийской



Рисунок 6 - Продукция с содержанием экстракта гарцинии камбоджийской

В настоящее время применение биодобавок спорно и неоднозначно. Существуют несколько групп риска при продолжительном и бесконтрольном приеме БАД:

- воздействие БАД на организм человека не изучено или изучено недостаточно;
- побочное действие БАД на организм человека;
- отсутствие клинических испытаний, для подтверждения сочетаемости компонентов входящих в состав БАД и их воздействие на организм человека;
- отсутствие рекомендаций по применению с другими БАД или лекарственными препаратами. В следствии чего возможна передозировка отдельными компонентами БАД или непредсказуемое взаимодействие с лекарственными препаратами;
- недостаточная компетентность врача, рекомендующего принимать БАД или самостоятельное назначение.

Пищевые добавки, содержащие гидроксимионную кислоту, состоят из различных солей, в том числе натрия, кальция, калия, магния или их комбинаций. В зависимости от вида используемой соли и новизны процесса экстракции, растворимость, биодоступность, биоэффективность и содержание лактона может существенно различаться. Растворимость, может варьироваться от 100 % до 50 %, в то время как содержание лактона может быть в диапазоне от 0 % до 70 %. В зависимости от лактона и соли содержащейся в ГЛК, токсичность может изменяться [117]. Рекомендуется применять экстракт, содержащий не менее 50 % ГЛК и не состоящий полностью из солей кальция, необходимо наличие калия и / или магния. Обязательным условием является прием препарата в адекватной дозировке, рекомендуется принимать препарат на пустой желудок за 30-60 минут до приема пищи, 3 раза в день [134].

Young-Je Kim с коллегами исследовали долгосрочные последствия употребления гарцинии камбоджийской в качестве добавки способствующей потере веса, на ожирение и безалкогольную жировую болезнь печени страдающих ожирением мышей. В течение 16 недель мышей, страдающих ожирением,

содержали на диете с высоким количеством жиров. Калорийность высокожировой диеты распределялась следующим образом: на долю жира приходилось 45 % калорийности рациона, белка - 20 %, углеводов – 35 %. Животные имели свободный доступ к пище и дистиллированной воде, потребление пищи и массу тела измеряли ежедневно. Дополнительный прием гарцинии камбоджийской значительно снижал накопления висцерального жира с помощью ингибирования синтазы жирных кислот. Увеличилось накопление коллагена в печени, перекисное окисление липидов связанных с окислительным стрессом и воспалительных реакций. Гарциния камбоджийская защищает от диеты высоко жирового - индуцированного ожирения путем регулирования синтеза жировой ткани жирными кислотами и β -окислением [125].

Гидроксимионная кислота является мощным ингибитором АТФ-цитратлиазы, которая катализирует экстрамитохондриальное расщепление цитрата до оксалоацетата и ацетил-СоА, ограничивает доступность единиц ацетил-СоА, необходимых для синтеза жирных кислот. Многие исследования демонстрируют как *in vitro*, так и *in vivo*, что ГЛК подавляет синтез жирных кислот *de novo*. Исследования на животных показали, что ГЛК вызывает потерю веса. Более того, он увеличивает скорость синтеза гликогена в печени и уменьшает прирост массы тела. Несмотря на то, что были проведены некоторые исследования по регулированию ГЛК по метаболизму липидов у крыс и мышей, основные механизмы этой физиологической роли ГЛК не полностью понятны [124, 126].

Подтверждено положительное влияние гарцинии камбоджийской при снижении веса и профилактики накопления висцерального жира. Объектами исследования являлись люди в возрасте от 20 до 65 лет, с площадью висцерального жира 90 см². Испытуемых разделили на две группы: принимающих плацебо и экстракт гарцинии камбоджийской содержащий 1000 мг гидроксимионной кислоты, исследование длилось 12 недель. По окончании исследования обе группы в течении 4 недель принимали плацебо для определения стабильности полученных данных. В результате, у группы, принимавшей гидроксимионную кислоту не было набора веса от 12 до 16 недели [122].

Показано, что одной из перспективных добавок в технологии пищевых продуктов для здорового питания является экстракт гарцинии камбоджийской. Плоды гарцинии камбоджийской содержат значительное количество гидроксимионной кислоты, замедляющей энзиматические процессы преобразования углеводов в организме.

Заключение по обзору литературы

Рассмотрев современные теории питания можно рекомендовать для лиц с избыточной массой тела использовать в рационе продукты, содержащие пищевые волокна и биологически активные вещества, регулирующие метаболизм нутриентов в организме.

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников показал, что гидроксимионная кислота, содержащаяся в плодах гарцинии камбоджийской, является активным компонентом, участвующим в пищеварении и угнетающим липогенез в организме человека.

Одним из эффективных способов введения в организм человека гидроксимионной кислоты является использование её в производстве продуктов массового потребления. Экстракт гарцинии камбоджийской, широко используется при производстве БАД и фармацевтических препаратов, однако данных по его применению в производстве экструзионных и хлебобулочных изделий недостаточно.

Применение ЭГК в технологии мучных изделий позволит расширить ассортимент продуктов направленных на снижение массы тела, что является современным и актуальным.

2 Экспериментальная часть

2.1 Материалы исследований

Исследования проведены в лабораториях кафедры «Технологии переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»; ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности; ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»; в лабораториях кафедры «Технология продуктов питания и товароведения» и Центре коллективного пользования научным оборудованием ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске); лаборатории «Корма и обмен веществ» ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

В исследованиях применяли:

- зерно кукурузы гибрида Бештау;
- экстракт гарцинии камбоджийской (свидетельство о государственной регистрации RU.77.99.11.003.E.044570.08.11, экспертное заключение НИИ питания №72/Э-598/б-11 от 23.06.2011 г.);
- муку пшеничную хлебопекарную первого сорта (ГОСТ Р 52189-2003);
- дрожжи прессованные хлебопекарные (ГОСТ Р 54731 – 2011);
- соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574-2000);
- сахар белый (ГОСТ 33222-2015);
- масло подсолнечное рафинированное дезодорированное (ГОСТ Р 52465-2005);
- воду питьевую (СанПиН 2.1.4.1074-01).

Зерно кукурузы гибрида Бештау селекции ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск), рекомендованного для возделывания в Северо-Кавказском федеральном округе. Гибрид Бештау отличается улучшенным химическим составом зерна, повышенной урожайностью и адаптационной способностью к изменяющимся внешним условиям. Хозяйственная ценность гибрида заключается в его выравненности,

отличном товарном виде, повышенной устойчивости к основным болезням и вредителям. Гибрид внесен в государственный реестр селекционных достижений РФ в 2011 году. Товарное зерно гибрида - зубовидное, желтого цвета [58]. Химический состав зерна кукурузы представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав зерна гибрида кукурузы Бештау

Содержание пищевых веществ, %					
вода	белок	липиды	крахмал	сахар	клетчатка
8,2	8,17	3,95	69,85	2,28	1,12

Гарциния Камбоджийская (*Garcinia Cambogia*) - плоды большого вечнозеленого дерева гарцинии камбоджийской традиционно используется в приготовлении пищевых продуктов. Произрастает в Юго-Восточной Азии, Индии, Западной и Центральной Африке, преимущественно во влажных тропических лесах. При благоприятных условиях растение способно давать до двух урожаев в год. Гарциния камбоджийская является одним из 50 видов гарцинии. Плод выглядит как небольшая тыква зеленого либо светло-желтого цвета. Покров тонкой кожурой, мякоть - в виде вертикальных долей, благодаря чему имеет сходство с цитрусовыми плодами [134]. На рисунке 7 представлен экстракт гарцинии камбоджийской.



Рисунок 7 - Экстракт гарцинии камбоджийской

2.2 Методы исследования сырья

Для исследования свойств и показателей качества сырья, экструдатов и хлебобулочных изделий использовали общепринятые методы определения органолептических и физико-химических показателей, а также специальные методы, изложенные в тексте диссертации.

Муку пшеничную первого сорта анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям:

- Органолептические показатели муки - цвет, запах, вкус и хруст определяли по методам, изложенным в ГОСТ 27558-87;
- Влажность муки определяли по методу, представленному в ГОСТ 9404-88;
- Кислотность муки определяли по болтушке в соответствии с ГОСТ 27493-87;
- Массовую долю сырой клейковины определяли после её отмывания в соответствии с ГОСТ 27839-88, качество сырой клейковины оценивали по сопротивлению деформирующей нагрузке сжатия на приборе ИДК-1М;
- Число падения определяли по методу, представленному в ГОСТ 27676-88 на приборе ПЧП-3;
- Вязкость исследуемых образцов муки определяли на приборе амилограф (фирмы «Brabender») в соответствии с ГОСТ ISO 7973-2013.
- Газообразующую и газодерживающую способность теста определяли на приборе реоферментометр (фирмы «Chopin») в соответствии с руководством к прибору;
- Физические характеристики теста из муки исследовали на приборах: альвеограф – ГОСТ Р 51415-99 и фаринограф – ГОСТ ISO 5530-1-2013;
- Оценку хлебопекарных свойств муки проводили по методу пробной лабораторной выпечки согласно ГОСТ 27669-88;
- Дрожжи прессованные анализировали в соответствии с ГОСТ Р 54731 - 2011.

Экстракт гарцинии камбоджийской анализировали по органолептическим (цвет, вкус, запах) и физико-химическим показателям [71, 72]:

- Органолептические показатели экстракта - цвет, вкус, запах;

- Влажность определяли высушиванием в сушильном шкафу СЭШ-1 при 130 °С в течение 40 мин и выражали в процентах;
- Содержание гидроксимионной кислоты определяли по методу, изложенному в руководстве по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище (Р4.1.1672-03). Использовали следующее оборудование: хроматограф жидкостный (ВЭЖХ) модель “Agilent 1100” детектор «VWD»; рН-метр лабораторный “Mettler Toledo” модель «MP220»; весы электронные “OHAUS” модель «E11140»

Экструдаты анализировали по показателям:

- Органолептические показатели экструдата определяли по ГОСТ 15113.3-77;
- Влажность экструдатов определяли по методу, представленному в ГОСТ 9404-88;
- Кислотность экструдатов определяли по методу, приведенному ГОСТ 5670-96.
- Определение влагоудерживающей способности экструдатов, определяли центрифугированием набухшей навески измельченных гранул при 3000 об/мин в течение 15 мин по формуле:

$$B = \frac{c - b}{a} \cdot 100, \quad (2)$$

где c - масса центрифужной пробирки, г;

b - масса центрифужной пробирки с набухшим экструдатом, г;

a - навеска экструдата, г

- Определение набухаемости экструдатов определяли следующим образом: навеску измельченного образца массой 5 г смешивали в мерном цилиндре с дистиллированной водой, доводили объем смеси до 100 мл и оставляли на 24 часа для набухания, после чего измеряли объем набухшего продукта (в мл), набухаемость рассчитывали по формуле (мл/г):

$$H = \frac{V}{m}, \quad (3)$$

где V - объем набухшего материала в цилиндре, мл;

m - масса навески, г

- Определение жироудерживающей способности экструдатов определяли центрифугированием набухшей навески измельченных гранул (0,5 г) в 3 г растительного масла при 4000 об/мин в течение 15 мин по формуле:

$$A = \frac{m_{\text{погл. масла}}}{m_{\text{сух. в-ва}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $m_{\text{погл. масла}}$ – масса поглощенного масла, г;

$m_{\text{сух. в-ва}}$ – масса сухого вещества, г

- Определение объёмной массы экструдатов определяли путем заполнения, исследуемым образцом специального мерного стакана объемом 1 дм³. Избыток экструдата удаляли сухой плоской металлической пластинкой и взвешивали. Объёмную массу вычисляли по формуле:

$$M = \frac{c - t}{V}, \quad (5)$$

где c - масса мерного стакана, заполненного экструдатом, г;

t - масса пустого мерного стакана, г;

V - объем мерного стакана, дм³.

- Определение коэффициента расширения экструдатов определяли как отношение площади поперечного сечения пробы экструдата к площади отверстия фильеры.
- Содержание моносахаридов осуществляли методом ионной хроматографии на хроматографе Thermo scientific Dionex ICS 5000+ (колонка CarboPac PA20 3x150, защитная колонка Amino Trap 4x50). К навеске экструзионного продукта 1 г добавляли 10 мл деионизированной воды, тщательно перемешивали до полного растворения, вносили 5 мл трихлоруксусной кислоты для осаждения белковых веществ, центрифугировали в течение 20 минут с последующим фильтрованием. Полученный фильтрат разбавляли в 10 раз и пробы использовали для анализа;
- Жирнокислотный состав определяли методом газожидкостной хроматографии на приборе HP 4890 с пламенно-ионизационным детектором. Параметры работы прибора: температура испарителя - 240 °С; температура детектора – 270 °С, кварцевая капиллярная колонка HP-INNOWAX, 30 м x

0,25 мм, толщина пленки 0,25 мкм, газ-носитель - азот, расход газа-носителя - 1,5 см³ в минуту. Режим программирования температуры термостата колонок: от 50 °С до 240 °С со скоростью 10 °С в минуту.

- Исследование безопасности экструдатов определяли по содержанию:
 - As, Cd, Pb (ГОСТ 30178-96) на атомно-абсорбционном спектрометре VARIAN AA240G с электротермической атомизацией;
 - Hg (МУК. 4.1.007-94) на оборудовании УКР-1 МЦ;
 - Афлатоксин В1 (ГОСТ 30711-2001) методом ТСХ;
- Определение структуры пористости экструдатов производили с использованием компьютерного рентгеновского микротомографа SkyScan 1176 (фирмы Bruker) с программным обеспечением CT-Analyzer для получения объемного изображения и формирования трехмерной структуры. В микротомографе используется крупноформатный 11-мегапиксельный детектор, создающий высокоточную комбинацию разрешения и высокую скорость сканирования.

Хлеб анализировали по показателям:

- Органолептические показатели по методам, приведенным в ГОСТ 5667-65;
- Определение влажности хлеба по методу, изложенному в ГОСТ 21094-75;
- Определение кислотности хлеба по методу, описанному в ГОСТ 5670-96;
- Определение пористости хлеба по методу, приведенному в ГОСТ 5669-96.
- Определение объёма хлеба проводили по методу, представленному в практикуме [83];
- Формоустойчивость подового хлеба проводили по методу, представленному в практикуме [83];
- Определение картофельной болезни хлеба проводили в соответствии с методом, описанным в «Инструкции по предупреждению картофельной болезни хлеба», разработанной в НИИХП [42];
- Реологические свойства мякиша хлеба определяли на приборе «Структурометр СТ-1» по методам, изложенным в руководстве [57].

2.2.1 Способ приготовления экструзионного продукта

Исходное сырье - зерно кукурузы гибрида Бештау измельчали в дробилке и просеивали для получения частиц от 0,6 до 0,8 мм. Размер частиц крупы и скорость их подачи в приемную зону экструдера влияют на интенсивность их уплотнения в шнековой камере и достижения требуемого давления для осуществления экструзии. Нагрев сырья из-за его уплотнения и скорости нарастания давления в процессе экструзии способствуют переводу влаги, содержащейся в сырье, в перегретое состояние, что обеспечивает резкое испарение влаги при выходе продукта из фильеры и образование пористой структуры экструдата.

Кукурузную крупу увлажняли до 14-18 %, затем крупу загружали в смеситель и тщательно перемешивали. Далее осуществляли экструзионную обработку подготовленной крупы в одношнековом лабораторном экструдере, при следующих параметрах: влажность экструдированной смеси – 14-18 %, температура – 140-180 °С, скорость вращения шнека – 160-180 (мин⁻¹), диаметр матрицы 5 мм, давлении в предматричной зоне экструдера 5,5 - 6,2 МПа. Экструдат имел влажность 5-6 %, кислотность 1,6-2,4 град, цвет – свойственный исходному сырью.

2.2.2 Способ приготовления хлеба из пшеничной муки

Приготовление хлебобулочных изделий из пшеничной муки 1 сорта осуществляли безопасным способом в соответствии с ГОСТ 27669-88. При введении экструзионных продуктов в рецептуру хлебобулочных изделий замещали часть пшеничной муки на вносимую добавку.

В лабораторных условиях замес теста из пшеничной муки осуществляли в тестомесильной машине У1-ЕТВ. Брожение теста проводили в термостате при температуре 28-30 °С, обминку теста производили через 60 и 120 минут, вручную в течение 1-2 мин. Разделку тестовых заготовок осуществляли вручную, для расстойки использовали расстойный шкаф с температурой 35-37 °С и относительной влажностью воздуха 75-80 %. Выпечку тестовых заготовок

проводили в печи марки «Белогорье» PFS-9E при температуре 220 °С. Продолжительность выпечки формового хлеба составляла 28-30 минут.

В производственных условиях выработку хлеба из пшеничной муки осуществляли безопасным способом. Все необходимое сырье по рецептуре вносили в дежу тестомесильной машины А2-ХТН-6 и осуществляли замес теста в течение 15-20 минут. Брожение теста составляло 180 минут с двумя обминками через каждые 60 минут. После брожения тесто разделявали на тестоделителе «Восход-ТД-5». Для формового хлеба тестовые заготовки укладывали в формы, предварительно смазанные растительным маслом, и направляли на дальнейшую расстойку. Расстойку тестовых заготовок осуществляли в расстойном электрическом шкафу «Бриз-222». Продолжительность расстойки составляла 40-50 минут при температуре 37-40 °С и относительной влажности воздуха 70-80 %. Выпечку формового хлеба осуществляли в печи «Муссон-ротор» с пароувлажнением при температуре 220-230 °С в течение 25-28 минут.

2.2.3 Специальные методы исследований

Подтверждение биологического действия экстракта гарцинии камбоджийской на метаболизм пищевых веществ проводили на лабораторных животных в условиях проблемной научно-исследовательской лаборатории экспериментальной иммунологии, иммунопатологии и иммунобиотехнологии Центра коллективного пользования научным оборудованием Северо-Кавказского федерального университета. В процессе работы было осуществлено изучение влияния опытного экструзионного продукта, содержащего экстракт гарцинии камбоджийской на параметры жирового и углеводного обменов нормолипидемических животных, показатели массы тела. В исследовании были использованы крысы-самцы линии Wistar массой 280-340 г [40].

Опытные работы с лабораторными крысами выполняли в соответствии с общепринятыми этическими нормами обращения с животными согласно правилам, принятым Европейской Конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и иных научных целей [118].

Животные на протяжении эксперимента содержались в стандартных условиях лабораторного вивария при одинаковом уходе и питании, световом и температурном режиме, со свободным доступом к воде и корму. До начала исследования животные находились 14 дней для адаптации при групповом содержании в клетках на эквивалорийном рационе (рисунок 8).



Рисунок 8 - Экспериментальные животные сформированные по группам

Во время этого периода каждый день контролировали их клиническое состояние путем визуального осмотра.

Для проведения эксперимента приготавливали пилюли на основе экструзионного продукта. Для этого смешивали измельченный экструзионный продукт с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской с одинаковым во всех случаях количеством муки. Пилюли готовили ежедневно непосредственно перед кормлением животных и давали 1 раз в день.



Рисунок 9 - Мучные пилюли, содержащие навески измельченных экструзионных продуктов и ЭГК (а – экструзионный продукт; б – экструзионный продукт, содержащий ЭГК; в – ЭГК)

Пиллюли вскармливались индивидуально каждой крысе при тщательном контроле их поедания (рисунок 10).

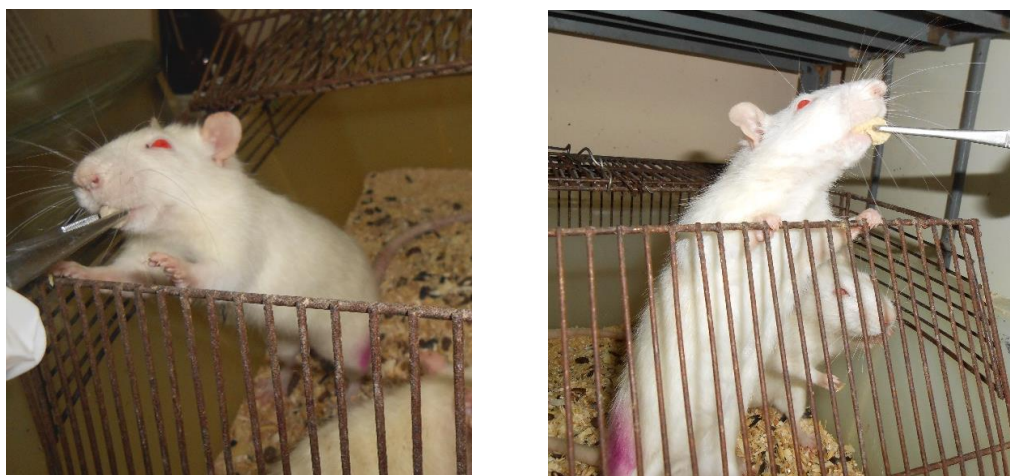


Рисунок 10 - Процесс вскармливания пиллюль лабораторным животным

Измерение массы тела животных проводили в динамике 1-7-14-21-28-35 суток с использованием тензометрических весов ВТ-3000 (ГОСМЕТР). Забор крови у крыс производили из хвостовой вены с последующим отделением плазмы с помощью настольной центрифуги MicroCL 17R (Thermo) при 3000 об/мин в течение 15 минут. Количество глюкозы плазмы крови определяли определяли на биохимическом анализаторе BioChem SA Plus (НТИ) с использованием наборов реагентов фирм «Диакон-ДС» (Россия). Уровень общего холестерина и триглицеридов в плазме крови определяли на биохимическом полуавтоматическом анализаторе BioChem SA Plus (НТИ) с использованием наборов реагентов фирмы «High Technology» (USA). Все полученные результаты исследований подвергали статистической обработке с помощью критерия Стьюдента. Вычисления производили с использованием программы Biostat (version 4.03) [65].

2.2.4 Математическая обработка результатов исследований

Изучение зависимостей изменения исследуемых параметров от влияющих факторов выполняли путем создания нейросетевых моделей с последующим их обучением методами обратного распространения в программе Statistica Neural Networks v.4.0. Математическую и статистическую обработку результатов исследования и оценку их достоверности проводили методами математической статистики с использованием прикладной программы Statistica 6.0. Обработку проводили набором основных линейных и нелинейных моделей, в качестве типа анализа принимали полиномиальную поверхностную регрессию, позволяющую рассчитывать коэффициенты уравнения регрессии.

Графическую интерпретацию данных, полученных по результатам обучения нейронной сети, осуществляли в программе Statistica 6.0 путем построения тернарных проекционных зависимостей, а также поверхностей отклика при условии постоянного значения одного из варьируемых параметров.

Для определения оптимального соотношения пшеничной муки экструзионного продукта, содержащего ЭГК для выработки хлеба использовали метрические и неметрические меры сравнения. Каждая метрическая и неметрическая мера определяет меру различия или сходства между заданными векторами.

Описывая состояние технологий при помощи элементов $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ и $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, заданных в N -мерном евклидовом пространстве, где S контрольные (теоретические) данные, X – экспериментальные (опытные) данные.

Главной задачей является определение опытного продукта, наиболее близкого по показателям качества к идеальному. Одним из вариантов решения задачи является применение метрических и неметрических мер сравнения.

К метрическим мерам относятся:

- 1) квадратичная мера сравнения N -мерного пространства;
- 2) квадратичная мера сравнения, представляющая собой расстояние между элементами;
- 3) модульная мера сравнения.

Квадратичная мера сравнения N-мерного пространства

Квадратичная мера сравнения элементов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ и $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$, заданных в N-мерном евклидовом пространстве, определяется выражением

$$\rho(S, X) = \sqrt{\sum_{n=1}^N (x_n - s_n)^2}. \quad (6)$$

Квадратичная мера сравнения

Квадратичная мера сравнения, представляющая собой расстояние между элементами $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ и $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ N-мерного евклидова пространства, задаётся выражением

$$\rho(S, X) = \left| \sqrt{\sum_{n=1}^N x_n^2} - \sqrt{\sum_{n=1}^N s_n^2} \right|. \quad (7)$$

Модульная мера сравнения

Модульная мера сравнения представляет собой расстояние между элементами $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ и $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ N-мерного евклидова пространства, задаваемое выражением

$$\rho(S, X) = \left| \sqrt{\sum_{n=1}^N |x_n|} - \sqrt{\sum_{n=1}^N |s_n|} \right|. \quad (8)$$

Во всех вышеприведённых метрических мерах сравнения экспериментальные данные X тем ближе к контрольным S , чем величина $\rho(S, X)$ меньше. Следовательно, чтобы выбрать из имеющегося набора экспериментальных данных (элементов) X элемент, наиболее близкий к контрольным данным (элементу) S , необходимо расстояние $\rho(S, X)$ минимизировать.

Неметрические меры

Для векторов с фиксированными квадратами их длин S^2 и X^2 мера различия тем меньше, чем больше величина их скалярного произведения SX . Поэтому скалярное произведение векторов можно рассматривать как некоторую неметрическую меру их сравнения.

К неметрическим мерам относятся:

1) классический коэффициент корреляции (косинус угла между векторами);

- 2) квадрат косинуса угла между векторами;
- 3) модифицированный коэффициент корреляции;
- 4) коэффициент корреляции.

Классический коэффициент корреляции (косинус угла φ между векторами $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ и $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$) задаётся выражением (11):

$$\rho(S, X) = \frac{SX}{|S||X|} = \cos \varphi, \quad (9)$$

или в координатах

$$\rho(S, X) = \frac{s_1x_1 + s_2x_2 + \dots + s_Nx_N}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_N^2} \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}} = \frac{\sum_{n=1}^N s_n x_n}{\sqrt{\sum_{n=1}^N s_n^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N x_n^2}}. \quad (10)$$

Квадрат косинуса угла φ между векторами $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ и $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ задаётся выражением

$$\rho(S, X) = \frac{(SX)^2}{|S|^2 |X|^2} = \cos^2 \varphi = \frac{\left(\sum_{n=1}^N s_n x_n\right)^2}{\sum_{n=1}^N s_n^2 \sum_{n=1}^N x_n^2}. \quad (11)$$

Модифицированный коэффициент корреляции задаётся выражением

$$\rho(S, X) = \frac{2SX}{|S|^2 + |X|^2} = \frac{2 \sum_{n=1}^N s_n x_n}{\sum_{n=1}^N s_n^2 + \sum_{n=1}^N x_n^2}. \quad (12)$$

Коэффициент корреляции задаётся выражением

$$\rho(S, X) = \frac{SX}{(X - S)^2} = \frac{\sum_{n=1}^N s_n x_n}{\sum_{n=1}^N (x_n - s_n)^2}. \quad (13)$$

Во всех вышеприведённых неметрических мерах сравнения экспериментальные данные X тем ближе к контрольным S , чем величина $\rho(S, X)$ больше [59].

Применение метрических и неметрических мер сравнения ко всем экспериментальным и контрольным значениям позволяет определять оптимальное количество вносимого компонента в технологии хлебобулочных изделий.

2.3 Результаты исследования и их анализ

2.3.1 Научно-практическое обоснование применения экстракта гарцинии камбоджийской в технологиях экструзионных и хлебобулочных изделий

В настоящее время необходимость увеличения потребления экструзионных и хлебобулочных изделий для здорового питания обусловлена негативными тенденциями современного образа жизни человека – снижением физической активности, нарушением рационального режима питания, изменением традиционных вкусовых предпочтений.

Под влиянием общемировой тенденции перехода на здоровое питание новые экструзионные изделия занимают значительный сегмент глобального рынка продуктов быстрого питания. Употребление сухих зерновых завтраков соответствует тенденции крупных городов – росту темпа жизни и отсутствию времени на приготовление пищи, предпочтению простых и удобных в употреблении продуктов.

В инновационном сценарии развития хлебопекарной отрасли заложен рост производства профилактических групп хлебобулочных изделий для достижения совокупной доли их в объеме производства к 2030 году до 25 %. При этом увеличение производства должно быть обеспечено на основе разработки отечественных изделий, предназначенных для отдельных групп населения различного возраста, профессиональной деятельности, физического состояния, в том числе, имеющих заболевания жизнеобеспечивающих систем организма.

Однако в настоящее время предприятия пищевой промышленности вырабатывают недостаточное количество экструзионных и хлебобулочных изделий для здорового питания.

Одной из глобальных проблем сохранения здоровья населения является сокращение масштабов возникновения и распространения основных неинфекционных заболеваний - сердечно-сосудистых (болезни сердца, инсульт, ишемия), сахарного диабета, нарушения опорно-двигательной системы, некоторых

онкологических заболеваний. По данным ВОЗ данная тенденция связана с превышением калорийности рациона питания над энергозатратами, что ведет к росту избыточной массы тела и ожирению. В России примерно 60 % женщин и 50 % мужчин старше 30 лет имеют избыточную массу тела, ожирением страдают примерно 26 % россиян. При этом число людей с избыточной массой постоянно растет: в 2005-м ожирением страдали 23 %, в 2012-м - 25,3 % [10].

В настоящее время существуют различные способы снижения массы тела: медикаментозное лечение, хирургическое вмешательство, диетотерапия.

Самым распространенным и более предпочтительным способом является диетотерапия, основанная на употреблении в пищу продуктов здорового питания. С целью поддержания общего состояния организма человека пищевая промышленность производит продукты обогащенные витаминно-минеральными комплексами, пищевыми волокнами, экстрактами растений и другими функциональными добавками [64, 86, 105].

В соответствии с принятой программой повышения уровня здорового питания населения «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» одной из основных задач является развитие производства пищевых продуктов: обогащенных незаменимыми компонентами, функционального назначения, диетических (лечебных и профилактических) и биологически активных добавок к пище [28].

Одной из перспективных биологически активных добавок в технологии экструзионных и хлебобулочных изделий для здорового питания является экстракт гарцинии камбоджийской. Гарциния камбоджийская (*Garcinia cambogia*) - плод вечнозеленого дерева, используется в питании населения, проживающего в странах Юго-Восточной Азии. Плоды гарцинии содержат значительное количество (30-60 %) гидроксимионной кислоты (ГЛК), замедляющей энзиматические процессы, ответственные за выработку липидов в клетках тела, с нарушением преобразования углеводов в жиры [122, 128, 136]. В литературе имеются данные по использованию экстракта гарцинии камбоджийской в составе пищевых продуктов и препаратов для профилактического применения [122, 123, 136]. Отмечено, что экстракт

гарцинии камбоджийской обладает выраженными антимикробными, антибактериальными, антиоксидантными свойствами [121, 122, 127, 139].

Нормы потребления ГЛК внесены в Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (утв. решением комиссии таможенного союза от 28.05.2010 г № 299) и составляют 100 – 300 мг в сутки.

Объем производства экструзионных продуктов в России за 2016 год составил 370 тыс. т, что в пересчете на среднесуточное потребление составляет 7 г. Таким образом, учитывая содержание ГЛК в экстракте, возможные потери при термической обработке и среднее суточное потребление экструзионных изделий в исследованиях необходимо предусмотреть дозировку ЭГК в экструзионных изделиях от 3 % до 10 % для достижения уровня ГЛК от 100 до 300 мг.

По данным Росстата среднесуточное потребление хлеба составляет 150 г, что позволяет применить к исследованию при разработке хлебобулочных изделий дозировку ЭГК в количестве от 0,2 % до 0,6 % для достижения уровня ГЛК от 100 до 300 мг.

Таким образом, разработка технологий экструзионных и хлебобулочных изделий с применением экстракта гарцинии камбоджийской позволит расширить ассортимент пищевых продуктов для здорового питания, обладающих длительными сроками годности и высокими показателями качества и безопасности, что будет способствовать улучшению здоровья населения РФ.

2.3.2 Определение оптимальной дозировки экстракта гарцинии камбоджийской и режимов выработки экструзионных продуктов

В настоящее время при разработке современных технологий пищевых продуктов особое внимание уделяют экструзионной обработке растительного сырья. Традиционно в качестве растительного сырья используют зерновые культуры: кукурузу, пшеницу, рис, ячмень. Основным компонентом зерновых культур, оказывающим преобладающее влияние на технологический процесс и качество экструзионного продукта, является крахмал. Для выработки экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской выбрана крупа, полученная из зерна кукурузы гибрида Бештау, крахмал которого отличается повышенным содержанием амилозы. Соотношение амилозы и амилопектина в крахмале зерновых культур влияет на термодинамические характеристики продукта при экструзионной обработке. В процессе экструзии высокоамилозного крахмала происходит полное плавление кристаллов амилопектина, что обеспечивает однородность макроструктуры продукта [74, 113]. Проведены исследования по разработке экструзионного продукта с добавлением ЭГК на основе высокоамилозной крупы кукурузы гибрида Бештау.

2.3.2.1 Определение показателей качества экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения спроса населения на различные виды экструзионных продуктов: палочки, колечки, хлебцы и т.д. Интерес потребителей связан с преимуществами данной группы изделий: не требуется термическая обработка перед употреблением, высокие вкусовые характеристики, длительные сроки годности. Основными показателями качества экструзионных продуктов, определяющими потребительские свойства, являются коэффициент расширения, объемная масса, набухаемость, влаго- и жиросодерживающая способность. Введение в экструдированную смесь различных добавок растительного происхождения влияет на структурно-механические

свойства расплава биополимеров в процессе экструзии, что приводит к изменению свойств готового продукта. Ранее обоснована дозировка ЭГК в экструзионных изделиях, поэтому для исследования использовали добавление экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 3, 5, 7 и 10 % к массе крупы кукурузы. Определяли органолептические и физико-химические показатели качества экструзионного продукта (рисунки 11, 12 и таблица 4).



Рисунок 11 – Экструзионный продукт без добавок



Рисунок 12 – Экструзионный продукт с добавлением ЭГК в количестве 7 %

Экструзионные продукты были изготовлены в виде прямых и изогнутых пористых палочек округлого поперечного сечения с шероховатой поверхностью. Цвет изделий без добавок желтый, вкус и аромат соответствовали исходному сырью – кукурузной крупе. При внесении ЭГК в количестве 7 % и 10 % наблюдали изменение цвета – изделия были желтыми с кремовым оттенком, изменения аромата и вкуса не выявлено. При исследовании экструзионного продукта с добавлением ЭГК в количестве 7 % отмечена равномерная тонкостенная структура пористости, что положительно отражалось на общей органолептической оценке

продукта. Физико-химические показатели качества экструзионных продуктов представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-химические показатели качества экструзионных продуктов

Наименование показателей	Контроль, без добавок	С добавлением ЭГК, % к массе крупы			
		3	5	7	10
Набухаемость, мл/г	9,6	10,1	10,6	10,2	9,8
Объемная масса, г/л	91,9	92,1	91,5	92,6	90,3
Влагоудерживающая способность, %	660	670	686	698	678
Жироудерживающая способность, %	440	425	418	406	385
Коэффициент расширения	3,1	3,1	3,1	3,2	3,0

Результаты исследований, представленные в таблице 4, свидетельствуют о влиянии ЭГК на физико-химические показатели качества экструдатов. Влагоудерживающая способность экструзионных продуктов с добавлением 3 %, 5 %, 7 % и 10 % ЭГК увеличивалась на 1,7 %, 3,9 %, 5,8 % и 2,7 % по сравнению с контрольной пробой соответственно. Жироудерживающая способность экструдатов с увеличением количества вносимого ЭГК уменьшалась на 3,5 %, 5,3 %, 8,4 %, 14,3 % по сравнению с экструдатами без добавок. Максимальное значение коэффициента расширения (3,2) отмечено в экструдате при добавлении экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7 % к массе кукурузной крупы. Экструдат с добавлением 7 % ЭГК имел лучшие показатели влагоудерживающей способности и коэффициента расширения и тонкостенную структуру пористости.

Таким образом, по совокупности органолептических и физико-химических показателей качества лучшим является экструзионный продукт с добавлением ЭГК в количестве 7 % к массе крупы, который был принят в дальнейших исследованиях.

2.3.2.2 Определение оптимальных параметров экструзионной обработки кукурузной крупы с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской

Проводили исследования по разработке технологии экструзионного продукта на основе крупы кукурузы с использованием экстракта гарцинии камбоджийской. Экстракт гарцинии камбоджийской представлен в виде мелкодисперсного порошка белого цвета, влажностью 3,6 %. Ранее установлено, что внесение 7 % экстракта гарцинии камбоджийской к массе кукурузной крупы по физико-химическим показателям экструзионного продукта обеспечивает лучшее качество готовых изделий. Экструзионное воздействие на растительное сырье обеспечивает конформацию биополимеров, в том числе при наличии определенного количества влаги в обрабатываемой смеси [55, 74, 109]. При выпресовывании полуфабриката из матрицы экструдера резко падает давление, что обеспечивает формирование пористой структуры продукта, обусловленной взрывным испарением влаги. При недостаточном содержании влаги в полуфабрикате экструдированный продукт характеризуется низкой пористостью, плотной структурой и неудовлетворительными потребительскими характеристиками. При увеличенном показателе влажности экструдированной смеси, за счет повышения пластичности массы происходит снижение механических напряжений при экструзии, что также негативно отражается на качестве экструзионных продуктов. Поэтому определение оптимальных параметров экструзионной обработки – влажности и температуры смеси является важным фактором получения экструзионного продукта высокого качества. Экструзионную обработку исследуемой смеси осуществляли на одношнековом лабораторном экструдере (производство ООО «ЭПРОД»). Определяли зависимость коэффициента расширения экструдата от влажности и температуры экструдированной смеси при помощи нейросетевого моделирования Neural Networks v.4.0 в комплексе программного обеспечения Statistica.

Для осуществления экструзионной обработки проводили предварительное увлажнение до 12, 15, 18 % влажности смеси крупы кукурузы и экстракта гарцинии камбоджийской, взятого в количестве 7 % к массе крупы.

$$\text{Var4} = -10,5593+0,6285 \cdot x+0,1162 \cdot y-0,0139 \cdot x^2-0,0014 \cdot x \cdot y-0,0003 \cdot y^2$$

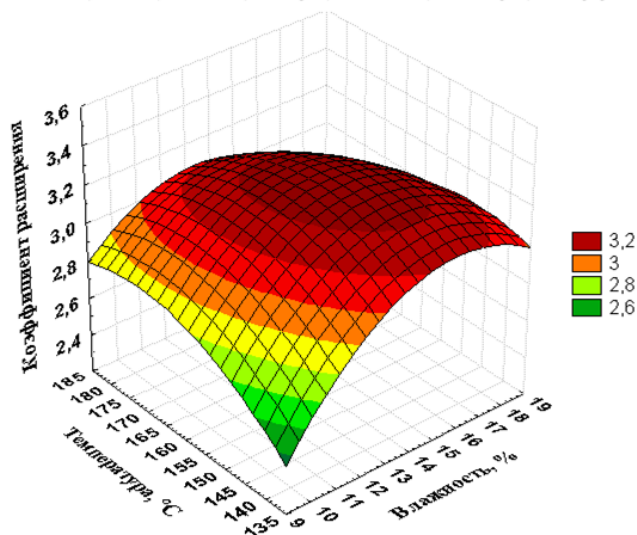


Рисунок 13 - Зависимость коэффициента расширения экструдата от влажности исходного сырья и температуры экструзионной обработки

Согласно данным, представленным на рисунке 13, максимальный диапазон значений коэффициента расширения экструдата – 3,2 достигается при следующих режимах экструзионной обработки: влажности экструдированной смеси – 15-16 %, температуры – 155-165 °С. Исходя из проведенных исследований, можно констатировать, что на коэффициент расширения готового продукта показатель влажности экструдированной смеси оказывает большее влияние по сравнению с температурой. Так, при влажности смеси от 12 до 13 % коэффициент расширения снижался до значения 3, при этом увеличение влажности смеси до 17-18 % в большей степени влияло на данный показатель, его значение составляло 3,2. Выбранный диапазон температур 155-165 °С обеспечивал получение экструдата с коэффициентом расширения 3,0-3,2 при влажности смеси от 15 до 16 %. Таким образом определены оптимальные параметры экструзионной обработки кукурузной крупы с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7 %: влажность смеси – 15-16 %, температура экструзионной обработки 155-165 °С.

2.3.2.3 Определение пористости экструзионных продуктов

Структура пористости является одним из важных показателей качества экструзионных изделий. Равномерная тонкостенная пористость продукции обусловлена правильно выбранными режимами экструзионной обработки растительного сырья [73]. В связи с этим, при разработке новых видов экструзионных изделий актуальным является определение структуры пористости. Для получения объемного изображения и формирования трехмерной структуры экструдатов использовали компьютерный рентгеновский микротомограф SkyScan 1176 (фирмы Bruker) с программным обеспечением CT-Analyzer. В микротомографе используется крупноформатный 11-мегапиксельный детектор, создающий высокоточную комбинацию разрешения и высокую скорость сканирования. Регулируя напряжение источника рентгеновского излучения, обеспечивается гибкость сканирования, что позволяет исследовать различные объекты. Пакет программного обеспечения позволяет создать объемную реконструкцию, провести реалистичную трехмерную визуализацию. Компьютерный рентгеновский микротомограф позволяет проводить исследования объектов различной плотности, при этом рассчитывать геометрические параметры опытных проб [133].

С целью изучения структуры пористости экструдатов кукурузной крупы исследовали две пробы – продукт экструзионный контрольный (ПЭК) и продукт экструзионный опытный (ПЭО). При разработке продукта экструзионного опытного применяли совместную экструзионную обработку крупы из зерна кукурузы гибрида Бештау и экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7 % к массе кукурузной крупы [58].

На компьютерном рентгеновском микротомографе проведено определение общего объема проб экструдатов путем суммирования показателей объема сообщающихся пор, объема закрытых пор и объема перегородок. Закрытые поры - внутренние воздушные полости, имеющие полностью замкнутую структуру. Сообщающиеся поры – внутренние воздушные полости, не имеющие части

перегородок и сообщающиеся с соседними воздушными полостями. Показатели структуры пористости проб представлены на рисунке 14 и в таблице 5.

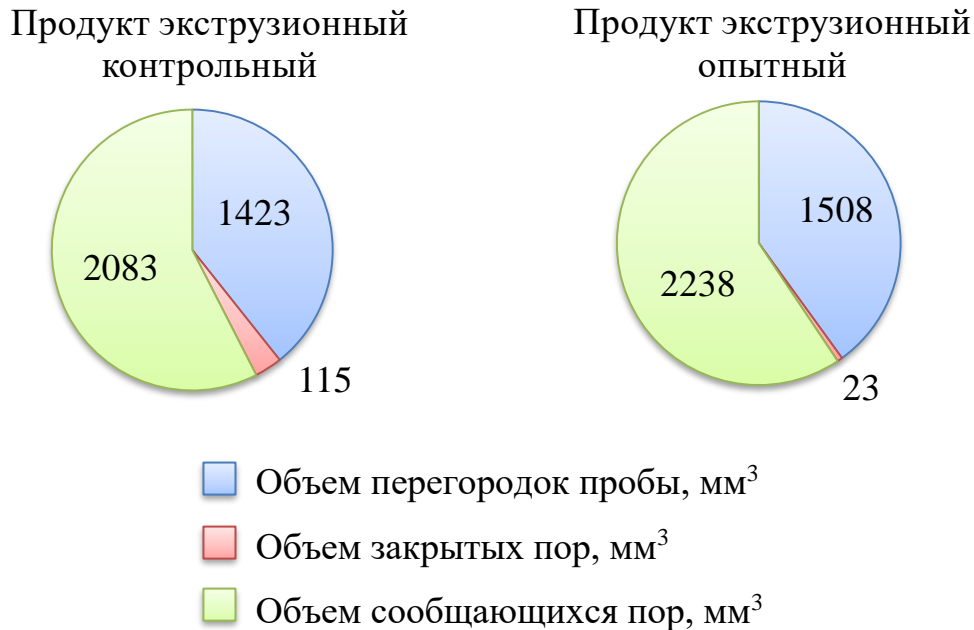


Рисунок 14 - Сравнительная оценка показателей объема экструзионных продуктов

Показатель общего объема пробы, состоящий из объема закрытых и сообщающихся пор и объема перегородок коррелирует с показателем коэффициента расширения при экструзии: в контрольной пробе – 3,1; в опытной пробе – 3,2. Согласно данным, представленным на рисунке 14, объем сообщающихся пор в пробе ПЭО составлял 2238 мм³, что на 7,4 % превышает показатель контрольной пробы. Объем закрытых пор составил 22,52 мм³ в пробе ПЭО и 115 мм³ в изделиях без добавок соответственно. В структуре общего объема пробы ПЭО, объем перегородок был большим и составил 1508 мм³. Это свидетельствует о том, что экструдат, имеющий больший объем сообщающихся пор, обладает менее прочной структурой, за счет не полностью сформировавшихся внутренних перегородок, что положительно отражается на его органолептических свойствах.

Таблица 5 - Показатели структуры пористости экструзионных продуктов

Наименование показателей	Продукт экструзионный контрольный	Продукт экструзионный опытный
Общий объем пробы, мм ³	3622	3769
Объем закрытых пор, мм ³	115,0	22,5
Объем сообщающихся пор, мм ³	2083	2238
Количество закрытых пор, %	7,48	1,47
Количество сообщающихся пор, %	57,5	59,4
Общий объем пор, мм ³	2198	2261
Общее количество пор, %	60,7	60,0
Количество закрытых пор, ед.	1375	2043
Поверхность закрытых пор, мм ²	834	410
Объем перегородок пробы, мм ³	1423	1508
Количество примыканий перегородок, ед.	5081	7331
Среднее значение толщины перегородки, мм	0,32	0,29
Отношение объема стенок к общему объему пробы, %	39,3	40,0
Площадь поверхности пробы, мм ²	1599	1655
Площадь поверхности всех перегородок, мм ²	12605	14509
Площадь примыкания (соединения) перегородок, мм ²	885,4	955,1
Отношение площади поверхности перегородок к площади перегородок	8,86	9,62
Отношение площади поверхности стенок к общему объему пробы	3,48	3,85

С помощью программного обеспечения СТ-Analyzer произведены вычисления площади поверхности перегородок проб. Общий объем пор пробы ПЭО составил 3768 мм^3 , что превосходит на 4 % показатель контрольной пробы. В пробе ПЭО площадь поверхности всех перегородок составила 14509 мм^2 , что на 15 % больше, по сравнению с пробой без добавок. Следует отметить, что данное исследование показало наличие более тонких перегородок в пробе ПЭО, на что указывает среднее значение толщины перегородок - 0,29 мм. В контрольной пробе данный показатель составлял 0,32 мм.

Установлено, что количество примыканий перегородок в пробе ПЭО больше на 44 %, чем в экструдате без добавок. Это свидетельствует о том, что в процессе экструзии создаются условия для формирования равномерной тонкостенной пористости продукта. Отмечено, что площадь примыкания перегородок в пробе ПЭО составила $955,1 \text{ мм}^2$, тогда как в пробе без добавок $885,4 \text{ мм}^2$. Анализируя полученные данные можно обобщить, что структура пробы ПЭО характеризовалась наличием большего количества внутренних перегородок, имеющих меньшую толщину, и соответственно, меньшие размеры. На это указывают показатели, характеризующие среднюю толщину перегородки, количество примыканий и общую площадь поверхности всех перегородок.

Также пористость экструзионных изделий характеризуется количеством и объемом внутренних пор. Установлено, что в пробе ПЭО имеется 2043 закрытые поры, поверхность которых составила 410 мм^2 , тогда как проба продукта экструзионного без добавок характеризовалась наличием 1375 закрытых пор с общей площадью 834 мм^2 . Таким образом, средняя площадь одной закрытой поры в опытной пробе составила $0,2 \text{ мм}^2$, а в пробе без добавок $0,6 \text{ мм}^2$, что говорит о преимущественном содержании более мелких закрытых пор в ПЭО.

Представлялось актуальным рассмотреть распределение количества пор по различным размерам. Данные представлены на рисунке 15.

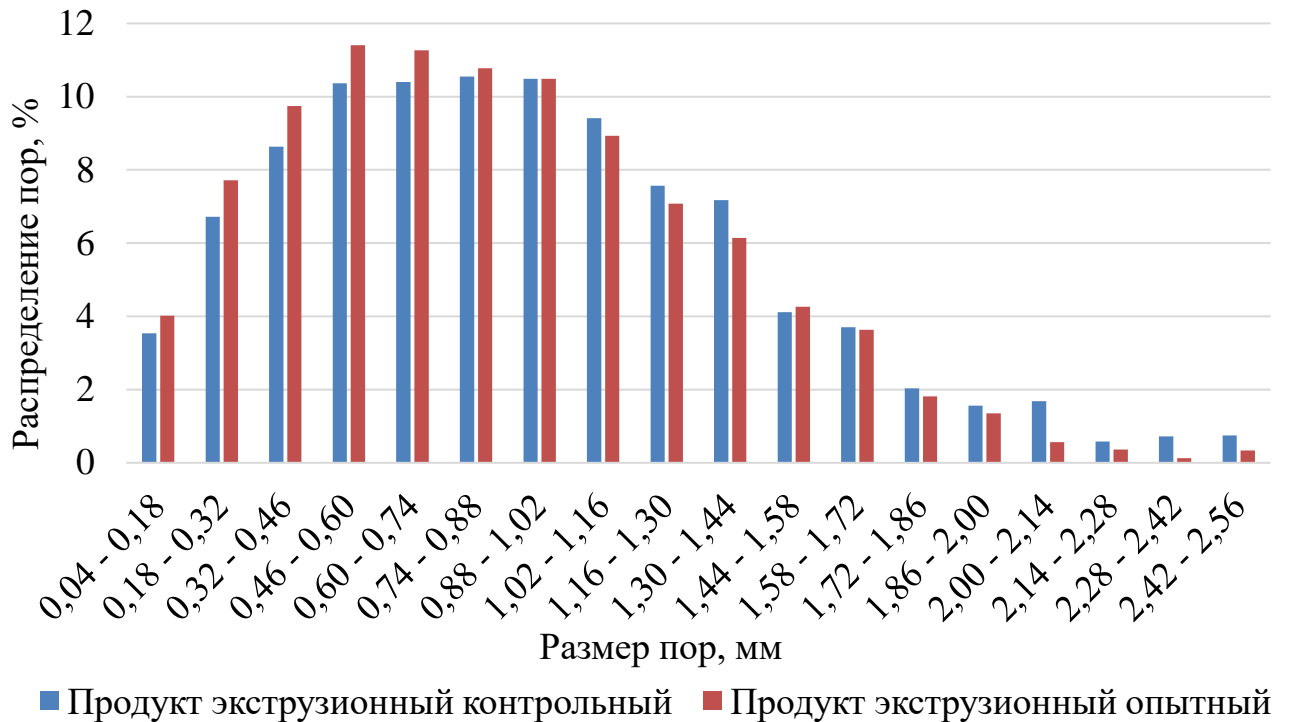
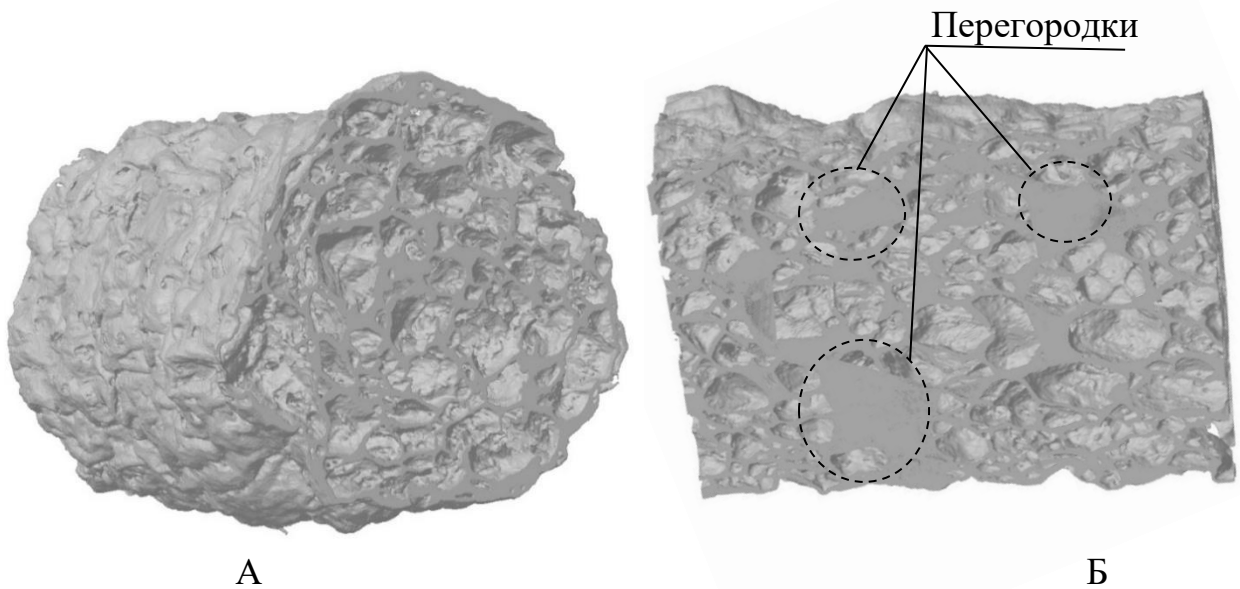


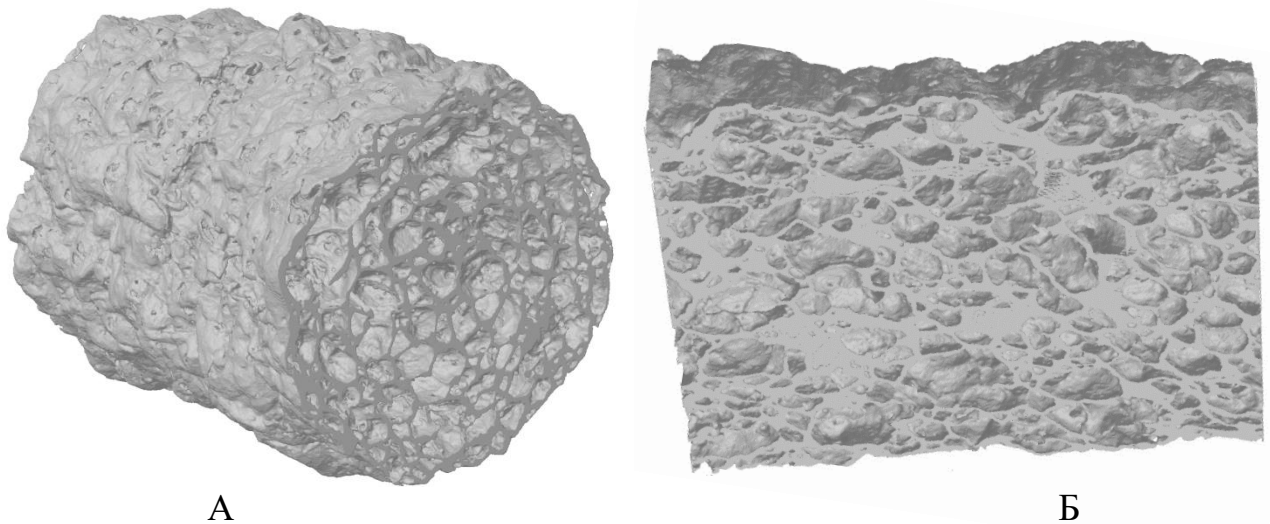
Рисунок 15 - Распределение пор по размерам в экструзионных продуктах

Из данных, представленных на рисунке 15, видно, что количество пор с размером в диапазоне от 0,04 мм до 0,88 мм в пробе ПЭО было большим в среднем на 12 % по сравнению с пробой продукта экструзионного контрольного. В диапазоне размера пор от 1,02 мм наблюдалось снижение количества пор большего размера в пробе ПЭО. Вероятно, экстракт гарцинии камбоджийской, присутствующий в составе ПЭО, способствует равномерной адсорбции влаги в кукурузной крупе при экструзии и, как следствие, повышению пластичности экструдированной массы, что обуславливает формирование преимущественно мелких пор в экструдате.

Для подтверждения и визуализации различий в структуре экструдатов были построены 3D модели проб, показывающие внутреннее строение в разрезе. На рисунках 16 и 17 представлены 3D модели пробы продукта экструзионного контрольного и продукта экструзионного опытного.



А Б
Рисунок 16 - 3D модель продукта экструзионного контрольного
(А – внешний вид, Б – на разрезе)



А Б
Рисунок 17 - 3D модель продукта экструзионного опытного
(А – внешний вид, Б – на разрезе)

Проба ПЭК характеризовалась неравномерной пористостью (рисунок 16-А) и значительно утолщенными перегородками на разрезе (рисунок 16-Б).

В пробе ПЭО на торцевой стороне (рисунок 17-А) видны более тонкие равномерные перегородки с наличием небольших пор. Разрез пробы (рисунок 17-Б) показал наличие существенного количества небольших пор и отсутствие сплошных утолщенных перегородок. Проведенные исследования показали, что введение экстракта гарцинии камбоджийской в экструзионный продукт способствует формированию его мелкопористой тонкостенной структуры, возможно обусловленное влиянием гидроксиллимонной кислоты на конформацию

белковых молекул в процессе экструзии, что приводит к повышению пластичности экструдированной массы [16].

Таким образом, применение компьютерного рентгеновского микротомографа SkyScan 1176 (фирмы Bruker) позволило выявить отличия структуры пористости ПЭО, заключающиеся в более равномерной тонкостенной пористости, наличии мелких пор и перегородок по сравнению с экструдатом без добавок. Указанные положительные особенности структуры пористости продукта экструзионного опытного обеспечивают лучшие органолептические показатели и потребительские свойства готовых изделий.

2.3.2.4 Исследование аминокислотного состава белков экструзионных продуктов

Экструзионная обработка зерновых культур сопровождается воздействием внешних факторов в виде высокой температуры и давления, что приводит к частичной денатурации белка. Возможно это объясняется разрывами дисульфидных и водородных связей нативной третичной структуры белка при денатурации. Внесение экстракта гарцинии камбоджийской может оказывать влияние на денатурационные изменения белка в продукте экструзионном [50]. В связи с этим исследовали аминокислотный состав белка продукта экструзионного контрольного и продукта экструзионного опытного. Исследования проводили на аминокислотном анализаторе марки «Милихром А-02». Результаты представлены на рисунках 18, 19 и таблице 6.

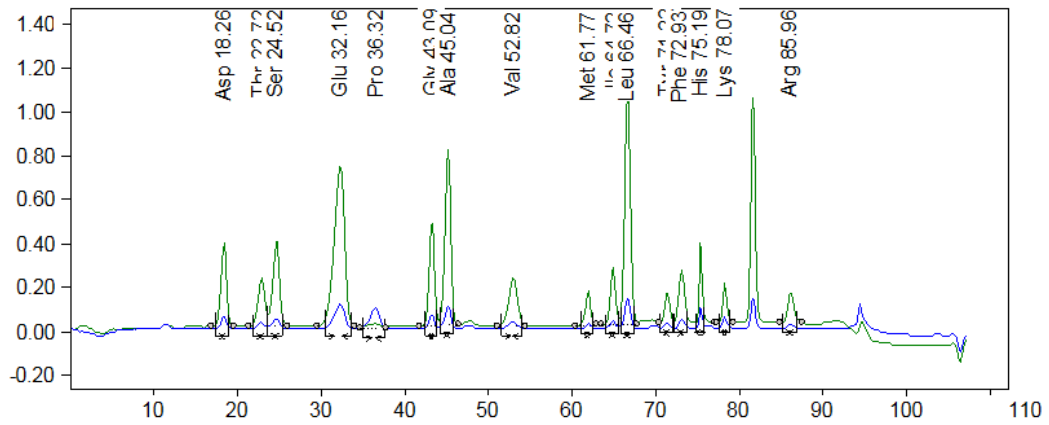


Рисунок 18 - Аминокислотный состав продукта экструзионного контрольного

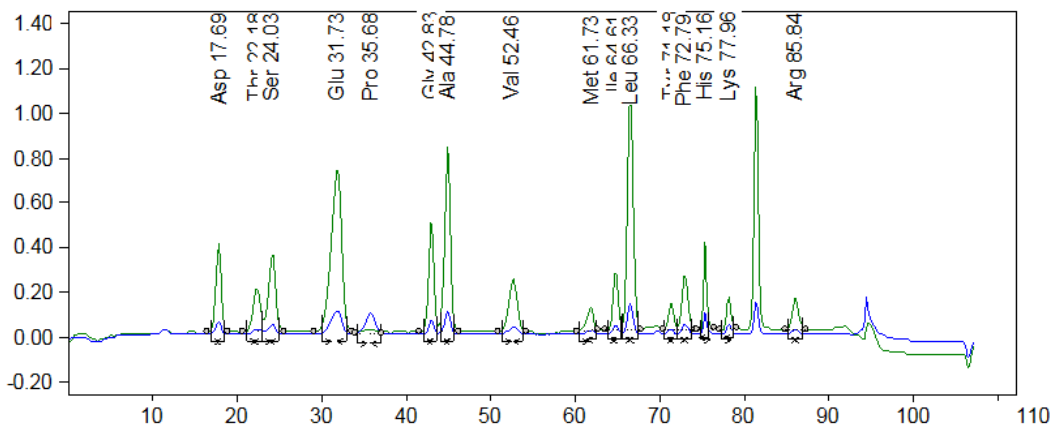


Рисунок 19 – Аминокислотный состав продукта экструзионного опытного

Представленные на рисунках 18 и 19 хроматограммы позволили определить количество заменимых и незаменимых аминокислот в экструдатах.

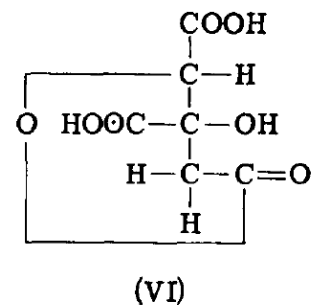
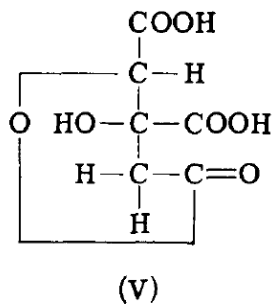
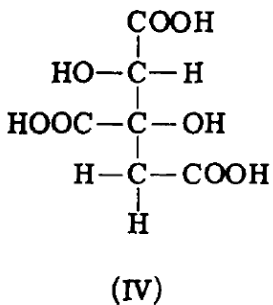
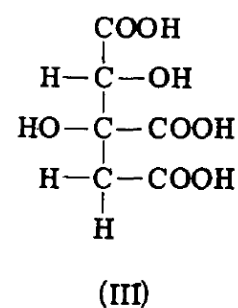
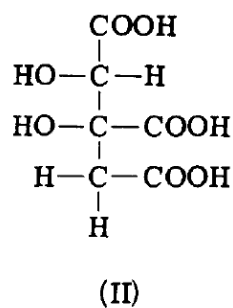
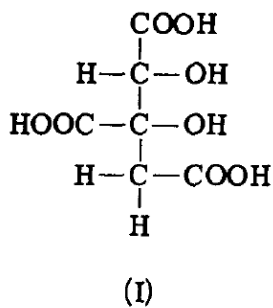
Таблица 6 - Аминокислотный состав белка экструзионных продуктов, мг/100 г

Наименование аминокислот	Продукт экструзионный контрольный	Продукт экструзионный опытный
Аспарагиновая кислота	467	429
Треонин	276	245
Серин	412	368
Глутаминовая кислота	2009	1863
Пролин	755	725
Глицин	253	241
Аланин	645	597
Валин	356	342
Метионин	158	141
Изолейцин	274	262
Лейцин	1130	1068
Тирозин	206	163
Фенилаланин	402	380
Гистидин	255	242
Лизин	144	114
Аргинин	250	221
Сумма аминокислот	7992	7401
Сырой протеин, %	8,2	7,66

Результаты исследований показали, что добавление ЭГК в количестве 7 % не оказывало существенного влияния на биологическую ценность белка экструзионных продуктов, что свидетельствует о возможности применения экструдатов, содержащих ЭГК, в технологиях продуктов питания без значительного снижения белковой ценности.

2.3.2.5 Идентификация биологически активного компонента экстракта гарцинии камбоджийской в составе экструзионного продукта

Согласно литературным данным [120, 121, 122, 130, 131, 141, 143], основным биологически активным компонентом гарцинии камбоджийской является гидроксимионная кислота. Гидроксимионную кислоту извлекают из плодов гарцинии камбоджийской различными способами экстракции. Гидроксимионная кислота имеет два асимметрических центра, следовательно, две пары диастереомеров или четыре различных изомера (I, II, III, и IV).



(I) DsDg - Hydroxycitric acid, erythro - Ds - hydroxycitric acid

(II) LsLg - Hydroxycitric acid, erythro - Ls- hydroxycitric acid

(III) DsLg - Hydroxycitric acid, threo - Ds - hydroxycitric acid

(IV) LsDg - Hydroxycitric acid, threo - Ls - hydroxycitric acid

(V) Lactone from acid (II)

(VI) Lactone from acid (IV)

Для идентификации и определения количества гидроксимионной кислоты в экстракте гарцинии камбоджийской и продукте экструзионном опытном использовали метод ВЭЖХ на жидкостном хроматографе “Agilent 1100” с детектором «VWD». Хроматограммы представлены на рисунках 20 и 21.

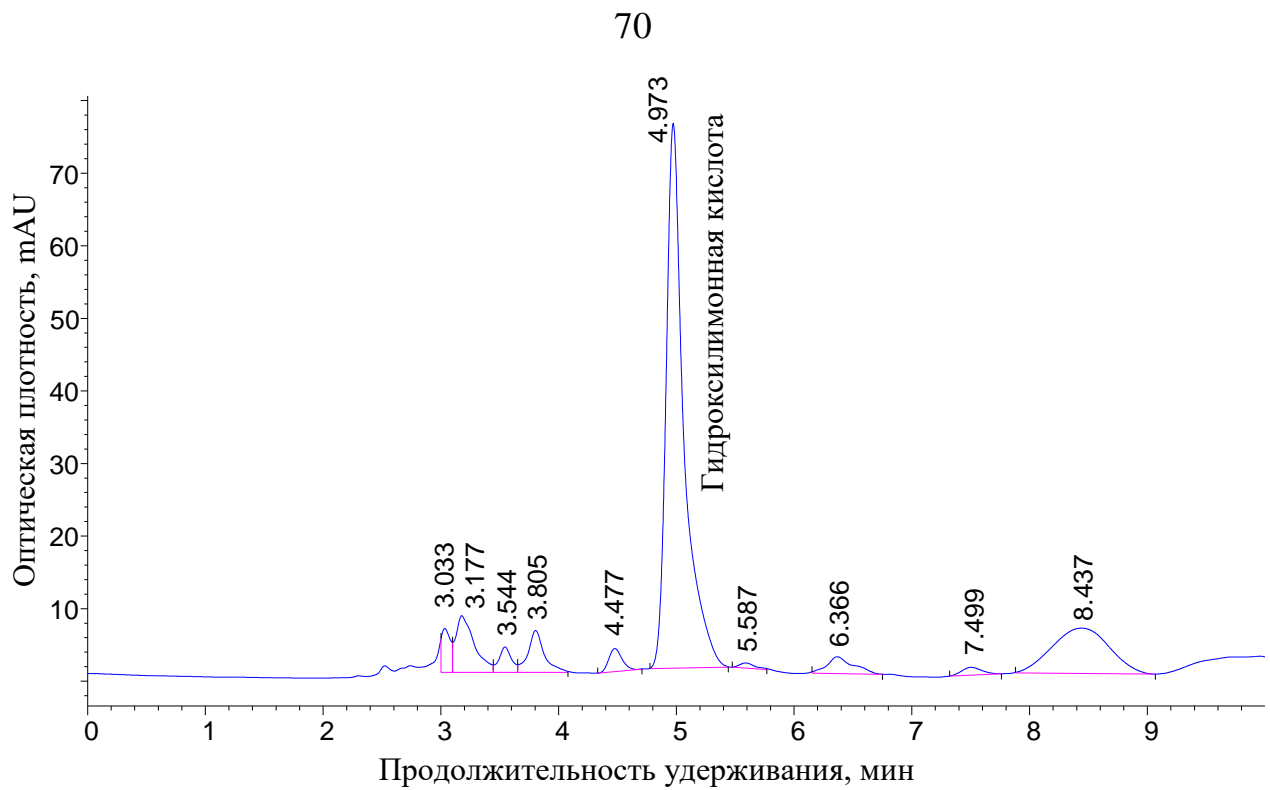


Рисунок 20 - Содержание гидроксимонной кислоты в экстракте гарцинии камбоджийской

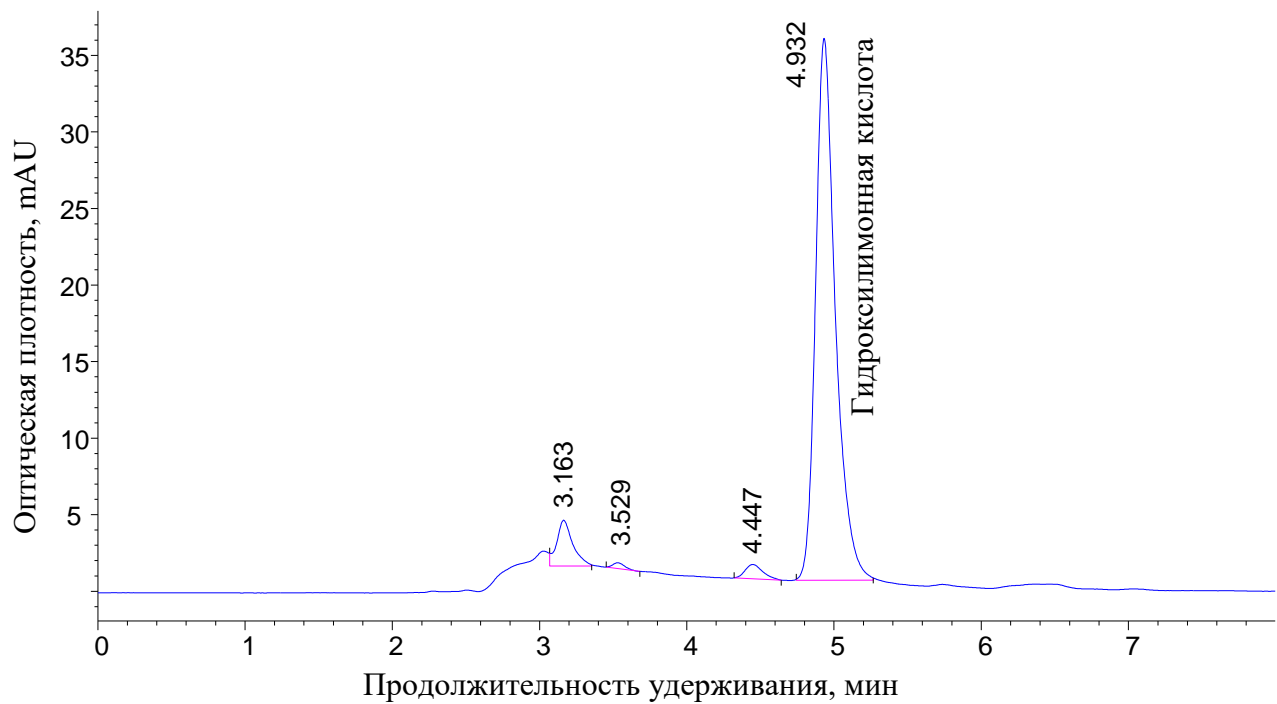


Рисунок 21 - Содержание гидроксимонной кислоты в продукте экструзионном ОПЫТНОМ

На рисунках 20 и 21 установлен пик по времени удерживания полностью совпадающий с эталоном гидроксимионной кислоты, это свидетельствует о наличии гидроксимионной кислоты в исследуемых пробах. Определено содержание гидроксимионной кислоты в экстракте гарцинии камбоджийской – $65,5 \pm 5,04$ г/100 г. При дозировке ЭГК в количестве 7 % к массе кукурузной крупы – в продукте экструзионном опытном расчетным методом установлено, что содержание гидроксимионной кислоты в смеси должно было составлять 4,58 г/100 г. В процессе экструзионной обработки на исходное сырье воздействуют физические факторы которые, возможно, приводят к нейтрализации биологической активности ГЛК. Экспериментально установлено, что содержание ГЛК в продукте экструзионном опытном составило $4,1 \pm 0,46$ г/100 г. Таким образом сохранность ГЛК после экструзионной обработки составила 90 %.

Достижение адекватного и допустимого уровней потребления ГЛК возможно при введении в ежедневный рацион 3 г и 7 г продукта экструзионного опытного соответственно.

Проведенные исследования позволили подтвердить наличие биологически активного компонента – гидроксимионной кислоты в продукте экструзионном опытном.

2.3.2.6 Исследование микробиологического состояния экстракта гарцинии камбоджийской и экструзионных продуктов

Экструзионные продукты имеют широкое распространение в рационе питания населения и являются доступным источником основных пищевых веществ. В соответствии с требованиями современных нормативных документов стран Таможенного союза (ТР ТС 021/2011) пищевые продукты должны соответствовать требованиям не только по органолептическим и физико-химическим показателям качества, но и по микробиологическим показателям. Проводили исследования микробиологического состояния проб: ЭГК, ПЭК, ПЭО. Результаты исследований приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Микробиологическое состояние ЭГК и экструзионных продуктов,
КОЕ/г

Наименование пробы	КМАФАнМ	Дрожжи	Плесени	Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	Энтеробактерии	Сальмонеллы
Допустимый уровень	1×10^4	-	50	не допускаются	-	не допускаются
Экстракт гарцинии камбоджийской	100	-	-	-	-	-
Продукт экструзионный контрольный	150	<1	<1	-	-	-
Продукт экструзионный опытный	50	<1	<1	-	-	-

Согласно данным, представленным в таблице 7, микробиологическое состояние экстракта гарцинии камбоджийской характеризовалось наличием КМАФАнМ 100 КОЕ/г. Содержание КМАФАнМ в ПЭК составило 150 КОЕ/г. Лучшее микробиологическое состояние отмечено в продукте экструзионном опытном, количество МАФАнМ составило 50 КОЕ/г. Возможно это обусловлено воздействием гидроксимионной кислоты на биохимические реакции, блокирующие поступление питательных веществ в клетки, что приводит к гибели микроорганизмов. В результате микробиологических исследований, во всех пробах не выявлены энтеробактерии, сальмонеллы, колиформные. Таким образом, установлено, что экструзионная обработка кукурузной крупы с добавлением 7 % ЭГК способствует повышению микробиологической чистоты экструзионного продукта.

2.3.2.7 Исследование показателей безопасности экстракта гарцинии камбоджийской и экструзионных продуктов

Неблагоприятная экологическая обстановка способствует накоплению в растениях вредных веществ – тяжелых металлов, микотоксинов, радионуклидов. В процессе вегетации, цветения, формирования зерна, растение кукурузы, вместе с

растворенными в воде питательными веществами, аккумулирует имеющиеся в почве и воздухе вредные вещества. Согласно требованиям ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» регламентированы нормы, оценивающие безопасность зерна на пищевые цели. В связи с этим проводили исследования показателей безопасности ЭГК и экструзионных продуктов. Данные представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Показатели безопасности ЭГК и экструзионных продуктов

Наименование пробы	Содержание токсичных элементов, мг/кг					
	As	Cd	Pb	Hg	Zn	Cu
Предельно допустимые уровни	0,2	0,1	0,5	0,03	-	-
Кукурузная крупа	<0,005	<0,001	0,4	<0,005	3,8	2,4
Экстракт гарцинии камбоджийской	<0,005	<0,001	-	<0,005	0,03	0,06
Продукт экструзионный контрольный	<0,005	<0,001	0,07	<0,005	1,3	0,9
Продукт экструзионный опытный	<0,005	<0,001	0,04	<0,005	1,1	0,7

Согласно данным, представленным в таблице 8, все исследуемые пробы соответствовали требованиям ТР ТС 015/2011 по содержанию токсичных элементов. В нативной кукурузной крупе обнаружено содержание свинца – 0,4 мг/кг, цинка 3,8 мг/кг и меди 2,4 мг/кг. В процессе экструзионной обработки происходило снижение содержания токсичных элементов по сравнению с исходным сырьем: свинца – более чем в 5 раз, цинка практически в 3 раза, меди в 2,5 раза. Возможно это связано с тем, что в растительных зерновых культурах встречаются соединения металлов в виде растворимых солей и под действием давления водяного пара при экструзии могут испаряться с поверхности экструдата. Минимальное количество металлов обнаружено в пробе продукта экструзионного опытного: содержание свинца – 0,04 мг/кг, цинка 1,1 мг/кг и меди 0,7 мг/кг. Содержание в экструзионных изделиях и хлебобулочных изделиях цинка и меди не нормируется.

Возможно гидроксиллимонная кислота, проявляя окислительные свойства и изменяя окислительно-восстановительный потенциал системы, способствует образованию более легких форм соединений металлов при экструзии.

Таким образом проведенные исследования показали, что высокотемпературная экструзионная обработка кукурузной крупы способствует снижению количества тяжелых металлов в экструзионных продуктах, а добавление ЭГК увеличивает эффект повышения безопасности экструзионных продуктов.

Заключение по разделу 2.3.2

Разработана технология продукта экструзионного опытного, полученного путем совместной экструзионной обработки крупы высокоамилозной кукурузы гибрида Бештау и экстракта гарцинии камбоджийской, рекомендованного как самостоятельный пищевой продукт. Определена оптимальная дозировка ЭГК и параметры при экструзии крупы кукурузы, обеспечивающие лучшие органолептические и физико-химические показатели качества экструзионного продукта.

Примененные методы компьютерного рентгеновского исследования позволили выявить отличия структуры пористости продукта экструзионного опытного, заключающиеся в более равномерной тонкостенной пористости, наличии мелких пор и перегородок по сравнению с экструдатом без добавок. Указанные положительные особенности структуры пористости продукта экструзионного опытного обеспечивают повышенную сохранность гидроксиллимонной кислоты, что обусловлено минимальным воздействием кислорода воздуха в процессе хранения продукта. Экспериментально установлено, что сохранность ГЛК после экструзионной обработки составила 90 % от первоначального содержания. Проведенные исследования показали, что высокотемпературная экструзионная обработка кукурузной крупы способствует снижению количества тяжелых металлов, а добавление ЭГК увеличивает эффект повышения микробиологической безопасности экструзионных продуктов.

2.3.3 Исследование влияния экструзионных продуктов на хлебопекарные и реологические свойства муки пшеничной хлебопекарной

Разработанный экструзионный продукт с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской «Облачко» предложен для использования в качестве самостоятельного пищевого продукта. В литературе [15, 56, 59, 73] имеются сведения о применении экструдатов зерновых культур для улучшения показателей качества хлебобулочных изделий. Это обусловлено интенсификацией процесса брожения теста за счет повышенного количества декстринов, моно- и дисахаридов в экструзионных продуктах. Также имеются данные [16, 59, 60] о дополнительном внесении биологически активных веществ с зерновыми экструдатами в хлебобулочные изделия.

Для разработки хлебобулочных изделий, с добавлением экструдата, содержащего биологически активный компонент – гидроксиминонную кислоту, первоначально считали необходимым определить технологические аспекты использования экструдата, и прежде всего, провести исследования влияния экструдатов на хлебопекарные и реологические свойства муки пшеничной хлебопекарной первого сорта с применением современных методов контроля качества. Ранее показано, что для достижения адекватного и верхнего допустимого уровня потребления ГЛК с хлебобулочными изделиями возможно введение в рецептуру хлеба 0,2-0,6 % ЭГК. Так как рассматривается вопрос о применении ПЭО в технологии хлеба, то рекомендуется использовать дозировки ПЭО от 3 % до 10 % от массы пшеничной муки, что соответствует указанной дозировке ЭГК.

Для проведения исследования были приняты следующие пробы:

проба 1 - контроль – мука пшеничная без добавлений;

проба 2 - мука пшеничная с добавлением ПЭО в количестве 3 % от массы муки;

проба 3 - мука пшеничная с добавлением ПЭО в количестве 5 % от массы муки;

проба 4 - мука пшеничная с добавлением ПЭО в количестве 10 % от массы муки.

2.3.3.1 Определение влияния экструзионных продуктов на свойства клейковины пшеничной муки

Качество клейковины пшеничной муки обуславливает ее хлебопекарные свойства и формирование структуры пористости хлебобулочных изделий. Качество клейковины зависит от следующих факторов – соотношения глютелиновой и глиадиновой фракций белка, активности протеолитических ферментов, наличия сложных белково-липидных комплексов, генетических особенностей зерна. Качество и количество клейковины муки, определяли по методам приведённым в разделе 2.2.

Экструзионный продукт содержащий ЭГК измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц 0,1-0,2 мм (рисунок 22). На рисунке 22 показан измельченный экструдат, подготовленный для внесения в тесто.



Рисунок 22 - Измельченный экструзионный продукт

Полученный измельченный продукт вносили в муку в количестве 3, 5, 10 % от её массы. Результаты исследований приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Показатели качества клейковины пшеничной муки

Показатели	Мука без добавок	Мука с добавлением ПЭО, % от массы муки		
		3	5	10
Количество сырой клейковины, %	31,4	31,2	30,8	30,1
Качество сырой клейковины, ед.пр. ИДК-1	95	91	88	85
Гидратационная способность клейковины, %	210	207	201	193

Согласно данным, представленным в таблице 9, увеличение количества продукта экструзионного опытного от 3 до 10 % от массы муки количество клейковины уменьшалось на 0,2 – 1,3 % по сравнению с контрольной пробой. Снижение количества клейковины можно объяснить дополнительным введением крахмалсодержащего продукта – экструдата, что приводило к общему снижению клейковинообразующих фракций белков пшеничной муки.

Анализируя данные таблицы 9, следует отметить, что внесение добавки – продукта экструзионного опытного влияет на показатели качества клейковины. Установлено, что внесение продукта экструзионного опытного способствовало укреплению клейковины пшеничной муки. Минимальный показатель, свидетельствующий об укреплении клейковины – 85 ед. пр. ИДК-1 отмечен в пробе пшеничной муки с добавлением ПЭО в количестве 10 % от массы муки. Укрепляющее действие на клейковину возможно оказывают органические кислоты в составе ЭГК, способствующие образованию дисульфидных связей. Окислительное воздействие добавки на комплекс клейковинных белков обуславливает также снижение гидратационной способности клейковины по сравнению с контролем на 3, 9 и 17 % в пробах с добавлением продукта экструзионного опытного в количестве 3, 5, 10 % соответственно.

Таким образом в результате исследований установлено, что использование продукта экструзионного с добавлением ЭГК в хлебопекарном производстве возможно как компонента, корректирующего хлебопекарные свойства пшеничной муки.

2.3.3.2 Определение влияния экструзионных продуктов на реологические свойства теста из пшеничной муки

Проводили исследования влияния экструзионных продуктов на хлебопекарные и реологические свойства муки пшеничной хлебопекарной первого сорта. Применяли современные методы контроля качества теста – альвеографический, реоферментативный, фаринографический.

Приготовление теста осуществляли безопасным способом, описанном в разделе 2.2.2 Исследования проводили с применением проб, состав которых представлен на странице 75.

Определение реологических свойств пшеничного теста проводили на альвеографе. Показатели упругих и пластичных свойств теста приведены на рисунке 23 и таблице 10.

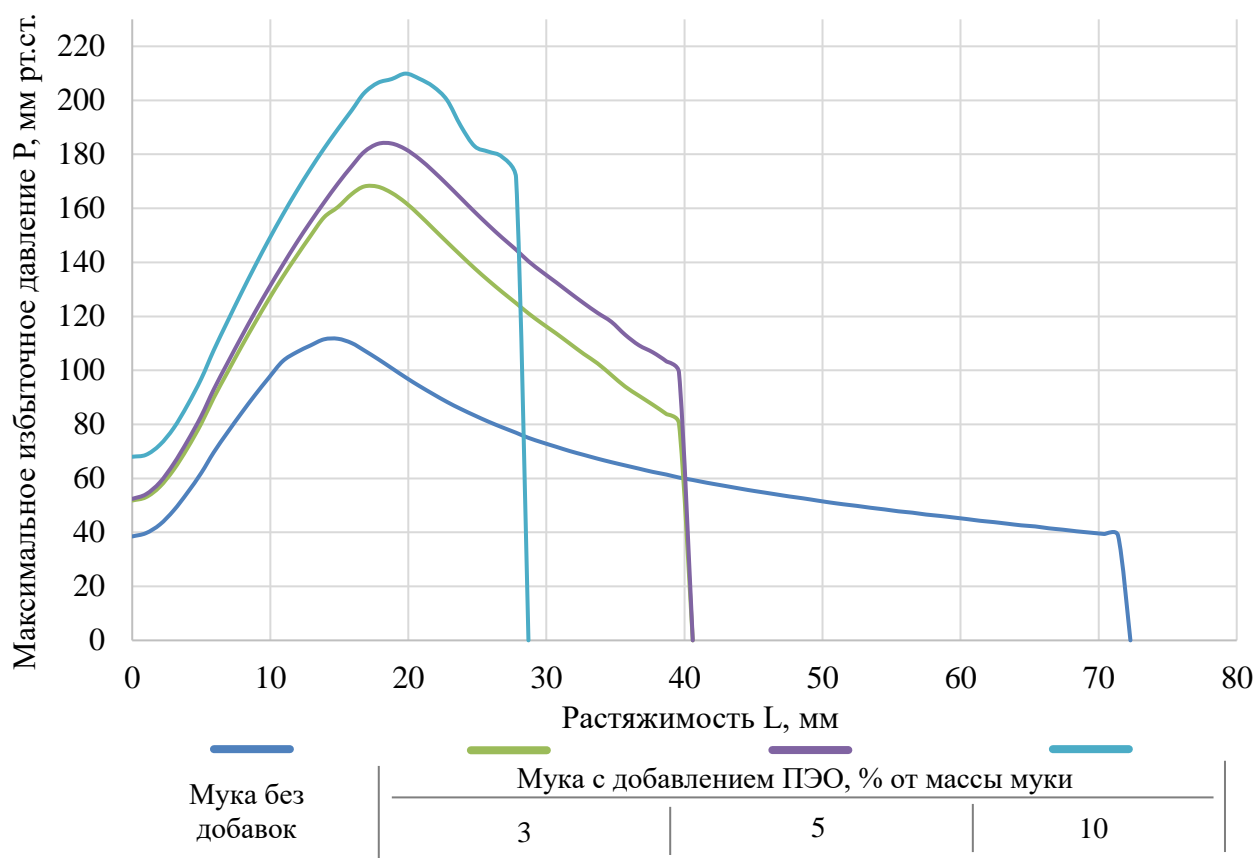


Рисунок 23 – Альвеограмма пшеничной муки с добавлением ПЭО

На рисунке 23 представлена зависимость показателя растяжимости теста (L) от максимального избыточного давления (P). Можно наблюдать, что внесение экструдатов повышает упругие свойства теста и снижает растяжимые свойства. Из данных, представленных на рисунке 23, видно, что внесение ПЭО в количестве 3 % и 5 % к массе муки повышает упругость теста (P), показатель упругих свойств увеличивается в среднем в 1,5-1,7 раза по сравнению с контрольной пробой.

Таблица 10 - Влияние экструзионных продуктов на упругие и пластичные свойства теста

Показатели	Единицы измерения	Мука без добавок	Мука с добавлением ПЭО, % от массы муки		
			3	5	10
Максимальное избыточное давление (P)	mmH ₂ O	112	168	184	210
Усредненное значение по оси абсцисс в точке разрыва (L)	mm	71	40	40	28
Коэффициент деформации (G)		18,8	14,1	14,1	11,8
Хлебопекарная способность (работа по деформации теста W)	10 ⁻⁴ Дж/г	308	308	342	286
Соотношение (P/L)		1,73	4,62	5,05	8,25
Коэффициент эластичности (Ie)	%	54	47,8	54,1	0

Работа по деформации теста, определяемая по площади кривой, характеризующей хлебопекарную способность, повышается при добавлении 5 % продукта экструзионного опытного - на 34×10^{-4} Дж/г. Необходимо отметить, что улучшение упругих свойств теста способствует снижению технологических потерь при разделке теста, повышению формоустойчивости тестовых заготовок в процессе расстойки.

2.3.3.3 Изучение влияния экструзионных продуктов на физические свойства теста в процессе замеса

Изменение физических характеристик теста при механических нагрузках, имитирующих производственный процесс замеса теста, определяли на приборе Фаринограф – Е.

Данные, полученные с помощью прибора, позволяют проследить за изменением свойств теста в период его замеса по показателям устойчивости и времени образования. На рисунках 24 и 25 представлены динамика поведения теста в процессе замеса и показатели водопоглотительной способности теста.

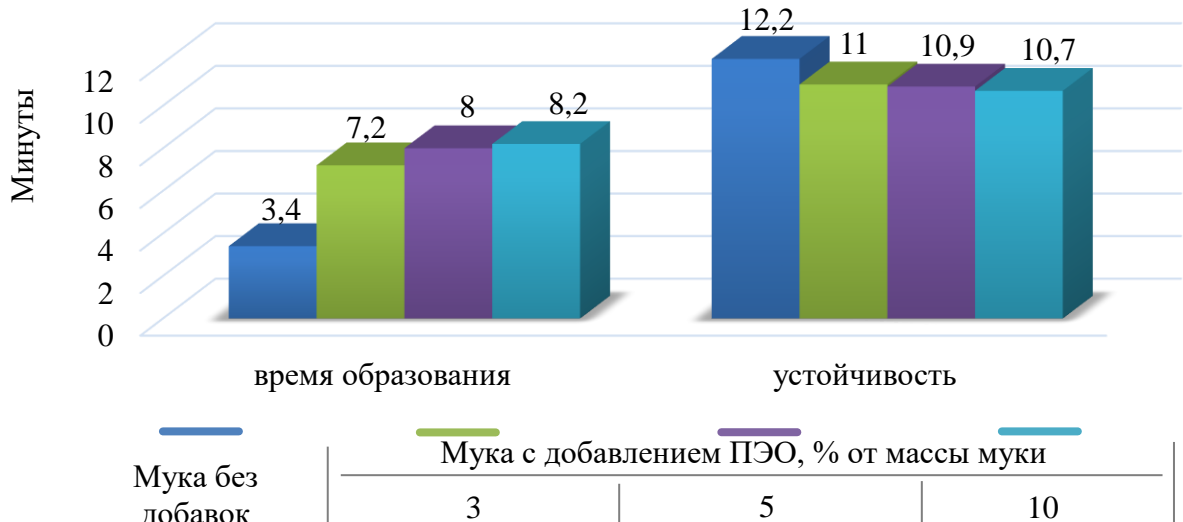


Рисунок 24 – Влияние экструзионных продуктов на физические свойства теста

Тесто с добавлением ПЭО в разных количествах имело близкие показатели устойчивости, при этом следует отметить, что продолжительность образования теста исследуемых добавок была более длительной по сравнению с тестом без добавлений, что, возможно, связано с более длительным набуханием частиц экструзионного продукта.

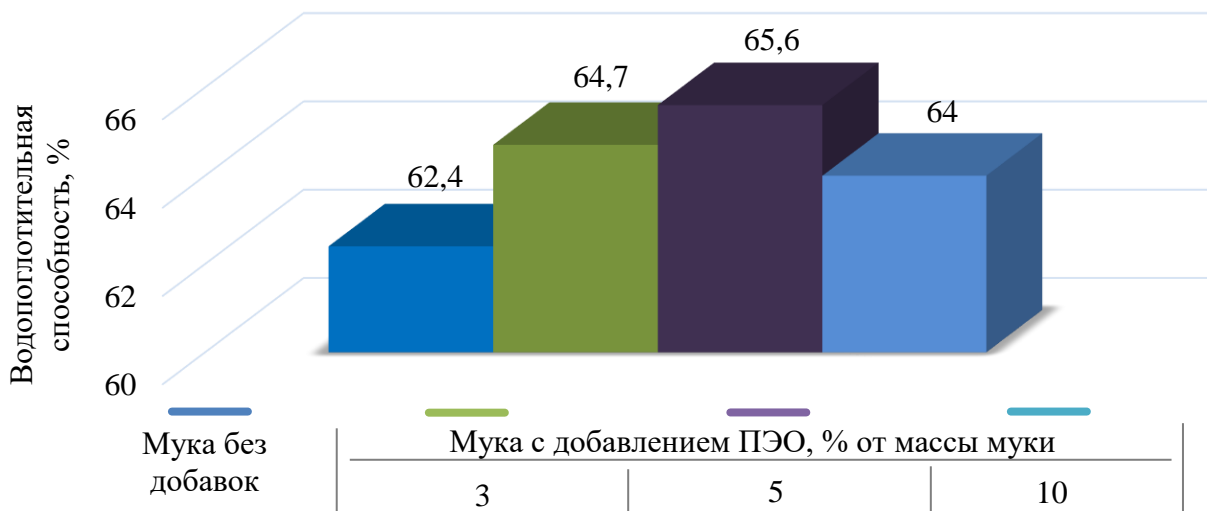


Рисунок 25 - Влияние экструзионных продуктов на водопоглощательную способность теста

Данные опытов показали (рисунок 25), что к моменту образования теста водопоглощательная способность теста с добавлением продукта экструзионного опытного повышается на 2-6 % по сравнению с контрольной пробой теста без добавок. Увеличение водопоглощательной способности теста создает лучшие условия для клейстеризации крахмала, поглощения влаги белковыми веществами,

способствует равномерной консистенции и устойчивости теста. Повышение водопоглотительной способности теста приводит к увеличению выхода готовых изделий и при постоянном контроле этого параметра возможно вырабатывать изделия повышенного качества.

Увеличение водопоглотительной способности теста с добавлением ПЭО в количестве 5 и 10 %, можно объяснить изменением состояния белково-протеиназного комплекса муки в связи с действием гидроксимионной кислоты, присутствующей в ПЭО, как улучшителя окислительного действия. Видимо, увеличение «силы» пшеничной муки в пробах, содержащих ЭГК, обусловлено изменением соотношения в белковых веществах сульфгидрильных и дисульфидных связей в сторону увеличения последних.

В таблице 11 приведены данные, характеризующие свойства теста.

Таблица 11 - Влияние добавок на свойства теста

Наименование показателей	Мука без добавок	Мука с добавлением ПЭО, % от массы муки		
		3	5	10
Водопоглотительная способность, %	62,4	64,7	65,6	64
Время образования, мин	3,4	7,2	8	8,2
Устойчивость, мин	12,2	11	10,9	10,7
Разжижение (через 10 мин от начала)	9	11	9	14
Балловая оценка, балл	133	133	136	131

Из полученных данных видно, что для получения эластичного теста с внесением экструдатов в муку, потребуется большее количество воды.

Также возрастает и продолжительность замеса теста, в среднем на 3,5-4,5 минут, что может сказаться на экономических результатах, т.к. увеличение продолжительности замеса приводит к увеличению энергии, требуемой для получения однородного теста. Из таблицы 11 следует отметить как положительный факт, что по данным, полученным на приборе фаринограф, высшую оценку имели пробы теста с добавлением продукта экструзионного опытного в количестве 3-5 % от массы муки (133-136 баллов).

2.3.3.4 Исследование влияния экструзионных продуктов на автолитическую активность пшеничной муки

Автолитическую активность пшеничной муки определяли с помощью прибора амилограф. Определяли максимальную вязкость крахмала и температуру ее достижения в процессе нагрева теста, оценивали свойства крахмала и активность собственных ферментов муки, а также ферментов применяемых добавок.

Для определения вязкости водно-мучной суспензии, в соответствии с принятым методом, ее подвергали клейстеризации. Скорость нагрева суспензии составляла 1,5 °С/мин, что соответствует скорости нагрева тестовых заготовок при выпечке, в связи с чем, информация о процессе клейстеризации муки была практически близкой к реальным производственным условиям. Процесс клейстеризации крахмала при выпечке хлеба имеет решающее значение в формировании мякиша, так как для получения хлеба соответствующего качества показатель вязкости и температуры клейстеризации крахмала должны обеспечить растяжение теста под действием газообразной фазы и при этом иметь возможность сохранять газ для образования мякиша хлеба. Показатели клейстеризации крахмала представлены на рисунке 26.

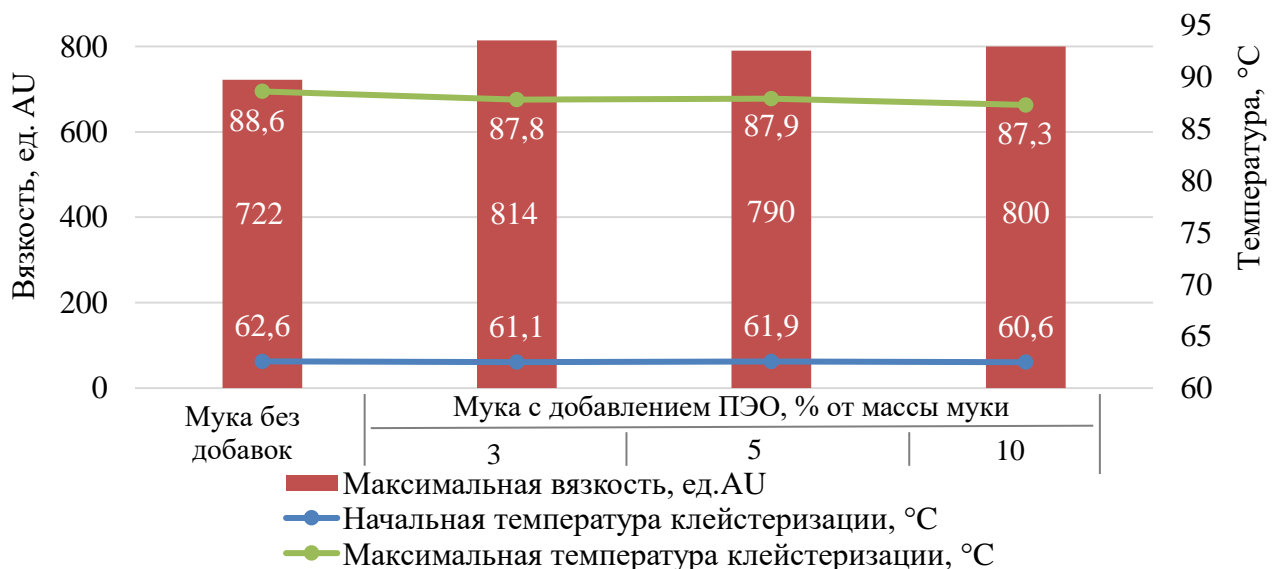


Рисунок 26 - Показатели клейстеризации крахмала

Результаты исследований показали, что начальная температура клейстеризации крахмала практически не изменялась при добавлении к пшеничной муке экструдатов, содержащих ЭГК, и, следовательно, процесс формирования мякиша хлеба при выпечке также не менялся.

Наблюдалось изменение показателя максимума клейстеризации крахмала в пробах, содержащих опытный экструзионный продукт (с ЭГК) – увеличение показателя составило 68-92 ед.АУ. Стабильное увеличение этого показателя, по мере увеличения дозы экструзионного продукта с ЭГК, позволяет объяснить указанное изменение присутствием в опытных пробах ГЛК. Гидроксимионная кислота обуславливает повышение кислотности, создающей условия для снижения активности амилолитических ферментов, в результате чего уменьшается содержание водорастворимых углеводов и вязкость суспензии повышается.

2.3.3.5 Определение влияния экструзионных продуктов на показатели формирования теста

Показатели газообразующей и газодерживающей способностей муки проводили на приборе реоферментометр, с помощью которого возможно установить связь между показателем накопления диоксида углерода и способностью каркаса клейковины удерживать газ в процессе брожения теста в течение 5 часов при температуре 30 °С. На рисунке 27 представлены показатели, характеризующие процесс брожения теста.

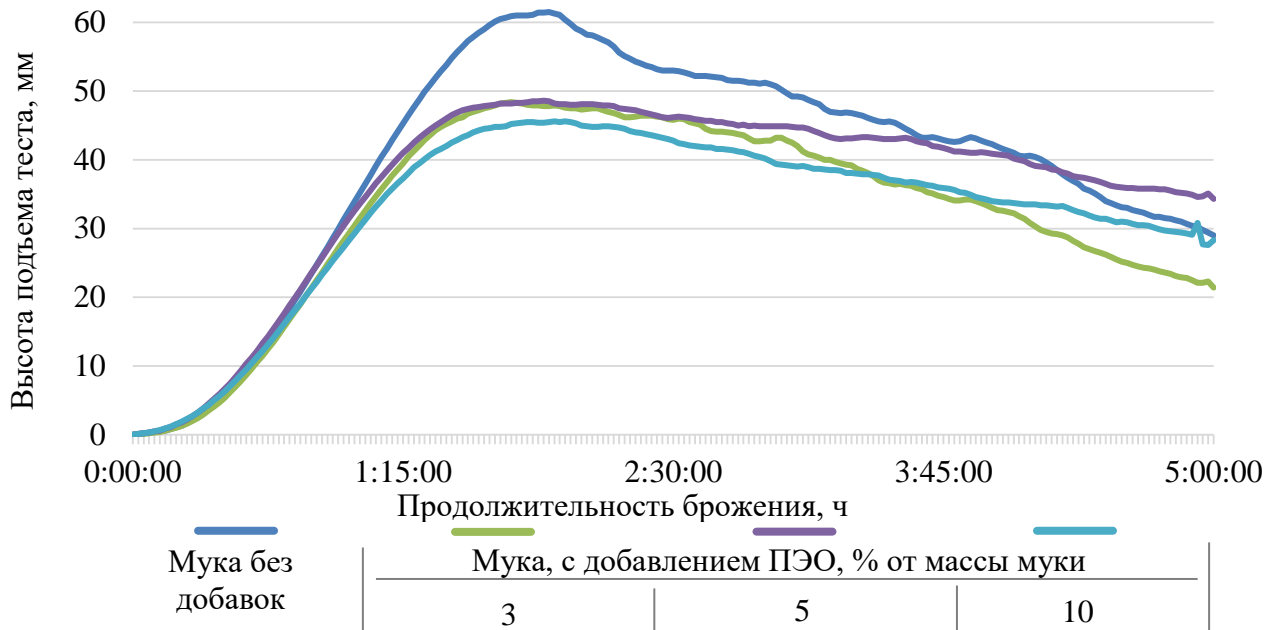


Рисунок 27 - Влияние экструзионных продуктов на высоту подъема теста при брожении

Ранее проведенные исследования показали, что внесение экструзионных продуктов повышает упругие свойства теста и снижает растяжимость теста. Подобные результаты получены на приборе реоферментометр, указанные изменения свойств теста приводят к снижению степени развития теста (61,5 мм – для контрольной пробы, 45,6-52 мм – для опытных проб) (рисунок 27). При этом возрастает устойчивость тестовых заготовок на 0,2 – 1,2 ч по сравнению с контрольной пробой (таблица 12).

Таблица 12 - Влияние экструзионных продуктов на показатели развития теста

Показатели	Мука без добавок	Мука с добавлением ПЭО, % к массе муки		
		3	5	10
Развитие теста				
Максимальная высота поднятия теста под нагрузкой (Нм), мм	61,5	48,4	48,6	45,6
h, мм	29	21,4	34,3	28,3
(Нм-h)/Нм, %	52,8	55,8	29,4	37,9
Время поднятия теста до максимального значения (Т1), ч	1:55:30	1:45:00	1:54:00	2:00:00
Т2, ч	2:19:30	3:03:00	3:37:30	2:57:00
Т'2, ч	1:28:30	1:21:00	1:19:30	1:21:00
Устойчивость теста (Т2-Т'2), ч	0:51:00	1:42:00	2:18:00	1:36:00
Газообразование				
Н'm, мм	74,4	68,9	68	61,8
Т'1, ч	1:30:00	1:28:30	1:22:30	2:00:00
Тх, ч	1:18:00	1:19:30	1:07:30	1:19:30
Общий объём, мл	2130	1945	1953	2068
Объём потерянного СО ₂ , мл	625	250	312	356
Объём удерживания, мл	1505	1695	1641	1713
Коэффициент удерживания, %	70,7	87,2	84	82,8

В таблице 13 представлена динамика процесса газообразования, протекающего в тесте.

Таблица 13 - Влияние экструзионных продуктов на газообразование через каждые 30 минут брожения теста, мл CO₂

Время, ч	Мука без добавок	Мука с добавлением ПЭО, % к массе муки		
		3	5	10
0:30:00	100	94	107	100
1:00:00	274	254	256	230
1:30:00	336	311	310	273
2:00:00	327	314	296	286
2:30:00	265	288	265	282
3:00:00	224	241	220	247
3:30:00	206	190	188	201
4:00:00	187	134	156	173
4:30:00	140	72	101	151
5:00:00	71	47	54	125
Всего	2130	1945	1953	2068

На рисунке 28 показаны данные, характеризующие газообразующую способность муки без добавок и с добавлением экструзионных продуктов.

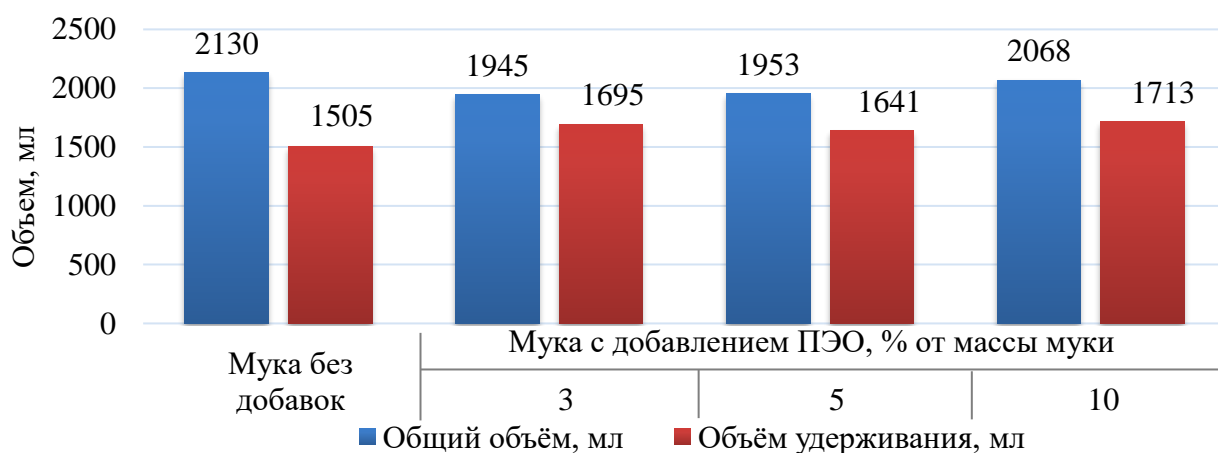


Рисунок 28 - Влияние экструзионных продуктов на показатели газообразующей / газодерживающей способностей муки

На рисунке 28 видно, что по показателю общего объема удерживаемого газа лучшими параметрами обладают пробы из муки без добавлений - 2130 мл, а также муки с добавлением ПЭО в количестве 10 %, имеющей значение близкое к контрольной пробой - 2043 мл. По показателю объема удерживания CO_2 проба с внесением 3 % ПЭО к массе муки превосходила на 190 мл показатель контрольной пробы без добавлений.

За 5 часов брожения максимальное количество CO_2 наблюдали в контрольной пробе без добавок 2130 мл, близкой по содержанию CO_2 (2068 мл) была проба, содержащая ПЭО, внесенная в количестве 10 %.

Объем удерживаемого диоксида углерода в тесте с добавлением экструзионных продуктов характерен для муки с «нормальной» газообразующей способностью (1633-1713 мл), что свидетельствует о достаточном объеме диоксида углерода для разрыхления теста. В связи с тем, что газообразующая способность находится в прямой зависимости от сахарообразующей, то можно утверждать, что к концу брожения остается необходимое количество углеводов для реакции меланоидинообразования, обуславливающей цвет корок готовых изделий.

Газоудерживающая способность определяется как отношение удерживаемого объема диоксида углерода к общему объему выделившегося газа, выраженное в процентах. Данные анализа показали, что внесение продуктов экструзионных содержащих ЭГК повышает показатель газоудерживающей способности, формируя тем самым тонкостенную равномерную пористость готовых изделий. Увеличение коэффициента удерживания газа тестом с продуктами экструзионными содержащими ЭГК составляет 9-17 % относительно контрольной пробы, что свидетельствует об улучшении хлебопекарных свойств пшеничной муки.

Продукт экструзионный опытный, добавленный к пшеничной муке в количестве 3-5 %, способствует улучшению хлебопекарных свойств пшеничной муки, повышая упругие свойства, устойчивость и вязкость пшеничного теста.

В связи с присутствием в составе продукта экструзионного опытного гидроксимионной кислоты, рекомендуется применять его для производства хлебобулочных изделий из муки пониженного качества – с увеличенной активностью амилолитических и (или) протеолитических ферментов.

Положительное влияние ПЭО на хлебопекарные и реологические свойства пшеничной муки и теста явилось основанием для продолжения исследований в направлении разработки хлебобулочных изделий.

Заключение по разделу 2.3.3

Исследовали влияние экструзионного продукта с добавлением ЭГК на хлебопекарные и реологические свойства пшеничной муки. Установлено, что внесение продукта экструзионного опытного способствовало укреплению клейковины пшеничной муки, что, возможно, обусловлено окислительным воздействием ГЛК на комплекс клейковинных белков. Отмечено увеличение водопоглотительной способности теста с добавлением ПЭО, что обусловлено изменением соотношения в белковых веществах сульфгидрильных и дисульфидных связей в сторону увеличения последних. Наблюдали изменение показателя максимума клейстеризации крахмала в пробах, содержащих продукт экструзионный опытный, что, возможно, связано с присутствием в опытных пробах ГЛК, которая обеспечивает повышение кислотности, создающей условия для снижения активности амилолитических ферментов.

Продукт экструзионный опытный, добавленный к пшеничной муке в количестве 3-5 %, способствует улучшению хлебопекарных свойств пшеничной муки, повышая упругие свойства, устойчивость и вязкость пшеничного теста.

2.3.4 Исследование влияния экструзионных продуктов на качество хлебобулочных изделий

Изменение образа жизни и структуры питания населения, в совокупности с уменьшением физической активности, способствуют развитию избыточного веса, и впоследствии, ожирения. С целью профилактики накопления избыточной жировой ткани в организме человека рекомендуется употреблять в пищу продукты питания, имеющие в своем составе пищевые волокна, витаминно-минеральные комплексы и экстракты растений. Мучные изделия, как наиболее доступный и распространенный пищевой продукт, целесообразно обогащать веществами, способствующими стабилизации метаболизма нутриентов в организме человека. Одним из возможных вариантов обогащения хлебобулочных изделий может являться введение в рецептуру ЭГК. В литературе имеются данные по использованию продуктов переработки плодов гарцинии камбоджийской в пищевой промышленности [119, 125, 132, 134]. Для разработки технологических решений по применению продукта экструзионного опытного в производстве хлебобулочных изделий целесообразно изучить показатели качества готовой продукции. В связи с этим, определяли влияние экструзионных продуктов на физико-химические, органолептические и микробиологические показатели качества хлеба из пшеничной муки, реологические свойства мякиша и сохранение свежести хлеба.

2.3.4.1 Исследование влияния экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на показатели качества хлеба из пшеничной муки

Изучали влияние экструзионных продуктов на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба из пшеничной муки. Приготовление теста осуществляли безопасным способом, описанном в разделе 2.2.2.

Для проведения исследования были приняты следующие пробы:
проба 1 - контроль – хлеб пшеничный без добавлений;

проба 2 - хлеб пшеничный с добавлением ПЭО в количестве 3 % от массы муки;
 проба 3 - хлеб пшеничный с добавлением ПЭО в количестве 5 % от массы муки;
 проба 4 - хлеб пшеничный с добавлением ПЭО в количестве 10 % от массы муки;

Экструзионные продукты измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц 0,1-0,2 мм и вносили в сухом виде в муку при замесе теста.

Проводили оценку качества хлеба по физико-химическим показателям (удельный объем, пористость, формоустойчивость, влажность, кислотность) и органолептическим показателям (внешний вид: форма, поверхность и цвет; состояние мякиша: пропеченность, состояние пористости, цвет, вкус, запах), по методам, описанным в разделе 2.2. Полученные данные представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Влияние экструзионных продуктов на показатели качества хлеба из пшеничной муки

Показатели	Хлеб без добавок	Хлеб с добавлением ПЭО, % к массе муки		
		3	5	10
ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ				
Внешний вид				
Форма	правильная, соответствующая данному виду изделий			
Поверхность	гладкая		шероховатая	
	без трещин и подрывов			
Цвет	светло - коричневый			коричневый
Состояние мякиша				
Пропеченность	пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь			
	эластичный		не эластичный	
Пористость	развитая, без пустот и уплотнений, достаточно равномерная		не развитая, без пустот, с небольшими уплотнениями, неравномерная	
Цвет	белый		светло - серый	светло - серый с бежевым оттенком
Вкус	свойственный данному виду изделия		свойственный данному виду изделия, с легким привкусом кукурузы	
Запах	свойственный данному виду изделия		свойственный данному виду изделия, с легким ароматом кукурузы	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ				
Удельный объем, см ³ /г	3,1	3,1	3,0	2,90
Пористость, %	73,0	73,5	73,0	71,0
Формоустойчивость хлеба, Н/Д	0,5	0,5	0,5	0,6
Влажность мякиша, %	41,5	41,3	41,4	41,4
Кислотность мякиша, град	3,0	3,2	3,4	3,6

Согласно представленным данным в таблице 14 видно, что проба хлеба с добавлением ПЭО в количестве 3 % и 5 % по показателям удельного объема и пористости находились на уровне показателей контрольной пробы. При внесении 10 % ПЭО в хлеб отмечалось снижение удельного объема на 0,2 см³/г, пористости на 2% по сравнению с хлебом без добавок. По органолептическим показателям выделялась проба хлеба с добавлением ПЭО 3 % от массы муки по сравнению с другими опытными пробами. Поверхность хлеба была светло – коричневого цвета, гладкая, без трещин и подрывов. Мякиш пропечённый, не влажный на ощупь, эластичный, пористость развитая, без пустот и уплотнений, достаточно равномерная.

Таким образом можно заключить, что внесение ПЭО в количестве 3 % от массы муки не ухудшает физико-химические показатели качества и положительно отражается на органолептических показателях качества готовых изделий.

2.3.4.2 Исследование влияния экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба из пшеничной муки

Ранее показано, что внесение ПЭО в количестве 3 % обуславливает лучшие показатели качества хлеба по сравнению с применением ПЭО в других дозах. В исследовании применяли как продукт экструзионный опытный, так и продукт экструзионный контрольный - без добавления экстракта гарцинии камбоджийской. Поэтому для дальнейших исследований приняты пробы изделий с внесением ПЭК и ПЭО в количестве 3 % от массы муки. Для изучения влияния вносимых экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба производили исследование упруго-пластичных свойств и периода релаксации проб хлеба на приборе – текстуроанализаторе «Структурометр СТ-1» (раздел 2.2). На качество хлебобулочных изделий, помимо органолептических и физико-химических показателей, влияют и реологические свойства, в первую очередь упругость и пластичность, которые определяют, подвергая исследуемые пробы испытанию на сжатие. В начале процесса сжатия наблюдается прямая зависимость усилия F от глубины внедрения индентора, что характеризует модуль упругости пробы. Затем

образуется линейный участок и точка перегиба, что характеризует материал как упругое тело. При последующем увеличении глубины внедрения индентора возрастает усилие нагружения, что связано с уплотнением мякиша хлеба и потерей способности к деформированию. При разгрузке материала скорость уменьшения усилия практически постоянна, т.е. мякиш хлеба проявляет свойства линейно-упругого тела и при приближении нагрузки к значению F_0 модуль упругости заметно снижается. При полном снятии усилия с пробы хлеба пластическая деформация не равна нулю, т.е. в материале имеется остаточная деформация, что характеризует пластические свойства пробы [18, 57].

Результаты исследования представлены на рисунке 29.

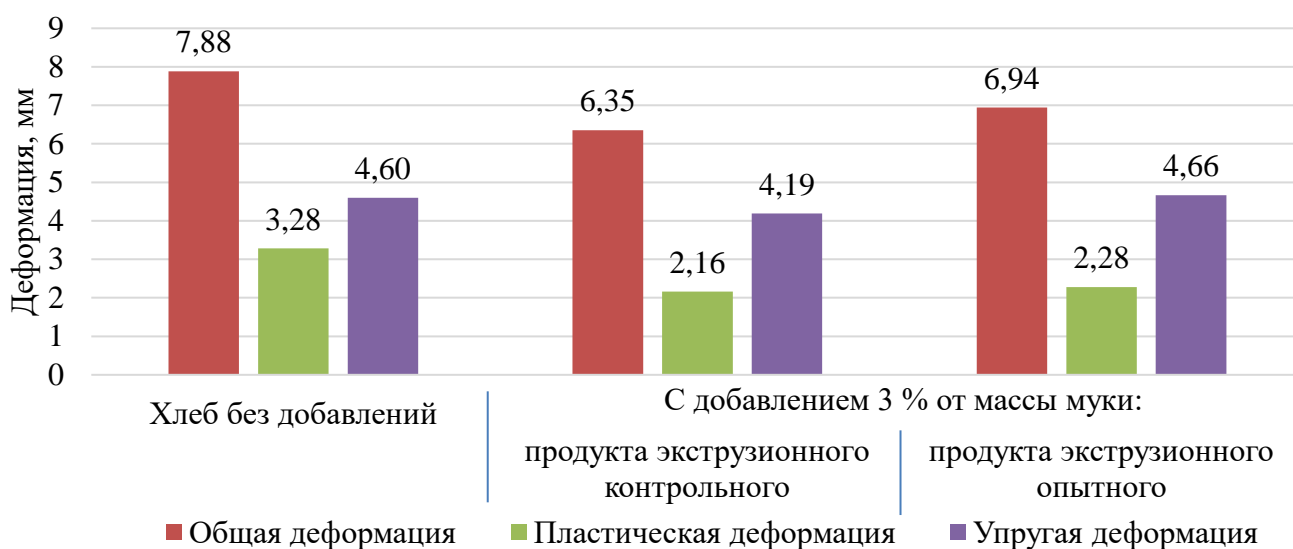


Рисунок 29 - Влияние экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба

На рисунке 29 представлены результаты определения реологических свойств мякиша хлеба: общей, пластической и упругой деформации. Хлеб из пшеничной муки имел максимальное значение общей деформации 7,9 мм. Упругая деформация пробы, характеризующая способность восстанавливать первоначальную форму при снятии нагрузки, составила 4,6 мм. Наиболее близкой к контролю по показателю общей деформации (6,9 мм) является проба хлеба с добавлением ПЭО. Упругая деформация мякиша данной пробы превосходила показатель хлеба без добавок на 0,1 мм, что свидетельствовало о более эластичной структуре мякиша хлеба. Проба хлеба с добавлением ПЭК характеризовалась пониженными

значениями общей, упругой и пластической деформации по сравнению с контролем. Далее проводили исследование периода релаксации мякиша хлебобулочных изделий. Период релаксации – это развивающийся во времени процесс выравнивания внутренних напряжений при постоянной деформации [57]. Чем длительнее период релаксации мякиша хлеба, тем в большей степени проявляются упругие свойства мякиша, что является положительным фактором при органолептической оценке. Определение периода релаксации производили на «Структурометре СТ-1» по методу, описанному в разделе 2.2. Результаты исследований представлены на рисунках 30 - 32.

Интенсивность скорости релаксации характеризуется скоростью релаксации с максимальным значением на начальном этапе, уменьшающейся до нуля при завершении процесса или переходящим в постоянное значение, если в период наблюдения процесс не завершается. Интенсивность релаксации характеризуется тангенсом угла наклона α_1 . Максимальное значение глубины процесса релаксации характеризовали по тангенсу угла наклона α_2 .

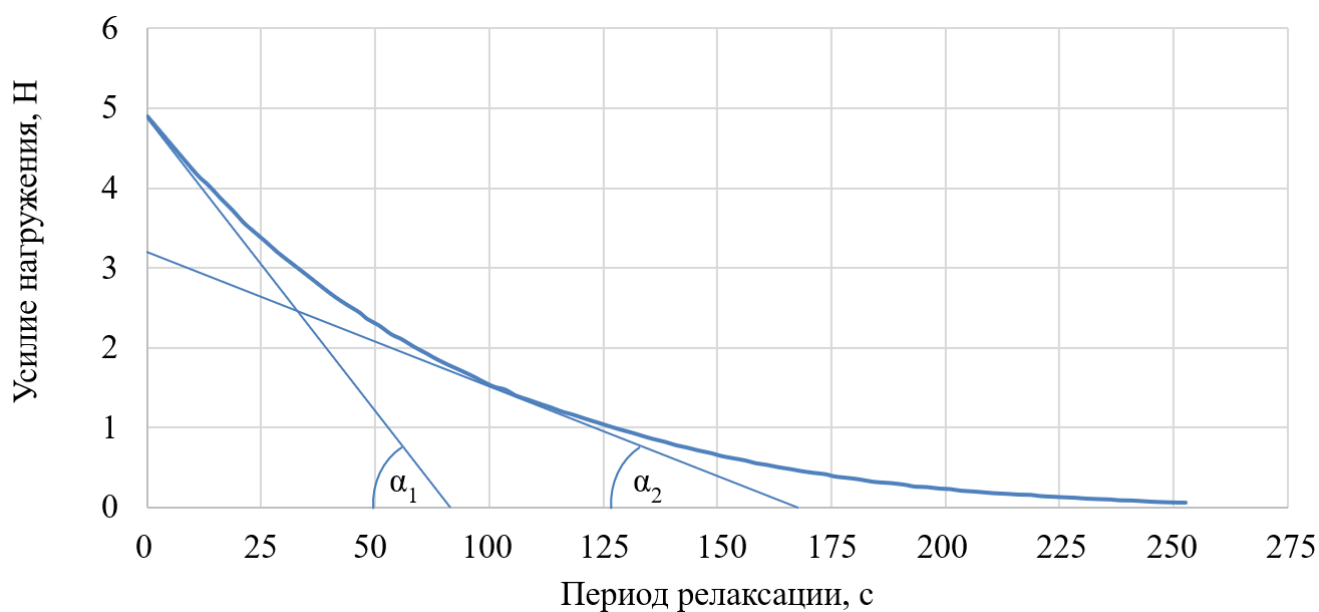


Рисунок 30 – График периода релаксации напряжений хлеба без добавлений

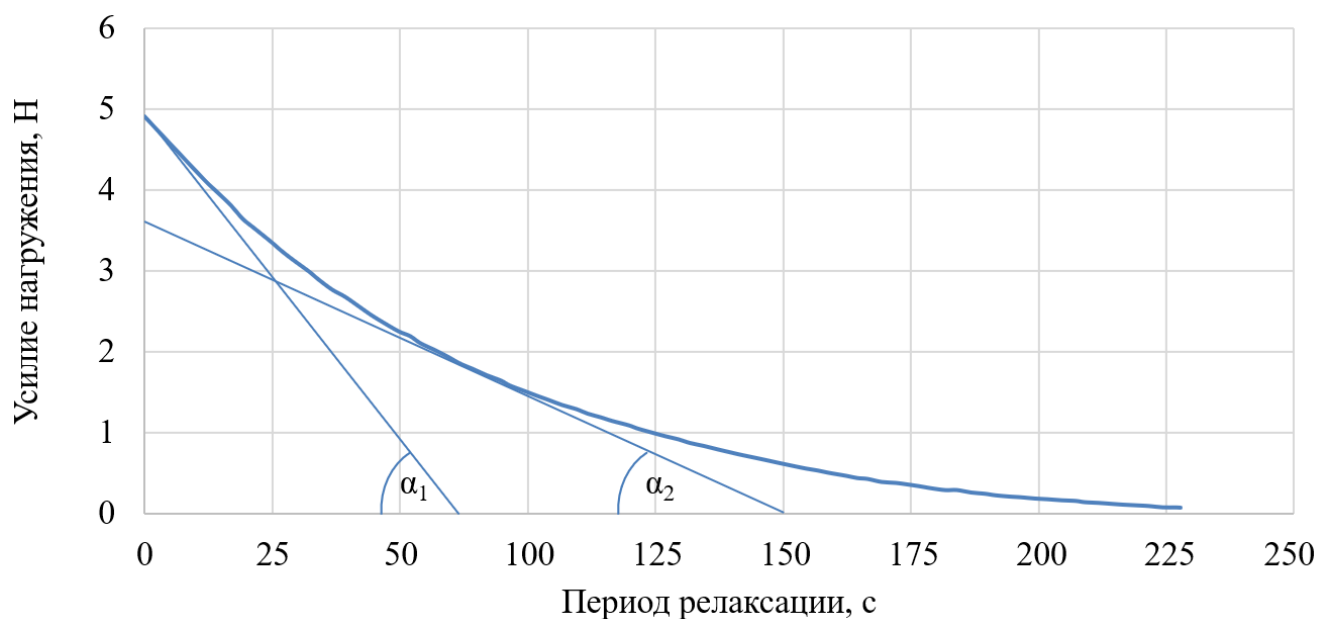


Рисунок 31 - График периода релаксации напряжений с внесением ПЭК

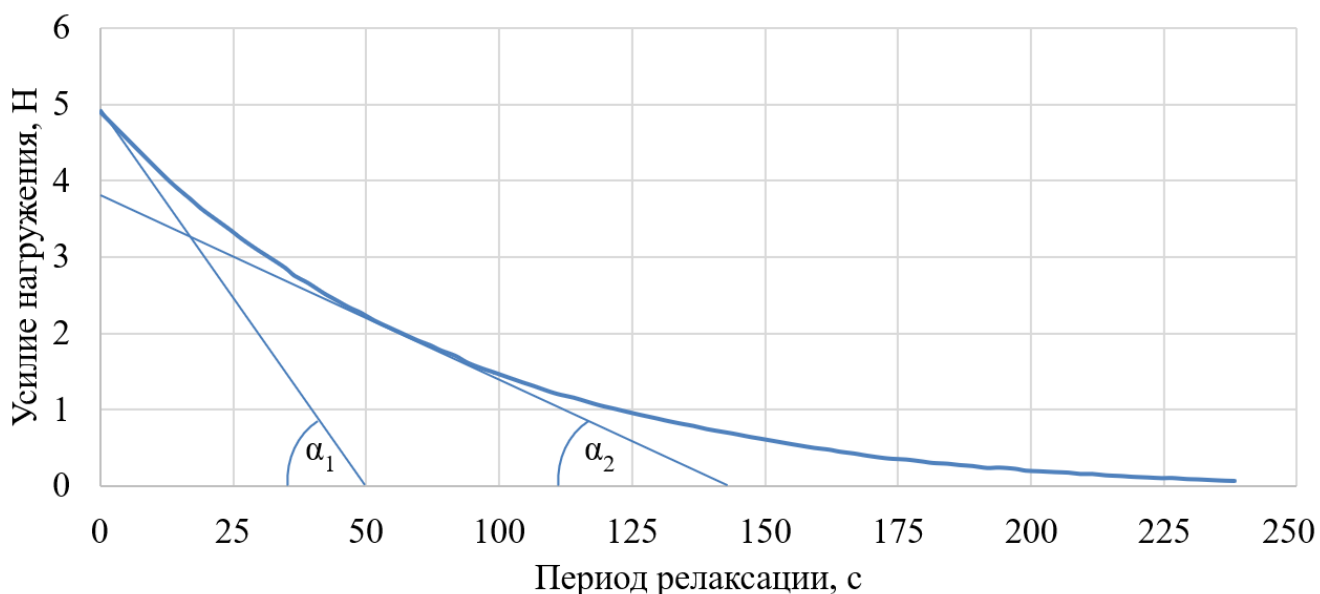


Рисунок 32 - График периода релаксации напряжений хлеба с внесением ПЭО

На рисунках 30 - 32 представлены графики периода релаксации проб хлеба из пшеничной муки без добавлений, с добавлением в количестве 3 % от массы муки ПЭК и ПЭО. Построены касательные в предельных точках максимального значения интенсивности и глубины процесса релаксации, что позволило вычислить углы наклона касательных относительно оси абсцисс. Исходя из этого, произведен расчет тангенса угла наклона касательных, что характеризует протекание процесса релаксации мякиша хлеба. Для численного сравнения данные приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Показатели процесса релаксации напряжений

Тангенс угла наклона касательных к оси абсцисс	Хлеб без добавлений	Хлеб с добавлением 3 % от массы муки	
		продукта экструзионного контрольного	продукта экструзионного опытного
α_1 (tg)	1,768	1,342	1,455
α_2 (tg)	0,536	0,468	0,496

В таблице 15 представлены значения тангенса угла наклона касательных к оси абсцисс. По значениям тангенса угла наклона α_1 , характеризующего интенсивность процесса релаксации, близким значением к контрольной пробе (1,768) была проба хлеба с внесением ПЭО (1,455). Максимальное значение тангенса угла наклона α_2 , характеризующей глубину периода релаксации отмечено в контрольной пробе 0,536, в опытных пробах хлеба тангенс угла наклона α_2 составил 0,468 с внесением ПЭК, 0,496 с внесением ПЭО. Таким образом проведенные исследования реологических свойств хлебобулочных изделий показали, что внесение ПЭО способствовало улучшению упругих свойств мякиша, что положительно характеризовало текстуру изделий по сравнению с другими пробами.

2.3.4.3 Исследование влияния экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба из пшеничной муки при его хранении

При хранении хлеба через определенное время появляются признаки черствения, обусловленные в основном изменением реологических свойств мякиша. Данные изменения выражаются в снижении сжимаемости, эластичности и пластичности мякиша, увеличением крошковатости при нарезании.

Исследование реологических свойств хлебобулочных изделий в процессе хранения определяли на приборе «Структурометр СТ-1». Предложен метод, позволяющий объективно характеризовать реологические свойства мякиша хлеба в процессе хранения. Он основан на определении общей деформации мякиша хлеба

через определенные промежутки времени при хранении, что позволяет установить кинетику усилий, возникающих в процессе сжатия пробы [18]. Исследовали изменения реологических свойств мякиша хлеба из пшеничной муки без добавлений, с добавлением ПЭК и ПЭО в количестве 3 % от массы муки при хранении в упакованном виде в течение 7 суток при температуре 18-20 °С и относительной влажности воздуха 70-75 %. Результаты исследований представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Влияние экструзионных продуктов на реологические свойства мякиша хлеба при хранении

Наименование проб хлеба из пшеничной муки	Период хранения, сутки	Деформация мякиша хлеба, мм		
		Общая	Упругая	Пластическая
Без добавлений	1	7,883	4,602	3,282
	2	6,727	4,029	2,698
	3	5,815	3,478	2,338
	4	5,240	3,230	2,010
	5	5,286	3,175	2,111
	6	5,372	3,204	2,169
	7	5,352	3,175	2,177
С добавлением продукта экструзионного контрольного, 3 % от массы муки	1	6,352	4,187	2,165
	2	5,876	3,917	1,958
	3	5,434	3,645	1,789
	4	4,975	3,375	1,599
	5	4,657	3,160	1,498
	6	4,578	3,112	1,467
	7	4,482	3,049	1,433
С добавлением продукта экструзионного опытного, 3 % от массы муки	1	6,941	4,664	2,277
	2	6,067	4,195	1,872
	3	5,567	3,945	1,622
	4	5,350	3,955	1,395
	5	5,397	3,932	1,465
	6	5,485	3,980	1,505
	7	5,464	3,954	1,510

Данные представленные в таблице 16, свидетельствуют об изменении реологических свойств мякиша хлеба в процессе его хранения. Хлеб из пшеничной муки без добавлений в течение первых трех суток хранения характеризовался уплотнением мякиша, что выражалось в снижении общей деформации пробы на 50 %. Возможно, это связано с ретроградацией крахмальных зерен, при которой происходит агрегация биополимеров, приводящая к естественному уплотнению молекул крахмала и вытеснению из них влаги. В дальнейшем, при хранении изделий (4-7 суток) наблюдали незначительное увеличение общей деформации мякиша хлеба на 2 %, что обусловлено изменением конформации белковых веществ [3]. Снижение общей деформации от первоначального значения в течение первых трех суток хранения наблюдали и в опытных пробах: с добавлением ПЭК - на 28 %, ПЭО - на 30 %. Данные результаты свидетельствуют о протекании процесса ретроградации крахмальных зерен в меньшей степени, чем в контрольной пробе. Дальнейшее изменение реологических свойств мякиша хлеба при хранении, связанное с изменением конформации белковых веществ, выразалась в увеличении общей деформации хлеба в опытной пробе ПЭО на 2 %. Проба с добавлением продукта экструзионного контрольного показала обратную динамику, уменьшение составило 11 %. За общий период хранения хлеба в течение 7 суток отмечено снижение общей деформации мякиша: в контрольной пробе на 47 %, с добавлением ПЭК на 42 %, ПЭО на 27 %.

Данное исследование не позволяет полностью получить объективную оценку влияния вносимых добавок на сохранение свежести хлеба, в связи с разнонаправленными изменениями реологических свойств на различных этапах хранения. Для более объективной оценки изменения реологических свойств мякиша хлеба в процессе хранения применяли метод, основанный на сравнении углов наклона лучей, отражающих показатели общей деформации мякиша [18]. Проводили сравнение углов наклона луча, характеризующего средние значения общей деформации мякиша в процессе хранения изделий и луча, лежащего параллельно оси абсцисс и проходящего через точку первого значения показателя общей деформации мякиша на начало хранения (рисунок 33).

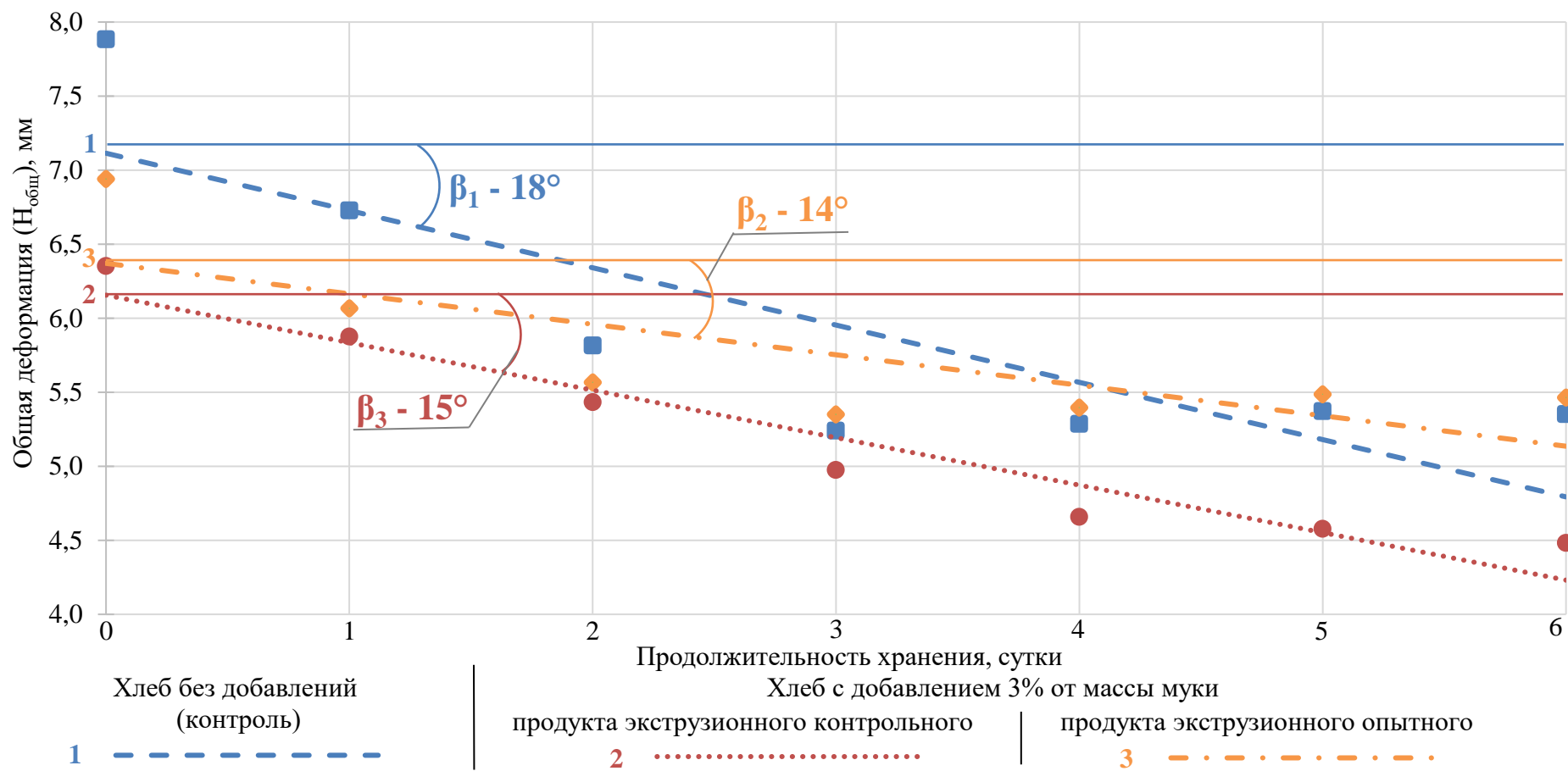


Рисунок 33 - Влияние экструзионных продуктов на общую деформацию мякиша хлеба при хранении

На рисунке 33 представлены данные общей деформации, характеризующие процесс хранения в динамике. Угол β_1 характеризующий процесс для хлеба из пшеничной муки равен 18° . Минимальное значение угла наклона – 14° свидетельствующее о том, что процессы черствения замедляются, наблюдали в пробе хлеба с добавлением ПЭО.

Таким образом, применяемые методы определения реологических свойств мякиша хлеба позволили объективно установить степень влияния экструзионных ингредиентов на процесс черствения. Установлено увеличение эластичности мякиша хлеба с добавлением продукта экструзионного обогащенного по сравнению с контрольной пробой, что, возможно, связано с укрепляющим воздействием гидроксиллимонной кислоты на белковые вещества пшеничной муки, являющиеся основным компонентом, формирующим пористую структуру мякиша хлеба. Экспериментально подтверждено положительное влияние продукта экструзионного обогащенного на интенсивность и глубину процесса релаксации хлеба из пшеничной муки, что положительно характеризовало текстуру изделий по сравнению с другими пробами. Выявлено, что внесение ПЭО в количестве 3% от массы муки способствовало снижению показателя общей деформации на 21% по сравнению с контрольной пробой, что указывает на замедление процесса черствения хлеба.

Проведенные комплексные исследования по совокупности примененных методов позволили установить положительное влияние продукта экструзионного обогащенного на реологические свойства мякиша хлеба, характеризующиеся увеличением эластичности, стабилизацией процесса релаксации и снижением общей деформации мякиша в процессе хранения хлеба.

2.3.4.4 Исследование влияния экструзионных продуктов на микробиологическое состояние хлеба из пшеничной муки

В получении хлебобулочных изделий высокого качества значительную роль играет протекание микробиологических процессов, обуславливающих вкусовые характеристики готовых изделий. В готовых изделиях также могут присутствовать посторонние микроорганизмы, метаболиты которых приводят к заметному снижению качества изделий, и в некоторых случаях к болезням хлеба [39, 49].

Одной из основных болезней хлеба является картофельная болезнь вызываемая спорообразующими бактериями рода *Bacillus*. Возбудители картофельной болезни действуют на протеиназный и амилазный комплексы пшеничной муки, что приводит к негативным проявлениям болезни при хранении хлеба - неприятным запахом, липкостью, потемнением мякиша, тянущегося тонкими нитями. Поэтому целесообразно установить влияние экструзионных продуктов на развитие картофельной болезни хлеба при его хранении.

Исследование проводили методом пробной лабораторной выпечки образцов хлеба с последующим термостатированием в провокационных условиях в течении 24 и 36 часов и определением заболевания органолептически, и с помощью люминоскопа согласно ГОСТ 27669-88, «Инструкции по предупреждению картофельной болезни хлеба на хлебопекарных предприятиях» (ГОСНИИХП, 2012) [42]. Для проведения анализов использовали муку пшеничную хлебопекарную первого сорта. В исследованиях, в качестве контроля сравнения предусматривали применение лимонной кислоты в количестве 0,07 % к массе муки, как вещества, обладающего антисептическими свойствами в отношении микроорганизмов. Результаты исследований приведены на рисунке 34.

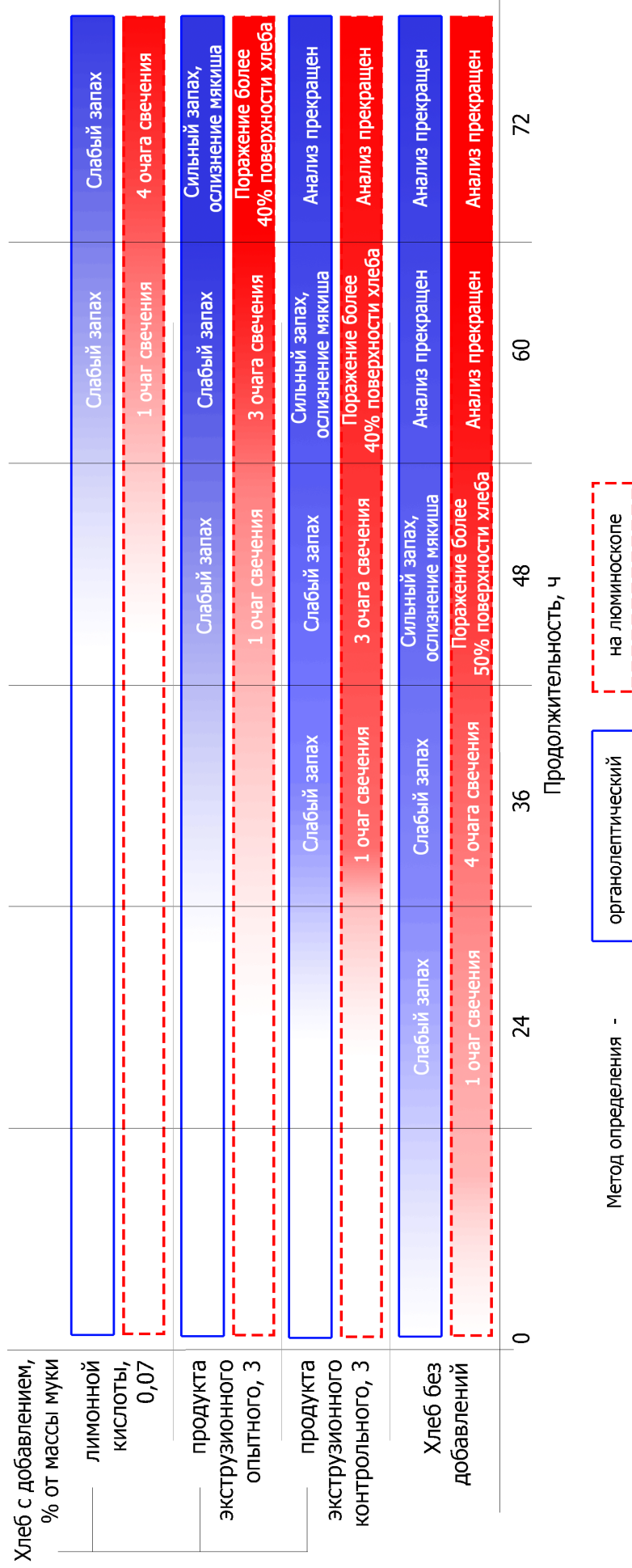


Рисунок 34 - Развитие картофельной болезни хлеба при хранении в провоцирующих условиях

В результате проведенных исследований установлено, что в хлебе без добавлений первые признаки картофельной болезни появились через 24 часа. Критическое заражение картофельной болезнью, проявляющееся сильным характерным запахом, ослизнением мякиша, поражением практически полной поверхности при исследовании на люминоскопе наступило через 48 часов. Проба хлеба с добавлением ПЭК характеризовалась большей устойчивостью к проявлению признаков картофельной болезни по сравнению с хлебом без добавок – первые признаки болезни проявились через 36 часов. Слабых характерный запах обнаружен в хлебе с добавлением ПЭО через 48 часов, что на 24 часа превосходит показатель хлеба без добавок. Внесение ПЭО в хлеб обеспечило антибактериальный эффект в отношении спорообразующих бактерий рода *Bacillus*, что, возможно, обусловлено разрушающим воздействием гидроксимионной кислоты на клетки микроорганизмов. Одним из возможных вариантов снижения микробиологической зараженности изделий является повышение кислотности полуфабрикатов. Проба хлеба с добавлением лимонной кислоты являлась контролем сравнения и показала лучшие результаты в данном эксперименте – первые признаки заболевания отмечены только через 60 часов.

Таким образом, применение ПЭО в технологии хлеба обеспечивает повышенную устойчивость изделий к возбудителям картофельной болезни, по эффективности практически сопоставимой с действием общепринятых пищевых кислот.

2.3.4.5 Применение метрических и неметрических мер сравнения для определения оптимального количества экструзионных продуктов с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в технологии хлеба из пшеничной муки

Проведенные исследования органолептических, физико-химических и реологических свойств хлеба показали, что внесение ПЭО положительно влияет на показатели качества хлеба в минимально принятой к исследованиям дозировке - 3 % от массы муки. Увеличение дозировки ПЭО до 5 и 10 % от массы муки

приводило как к снижению органолептических показателей, так и показателей, определяемых инструментально. Для определения оптимальной дозировки ПЭО, с учетом предварительно полученных результатов, проведена математическая обработка данных с применением мер метрического и не метрического сравнения. В качестве исходных параметров использовали показатели качества хлебобулочных изделий с добавлением ПЭО в количестве 1, 3, 5, 10 % от массы муки.

Таблица 17 - Показатели качества хлеба из пшеничной муки с добавлением ПЭО, балл

Наименование показателей	Коэффициент весомости	Хлеб из пшеничной муки с добавлением ПЭО, % от массы муки			
		1	3	5	10
Объем формового хлеба	3,0	10,2	12	11,4	11,8
Правильность формы формового хлеба	1,0	3	4	4	4
Формоустойчивость подового хлеба	2,0	8,4	9,2	8,4	8,8
Окраска корок	1,0	3	3	3	4
Состояние поверхности корок	1,0	4	4	4	3
Цвет мякиша	2,0	8	7	8	7
Структура пористости	1,5	6,5	7,5	6,5	7,5
Реологические свойства мякиша	2,5	7,5	10	7,5	10
Аромат	2,5	7,5	10	7,5	10
Вкус	2,5	7,5	10	7,5	7,5
Разжевываемость мякиша	1,0	4	4	4	4

Для выбора оптимальной дозировки ПЭО по показателям качества максимально близким к эталону применяли меры сравнения. Применяли метрические и не метрические меры сравнения: квадратичную меру сходства N-мерного пространства, квадратичную меру сходства, модульную меру сходства, классический коэффициент корреляции, квадрат косинуса угла между векторами, модифицированный коэффициент корреляции, коэффициент корреляции. Результаты представлены в таблицах 18, 19.

Таблица 18 - Показатели качества хлеба из пшеничной муки с добавлением ПЭО

Исследуемый объект	Показатели качества хлеба из пшеничной муки с добавлением ПЭО, балл										
	Объем формового хлеба	Правильность формы формового хлеба	Формоустойчивость подового хлеба	Окраска корок	Состояние поверхности корок	Цвет мякиша	Структура пористости	Реологические свойства мякиша	Аромат	Вкус	Разжевываемость мякиша
Хлеб с добавлением ПЭО, % от массы муки											
Эталонный хлеб (максимальные показатели)	15	5	10	5	5	10	7,5	12,5	12,5	12,5	5
1	10,2	3	8,4	3	4	8	6,5	7,5	7,5	7,5	4
3	12	4	9,2	3	4	7	7,5	10	10	10	4
5	11,4	4	8,4	3	4	8	6,5	7,5	7,5	7,5	4
10	11,8	4	8,8	4	3	7	7,5	10	10	7,5	4

Таблица 19 - Математическая обработка результатов исследований

Исследуемый объект	Сравнительный анализ технологий						
	Метрические меры			Неметрические меры			
Хлеб с добавлением ПЭО, % от массы муки	Квадратичная мера сходства N-мерного пространства	Квадратичная мера сходства	Модульная мера сходства	Классический коэффициент корреляции	Квадрат косинуса угла между векторами	Модифицированный коэффициент корреляции	Коэффициент корреляции
	$\rho(S, X) = \sqrt{\sum_{n=1}^N (x_n - s_n)^2}$	$\rho(S, X) = \sqrt{\sum_{n=1}^N x_n^2 - \sum_{n=1}^N s_n^2}$	$\rho(S, X) = \sqrt{\sum_{n=1}^N x_n - \sum_{n=1}^N s_n }$	$\rho(S, X) = \frac{\sum_{n=1}^N s_n x_n}{\sqrt{\sum_{n=1}^N s_n^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N x_n^2}}$	$\rho(S, X) = \frac{\left(\sum_{n=1}^N s_n x_n\right)^2}{\sum_{n=1}^N s_n^2 \sum_{n=1}^N x_n^2}$	$\rho(S, X) = \frac{2 \sum_{n=1}^N s_n x_n}{\sum_{n=1}^N s_n^2 + \sum_{n=1}^N x_n^2}$	$\rho(S, X) = \frac{\sum_{n=1}^N s_n x_n}{\sum_{n=1}^N (x_n - s_n)^2}$
1	10,752	10,052	1,657	0,990	0,980	0,925	6,202
3	6,663	6,119	1,017	0,996	0,992	0,975	19,109
5	10,125	9,327	1,527	0,990	0,979	0,935	7,218
10	8,073	7,201	1,191	0,992	0,984	0,961	12,427
min (в метр. мерах) или max (в неметр. мерах) $\rho(S, X)$	6,663	6,119	1,017	0,996	0,992	0,975	19,109

Применив данные меры сравнения ко всем экспериментальным и контрольным значениям было определено оптимальное количество ПЭО в технологии хлебобулочных изделий.

Из результатов математической обработки указанных в таблицах 18, 19 видно, что добавление ПЭО в количестве 3 % положительно влияло на показатели качества: формоустойчивость и объем формового хлеба, структуру пористости, реологические свойства мякиша. Принимая во внимание полученные ранее результаты, к дальнейшим исследованиям в технологии хлебобулочных изделий приняты дозировки не более 3 % продукта экструзионного опытного.

2.3.4.6 Определение сохранности гидроксимионной кислоты в хлебобулочных изделиях

Большинство биологически активных веществ не являются термоустойчивыми и подвержены деструкции при термической обработке. В процессе выпечки хлебобулочных изделий температура в пекарной камере достигает 200 °С. Поэтому исследовали сохранность ГЛК, содержащейся в ЭГК и ПЭО, в процессе выпечки хлебобулочных изделий с их добавлением. Расчетным методом установлено, что в хлебе с добавлением ПЭО в количестве 3 % от массы муки содержание ГЛК составляет 82 мг/100 г хлеба, не учитывая потери при термической обработке. Эквивалентное количество ГЛК будет содержаться в хлебе при внесении 0,2 % ЭГК от массы муки. Определяли содержание ГЛК в двух пробах хлеба – с добавлением 3 % ПЭО и 0,2 % ЭГК от массы муки соответственно. На рисунке 35 представлены данные характеризующие сохранность ГЛК в процессе выпечки хлеба.

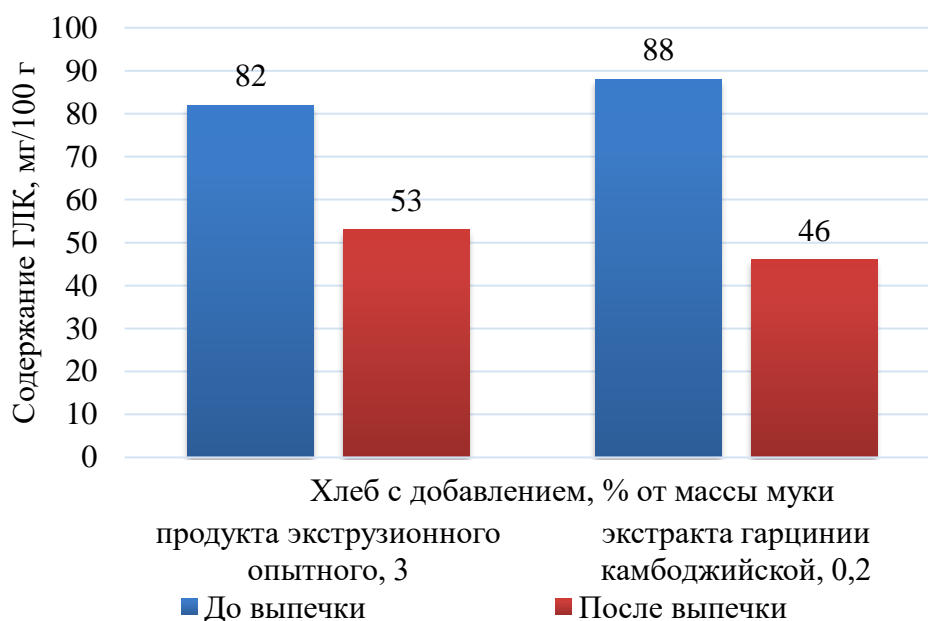


Рисунок 35 - Влияние экструзионных продуктов на содержание ГЛК в хлебе

В пробе хлеба с добавлением 0,2 % ЭГК после выпечки установлено содержание ГЛК в количестве 88 мг/100 г, что составляло 52 % от первоначального содержания до выпечки. Расчетное количество ГЛК в хлебе с добавлением 3 % ПЭО до выпечки составляло 82 мг/100 г, после выпечки отмечено снижение содержания ГЛК до 53 мг/100 г, т.е. сохранность активного компонента составила 65 %. Повышенную сохранность ГЛК при выпечке хлеба можно объяснить возможной сольватацией молекул ГЛК в расплаве биополимеров при экструзии, формирующих матрицу экструдата, что предохраняет ГЛК от дальнейшей нейтрализации. Введение ПЭО в указанной дозировке обеспечивает поступление в организм действующего активного вещества – гидроксимионной кислоты в адекватном уровне (100 мг в сутки при употреблении хлебобулочных изделий в количестве 200 г), регламентированном требованиями «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору» (утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299).

Таким образом установлено, что введение ГЛК в составе ПЭО в хлебобулочные изделия технологически целесообразно, позволяет достичь равномерного распределения по всему объему изделий и обеспечивает большую сохранность биологически активного компонента в процессе выпечки.

Заключение по разделу 2.3.4

Разработали технологические решения по применению продукта экструзионного опытного в производстве хлебобулочных изделий. Установлено, что внесение ПЭО в количестве 3 % от массы муки положительно отражается на органолептических и физико-химических показателях качества готовых изделий.

Установлено влияние добавления ПЭО на структурно-механические свойства мякиша хлеба, отмечено повышение упругой деформации, что свидетельствовало о более эластичной структуре мякиша хлеба.

Определено снижение общей деформации мякиша хлеба в течение первых трех суток хранения, что, возможно, связано с замедлением протекания процесса ретроградации крахмальных зерен и изменением конформации белковых веществ. Выявлено, что внесение ПЭО в количестве 3 % от массы муки способствовало замедлению процесса черствения хлеба.

Проведенные исследования, подтвержденные математической обработкой данных с применением метрических и неметрических мер сравнения, показали целесообразность применения продукта экструзионного опытного в производстве пшеничного хлеба – в количестве 3 %, обеспечивающего улучшение качества хлеба, снижение заболевания картофельной болезнью, обогащение изделий биологически активным компонентом, содержащимся в ЭГК.

Установлена эффективность введения ГЛК в составе ПЭО в хлебобулочные изделия, обусловленная обеспечением большей сохранности ГЛК в процессе выпечки.

2.3.5 Исследование биологического действия экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на метаболизм пищевых веществ

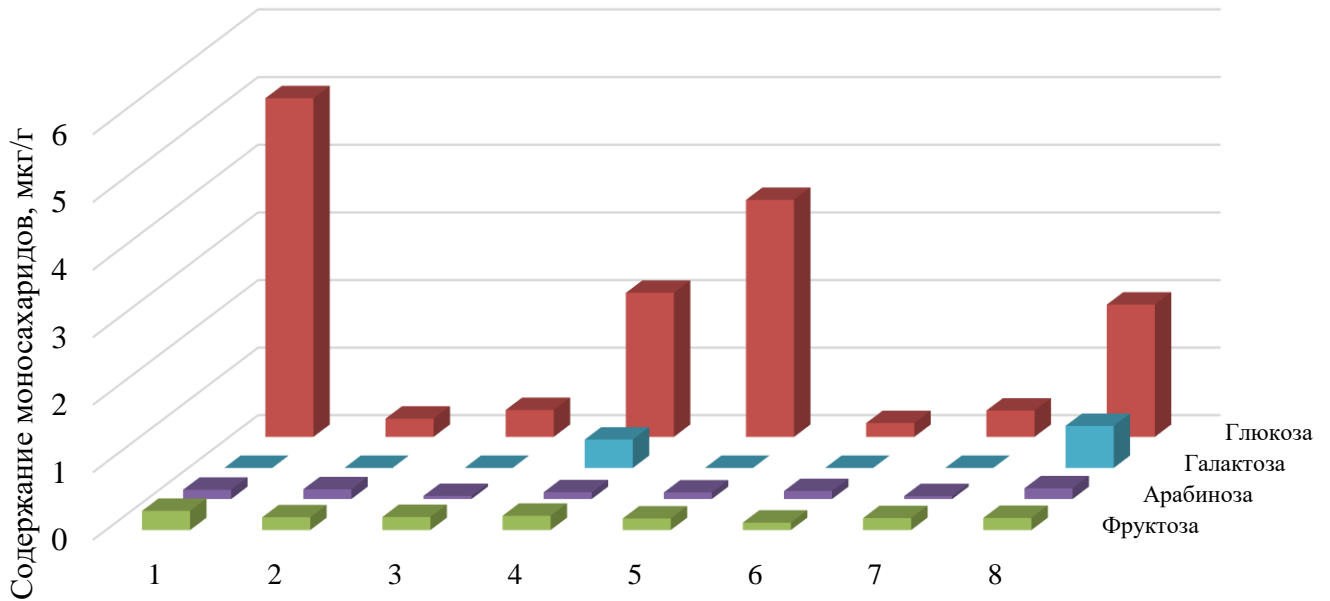
Исследовали возможный механизм действия биологически активного компонента экстракта гарцинии камбоджийской - гидроксимионной кислоты метаболизм пищевых веществ в пищевых средах.

В целях исследования возможных вариантов метаболизма веществ в экструзионных продуктах, содержащих ЭГК, готовили модельные пищевые среды.

Варианты модельных пищевых сред:

1. Продукт экструзионный контрольный + фермент амилаза
2. Продукт экструзионный контрольный + фермент липаза
3. Продукт экструзионный контрольный + фермент трипсин
4. Продукт экструзионный контрольный + ферменты амилаза, липаза, трипсин
5. Продукт экструзионный опытный + фермент амилаза
6. Продукт экструзионный опытный + фермент липаза
7. Продукт экструзионный опытный + фермент трипсин
8. Продукт экструзионный опытный + ферменты амилаза, липаза, трипсин

Пробы экструзионных продуктов измельчали, добавляли необходимое количество воды до достижения влажности 50 % и помещали в термостат при температуре 37 °С. В пробах 1 и 5 обеспечивали рН - 7,2 при продолжительности инкубации 60 минут, так как активность фермента амилазы максимальна в слабощелочной среде. Для оптимального действия фермента трипсина (пробы 3 и 7) создавали кислую среду рН – 2,2, продолжительность воздействия составляла 360 минут. Пробы 2 и 6 инкубировали в течение 180 минут при рН – 7,8 для активного действия фермента липазы на соответствующий субстрат. В пробах 4 и 8, где необходимо было обеспечить воздействие трех ферментов, ступенчато создавали оптимальные условия для каждого фермента. После выдерживания модельных пищевых сред в термостате определяли количество моносахаридов и жирнокислотный состав.



ПЭК + амилаза (1), + липаза (2), + трипсин (3), + амилаза + липаза + трипсин (4);
 ПЭО + амилаза (5), + липаза (6), + трипсин (7), + амилаза + липаза + трипсин (8).

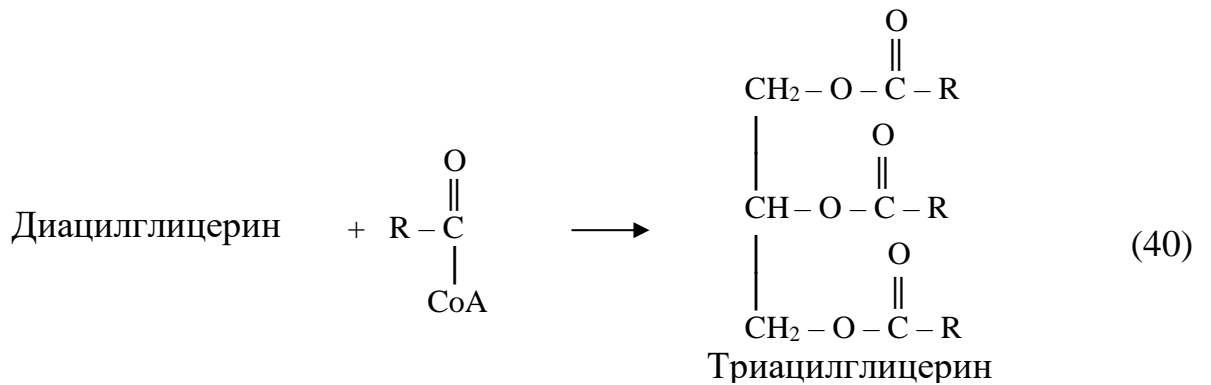
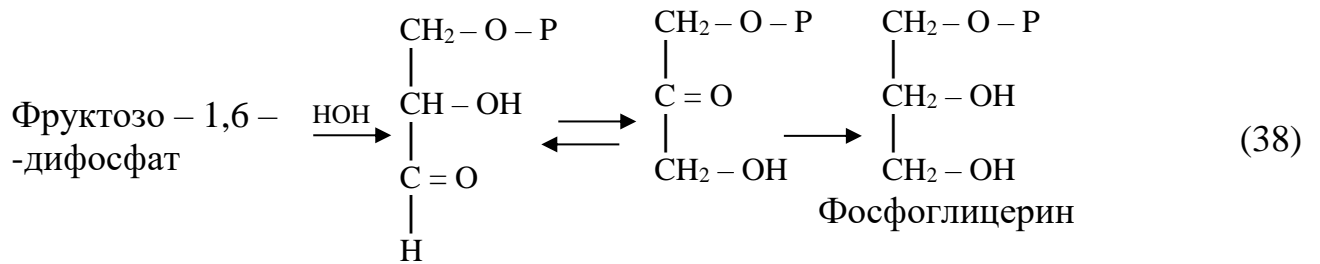
Рисунок 36 - Содержание моносахаридов в модельных пищевых средах

На рисунке 36 представлено количество моносахаридов (арабиноза, галактоза, глюкоза, ксилоза, фруктоза), обнаруженное в модельных пищевых средах. Данные показывают, что при внесении фермента амилазы в пищевую среду происходит ферментативный гидролиз полисахаридов с образованием глюкозы. При проведении эксперимента с внесением амилазы в ПЭО (проба 5), количество образовавшейся глюкозы уменьшилось на 30 % по сравнению с экструзионным продуктом, также содержащим амилолитический фермент, но без добавления ЭГК (проба 1). При использовании комплекса ферментов в ПЭО (проба 8) также отмечено снижение образования глюкозы на 8 % по сравнению с пробой 4. Возможно это объясняется способностью гидроксимионной кислоты инактивировать амилолитический фермент, что приводит к снижению концентрации моносахаридов, способных участвовать в синтезе жиров [61, 107]. Возникающие, в результате гидролиза сложных углеводов, моносахариды - глюкоза, фруктоза, галактоза - под влиянием специфических ферментов способны к взаимопревращению [107].

Как следует из реакций синтеза жиров [21, 61], количество углеводов является определяющим фактором в процессе образования жиров –

триацилглицеринов. Для их синтеза необходимы глицерин и жирные кислоты. Поскольку нейтральные липиды представляют собой эфиры глицерина с высшими жирными кислотами, биосинтез обоих компонентов – глицерина и высших жирных кислот следует рассматривать отдельно.

Глицерин образуется из моносахаридов по известному способу [61], где в качестве субстрата для образования одного из компонентов жира-глицерина служит фруктоза. Под действием фермента альдолазы фруктоза-1,6-дифосфат распадается на фосфоглицериновых альдегида и фосфодиоксиацетон, который ферментативно легко восстанавливается до фосфоглицерина. Образовавшийся фосфорилированный глицерин непосредственно участвует в синтезе жиров, что представлено далее.



Как указывалось ранее (рисунок 36) в пищевых средах, содержащих ЭГК, обнаружено меньшее количество углеводов по сравнению с пробами, не содержащими гидроксимионную кислоту, что согласно теории образования

глицерина из углеводов, приведет к пониженному количеству глицерина в пищевых средах.

Биосинтез нейтральных жиров осуществляется в микросомах при наличии глицерина в форме глицерофосфата и активированных жирных кислот. Взаимодействие активных жирных кислот и глицерофосфата протекает ступенчато. Сначала присоединяются к глицерину два остатка жирной кислоты с образованием фосфатидной кислоты. После чего под влиянием фермента фосфатазы фосфатидная кислота теряет фосфорный остаток и превращается в диацилглицерин [21, 30]. На последнем этапе к диацилглицерину присоединяется третья молекула активной жирной кислоты и образуется триацилглицерин.

Синтезированный таким образом нейтральный жир используется в организме на различные нужды, а избыточная его часть откладывается в жировых депо [61].

Таким образом, представленная схема синтеза жиров из углеводов свидетельствует, что в случае снижения количества моносахаридов в пищевых средах, ингибируется процесс синтеза глицерина, что в свою очередь приведет к уменьшению количества жиров.

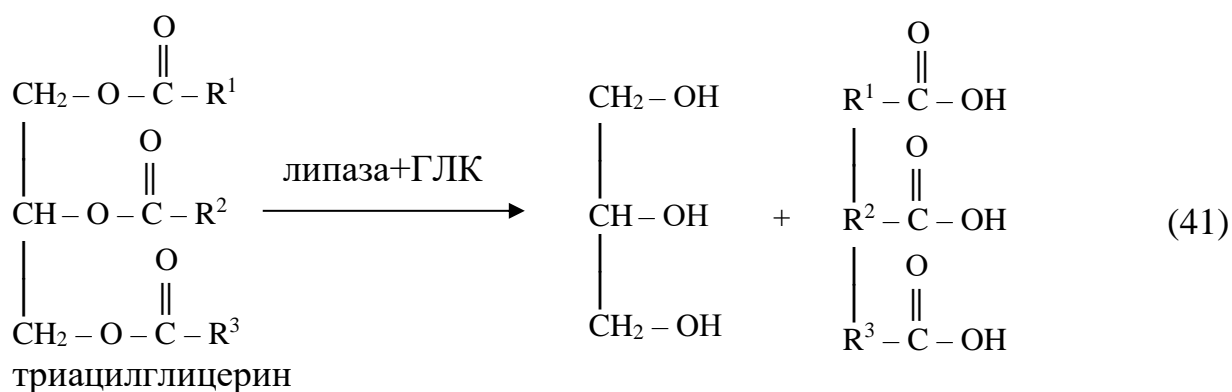
Проведено исследование жирнокислотного состава модельных пищевых сред методом газожидкостной хроматографии, результаты представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Жирнокислотный состав модельных пищевых сред,
% к сумме жирных кислот

Жирная кислота	Внесение фермента липазы в количестве 0,002 % к массе экструдата	
	продукт экструзионный контрольный	продукт экструзионный опытный
Миристиновая	1,9	0,9
Пальмитиновая	25	18,8
Пальмитолеиновая	2,1	1,9
Стеариновая	30,6	13,9

Олеиновая	10,5	30,1
Линолевая	11,2	30,7
Линоленовая	0,6	0,8
Арахидоновая	0,5	1,2
Содержание ПНЖК	24,4	63,5
Содержание НЖК	58	34,8
Общая сумма ЖК	82,4	98,3
Содержание жира, %	0,86	0,79

Из данных, представленных в таблице 20, видно, что при совместном введении в пищевую среду ЭГК и липазы, количество полиненасыщенных жирных кислот увеличивается. Это прямо указывает на усиленный распад депонированных жиров под действием гидроксимионной кислоты, содержащей дополнительную гидрофильную оксигруппу, способствующую лучшей растворимости субстрата, и как следствие, увеличению скорости реакций гидролиза жира.



Проведенные исследования определения биологических эффектов ЭГК являются теоретическим обоснованием применения экструзионного продукта, как биологически активного ингредиента, в технологиях продуктов питания в целях снижения массы тела, что будет способствовать улучшению здоровья населения.

Заключение по разделу 2.3.5

Результаты исследований, полученные с применением модельных пищевых сред, позволили установить механизм действия ЭГК на метаболизм углеводов и липогенез. Определены два биологических эффекта под влиянием гидроксимионной кислоты, заключающиеся в ингибировании синтеза жиров из углеводов путем снижения концентрации глюкозы, и стимулировании распада жира, о чем свидетельствует возрастание количества свободных жирных кислот в пищевых средах с ЭГК.

Проведенные исследования определения биологических эффектов действия ЭГК являются теоретическим обоснованием применения экструзионного продукта, как биологически активного ингредиента, в технологиях пищевых продуктов питания для снижения массы тела.

2.3.6 Доклинические испытания экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на биохимические показатели крови и массу лабораторных животных

Для подтверждения биологического действия продукта экструзионного опытного, проведены доклинические испытания, включающие исследования влияния экструзионных продуктов на биохимические показатели крови и массу лабораторных животных (крыс-самцов) [58].

Животные были разделены на 4 группы, по шесть особей в каждой:

I группа – животные на стандартной диете (интактный контроль);

II группа – животные на стандартной диете + ПЭО;

III группа – животные на стандартной диете + ПЭК;

IV группа – животные на стандартной диете + ЭГК.

Согласно имеющимся сведениям [36] верхний допустимый уровень потребления ГЛК составляет 300 мг на человека в сутки или 4,3 мг/кг массы тела. Перевод количества биологически активного вещества с норм человека на дозу животных осуществляли согласно руководству по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ с помощью коэффициента пересчета [85].

Животным интактного контроля (I группа) вводили в рацион питания только основу мучных пиллюль. Расчет количества ЭГК в рационе животных производили с учетом содержания ГЛК в экстракте и верхнего допустимого уровня потребления.

Показатели липидного спектра крови животных на протяжении эксперимента представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Показатели липидного профиля крови животных на протяжении эксперимента ($M \pm m$), ммоль/л

Группы животных	Общий холестерин	Триглицериды	Лipoproteиды высокой плотности	Лipoproteиды низкой плотности
Исходное состояние				
Группа I	1,76±0,08	0,81±0,05	0,81±0,04	0,52±0,03
Группа II	1,52±0,14	0,74±0,06	0,65±0,02	0,54±0,02
Группа III	1,85±0,21	0,61±0,04	0,71±0,03	0,68±0,05
Группа IV	1,57±0,09	0,74±0,03	0,84±0,86	0,51±0,03
10-й день эксперимента				
Группа I	1,81±0,14	0,78±0,06	0,76±0,02	0,55±0,03
Группа II	1,75±0,16*	0,62±0,04	0,70±0,04	0,56±0,04
Группа III	1,83±0,16	0,58±0,03	0,61±0,03	0,69±0,05
Группа IV	1,64±0,04	0,70±0,08	0,86±0,03	0,49±0,03
20-й день эксперимента				
Группа I	1,77±0,16	0,80±0,04	0,80±0,03	0,50±0,02
Группа II	1,64±0,17	0,63±0,03	0,63±0,02	0,59±0,02
Группа III	1,91±0,16	0,67±0,03	0,60±0,02	0,71±0,02
Группа IV	1,62±0,02	0,54±00,02*	0,68±0,01	0,50±0,04
28-й день эксперимента				
Группа I	1,83±0,06	0,75±0,03	0,74±0,04	0,53±0,05
Группа II	1,32±0,13*	0,53±0,03*	0,68±0,02	0,45±0,03*
Группа III	1,80±0,25	0,61±0,02	0,69±0,02	0,69±0,02
Группа IV	1,27±0,17*	0,57±0,05*	0,77±0,05	0,42±0,02*

*Примечание: * – статистически значимые изменения при $P < 0,05$ относительно исходной массы.*

Из результатов опытов на нормолипидемических крысах видно, что в сравнении с группой интактного контроля, в которой на протяжении эксперимента не отмечалось статистически значимых колебаний величин показателей липидного спектра, в опытных группах был зарегистрирован ряд изменений. Полученные результаты свидетельствуют о достоверном снижении уровня общего холестерина в крови животных группы IV и группы II на 28-й день по сравнению с исходным на 15 % ($P < 0,05$) и 13 % ($P < 0,05$), соответственно.

Уменьшение количества триглицеридов в крови крыс группы IV было выявлено на 20-й и 28-й день эксперимента на 27 % ($P < 0,001$) и 23 % ($P < 0,05$), соответственно. У крыс группы II снижение уровня триглицеридов в крови наблюдалось только на 28 день эксперимента (28 %, $P < 0,05$)

Средние величины уровней общего холестерина и триглицеридов в крови животных группы III, как и у крыс группы интактного контроля на протяжении всего эксперимента не имели статистически отчетливых изменений.

Важным показателем является уровень липопротеидов низкой плотности, обеспечивающим транспортирование общего холестерина в ткани и органы. При возникновении основных сосудистых заболеваний именно липопротеиды низкой плотности обуславливают накопление холестерина на стенках сосудов.

Изменение среднего уровня липопротеидов низкой плотности наблюдалось только в группе II и группе IV. Зафиксировано снижение фракции липопротеидов низкой плотности в крови крыс на 16,6 % ($P < 0,05$) и 17,6 % ($P < 0,05$), соответственно, только к концу эксперимента (28-й день).

Липопротеиды высокой плотности участвуют в переносе жиров и холестерина из сосудов и артерий органов кровеносной системы в печень, где он участвует в образовании желчи.

Оценка антиатерогенной фракции липопротеидов высокой плотности в крови животных контрольной группы в динамике применения исследуемых продуктов не проявилась достоверно значимыми изменениями, что наблюдали и в остальных опытных группах.

Определяли средние величины уровня глюкозы в сыворотке крови, отражающие состояние углеводного обмена животных (рисунок 37).

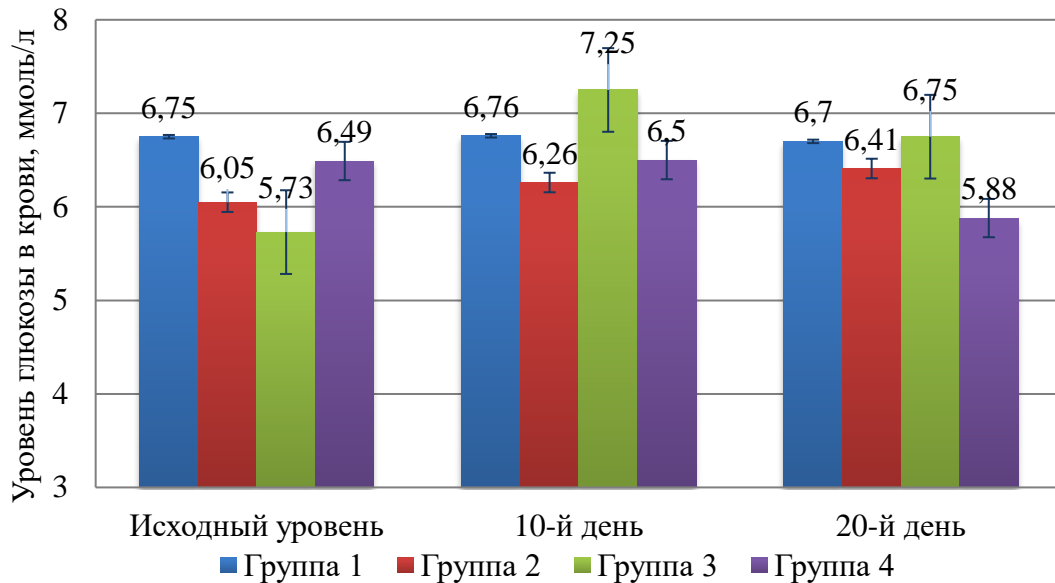


Рисунок 37 - Уровень глюкозы крови животных в динамике 0-10-20 дней (* – статистически значимые изменения при $P < 0,05$ относительно исходной уровня)

Согласно представленным данным видно, что у животных группы I количественные показатели глюкозы крови оставались статистически неизменными на протяжении всего эксперимента.

При исследовании крови животных группы III на 10-й день эксперимента установили достоверное увеличение на уровня глюкозы на 26,5 % ($P < 0,05$), что можно предположительно объяснить повышенной углеводной нагрузкой кукурузного экструдата.

В опытной группе II, получающей продукт экструзионный опытный уровень глюкозы не претерпел статистически явных изменений и может быть сохранился на прежнем уровне за счет включения ЭГК, обладающей по ряду имеющихся литературных данных сахароснижающим действием [121]. Это предположение подтверждается также некоторой тенденцией к снижению уровня глюкозы в крови у крыс группы IV, получавших чистый экстракт гарцинии камбоджийской.

Определяли влияние предложенного рациона питания на изменение массы тела лабораторных животных (рисунок 38).

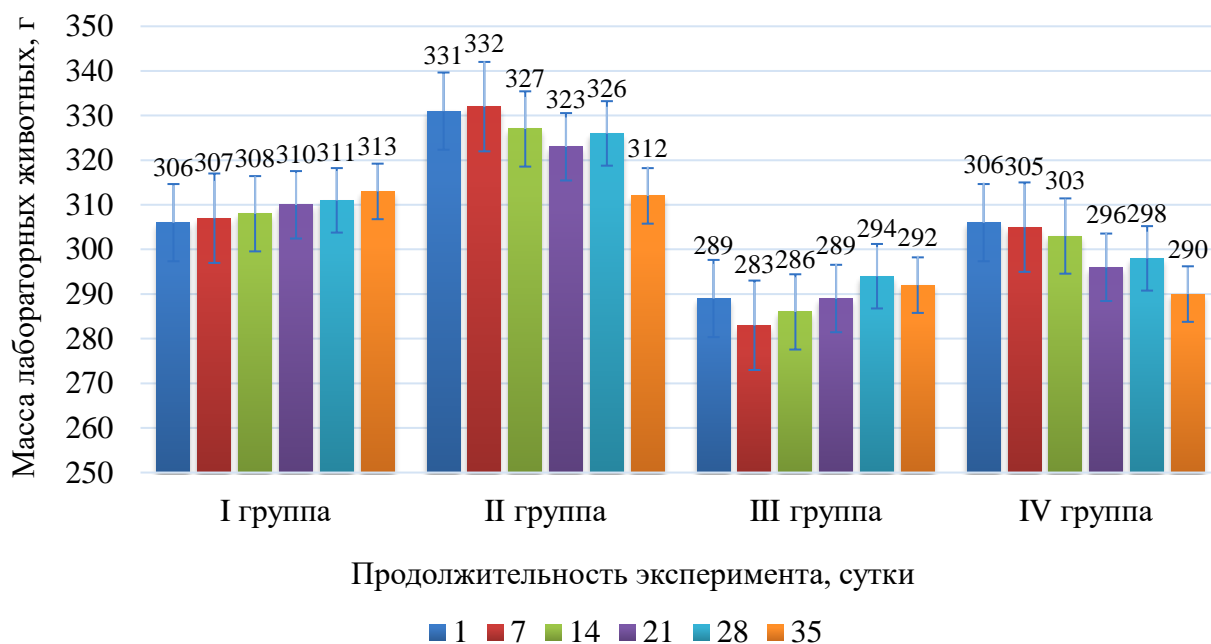


Рисунок 38 - Динамика изменения массы тела животных в эксперименте

Данные опытов показали (рисунок 38), что у животных группы I за период эксперимента не произошло достоверно заметных изменений массы тела. Можно отметить некоторую равномерную тенденцию к ее увеличению, что вероятно, обусловлено естественными ростовыми процессами животных.

Установлено, что введение в рацион питания животных экструзионных продуктов, содержащих ЭГК, сопровождалось уменьшением их массы после третьей недели эксперимента на 2,5 %, после 35 суток кормления на 5,8 %.

Заключение по разделу 2.3.6

Полученные результаты доклинических исследований действия экструзионного продукта с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на биохимические показатели крови и массу лабораторных животных, позволили установить, что ведение в рацион питания лабораторных животных продукта экструзионного опытного в опытах *in vivo* приводило к нормализации липидного и углеводного профилей крови, проявлению антиатерогенного эффекта и уменьшению массы тела животных, что подтверждает имеющиеся в литературе сведения о свойствах гарцинии камбоджийской, способствующих снижению массы тела.

2.4 Опытнo-промышленная апробация, разработка технической документации на новые виды изделий

На предприятии ООО «Агромин» проведена производственная выработка экструзионных изделий из крупы кукурузы гибрида Бештау селекции ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск) и экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7 % к массе крупы кукурузы. Кукурузную крупу и ЭГК загружали в смеситель, увлажняли и тщательно перемешивали. Затем осуществляли экструзионную обработку подготовленной смеси в одношнековом экструдере, при следующих параметрах: влажность экструдированного сырья – 15-16 %, температура – 155-165 °С, скорость вращения шнека – 160-180 мин⁻¹, диаметр матрицы 4 мм. Экструзионный продукт был изготовлен в виде прямых и изогнутых пористых палочек округлого поперечного сечения с шероховатой поверхностью. Производство осуществлялось в соответствии с разработанной и утвержденной технической документацией на палочки кукурузные «Облачко» (ТУ, ТИ, РЦ 9196-005-36818182-16). Акт производственных испытаний и техническая документация представлены в приложении 2, 3.

Выработку хлеба в производственных условиях осуществляли на ПК «Минераловодский хлебокомбинат». Хлеб формовой массой 0,5 кг вырабатывали из муки пшеничной первого сорта с добавлением 2,5% продукта экструзионного опытного от массы муки, безопасным способом. Все необходимое сырье вносили в дежу тестомесильной машины А2-ХТН-6 и осуществляли замес теста в течение 15-20 минут. Брожение теста составляло 180 минут с двумя обминками через каждые 60 минут. После брожения тесто разделявали на тестоделителе «Восход-ТД-5». Для формового хлеба тестовые заготовки укладывали в формы, предварительно смазанные растительным маслом, и направляли на дальнейшую расстойку. Расстойку тестовых заготовок осуществляли в расстойном электрическом шкафу «Бриз-222». Продолжительность расстойки составляла 40-50 минут при температуре 37-40 °С и относительной влажности воздуха 70-80%. Выпечку формового хлеба осуществляли в печи «Муссон-ротор» с

пароувлажнением при температуре 220-230 °С. Производство осуществлялось в соответствии с разработанной и утвержденной технической документацией на изделия хлебобулочные «Гарциникум» (ТУ, ТИ, РЦ 9110-006-36818182-16). Акт производственных испытаний и техническая документация представлены в приложении 4, 5.

3 Выводы

1. Приведено научное и практическое обоснование применения экстракта гарцинии камбоджийской в технологиях экструзионных и хлебобулочных изделий, обеспечивающих рекомендованные уровни потребления гидроксимионной кислоты - адекватный (100 мг в сутки) и допустимый (300 мг в сутки).
2. В технологии экструзионных продуктов определена оптимальная дозировка экстракта гарцинии камбоджийской - 7 % к массе крупы кукурузы и параметры процесса экструзии (влажность смеси – 15-16 %, температура 155-165 °С). Методом микротомографического исследования сформирована 3D модель экструдатов и установлено увеличение в среднем на 12 % количества пор с размером в диапазоне от 0,04 мм до 0,88 мм в экструзионном продукте с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской по сравнению с экструдатом без добавок, что обеспечило равномерную тонкостенную структуру изделий. Сохранность гидроксимионной кислоты в экструзионном продукте с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской составила 90 %.
3. Установлено, что добавление экструзионного продукта, содержащего экстракт гарцинии камбоджийской, к пшеничной муке в количестве 3% - 5% от ее массы способствует улучшению хлебопекарных и реологических свойств пшеничной муки по показателям: качество клейковины, объем удерживаемого диоксида углерода в процессе брожения, максимум клейстеризации крахмала. Рекомендуется использовать экструзионный продукт с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской как дополнительный ингредиент, корректирующий хлебопекарные свойства пшеничной муки.
4. В технологии хлебобулочных изделий рекомендовано использовать экструзионный продукт с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 3 % от массы пшеничной муки. Установлено повышение упругой деформации мякиша хлеба, обуславливающее более эластичную его

структуру. Экспериментально на приборе «Структурометр СТ-1» показано снижение общей деформации мякиша хлеба при хранении на 21% по сравнению с хлебом без добавок, что свидетельствует о более длительном сохранении свежести хлеба. Сохранность активного компонента – гидроксимионной кислоты - в готовом изделии составила 65%.

5. Определено биологическое действие гидроксимионной кислоты на метаболизм веществ в пищевых средах: обеспечивает ингибирование синтеза липидов из углеводов путем снижения концентрации глюкозы, и участвует в стимулировании гидролиза липидов, связанного с дополнительным введением гидрофильных оксигрупп гидроксимионной кислоты, способствующих лучшей растворимости субстрата и, как следствие, увеличению скорости гидролитических реакций.
6. Установлено, что введение в рацион питания животных (крыс) экструзионных продуктов с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на 28-е сутки обеспечивает достоверное снижение уровня общего холестерина в крови животных на 13 %, триглицеридов - на 28 %, фракции липопротеидов низкой плотности - на 16,6 % по сравнению с исходным содержанием. Зафиксировано уменьшение массы животных после 35 суток кормления на 5,8 %, что подтверждает биологический эффект снижения массы тела при употреблении экстракта гарцинии камбоджийской в составе экструзионных продуктов.
7. Разработана техническая документация на новые экструзионные изделия из крупы кукурузы «Облачко» массой 80 г и хлебобулочные изделия из пшеничной муки первого сорта «Гарциникум» массой 500 г. Экономический эффект от внедрения экструзионных изделий составил 34 тыс. рублей при реализации 100 кг продукции, хлебобулочных изделий – 15 тыс. рублей при реализации 1 тонны продукции.

4 Список литературы

1. Алексеева, Н.С. Анализ режима и структуры питания пациентов с избыточной массой тела / Н. С. Алексеева, Е. Н. Лобыкина // Питание и здоровье: материалы X Всероссийского конгресса диетологов. - Москва. - 2008. - С. 5-6.
2. Андрианова, О.Л. Роль современного подхода в регуляции пищевого поведения при ожирении / О.Л. Андрианова, Г.Х. Мирсаева, Л.А. Ибрагимова, Г.Ф. Амирова, Э.Р. Камаева // Тезисы Ежегодного Международного Форума «Питание и здоровье». – Москва. – 2014. - С. 4.
3. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учеб. для вузов / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб: Профессия, 2005. – 416 с.
4. Бакуменко, О.Е. Технология обогащенных продуктов питания для целевых групп. Научные основы и технология. Монография. / О.Е. Бакуменко. - М.: Дели плюс, 2013. - 287 с.
5. Баландина, А.С. Разработка композиции пищевых волокон и технологии её применения в производстве хлебобулочных изделий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / А.С. Баландина. - М., 2015. - 214 с.
6. Балуюн, Х.А. Влияние биологически активных экструзионных ингредиентов на хлебопекарные и реологические свойства пшеничной муки / Х.А. Балуюн, В.Д. Малкина, Е.В. Жиркова, Л.И. Горшкова, О.А. Маркитанова, В.В. Мартиросян, О.Н. Бердышникова // Хлебопродукты. - 2016. - № 7. - С. 48-51.
7. Банникова, А. В. Изделия из каш с функциональными добавками / А. В. Банникова, Н. М. Птичкина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 9. – С. 47–49.
8. Банникова, А.В. Использование полисахаридных добавок в технологии крахмалосодержащих и сахаросодержащих продуктов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.05 / А.В. Банникова. - М., 2010. - 194 с.
9. Батурин, А.К. Демографические и региональные аспекты распространенности ожирения среди населения Российской Федерации / А.К. Батурин, А.М. Сафронова, А.В. Погожева, А.Н. Мартинчик, М.Л.

- Старовойтов, В.С. Баева, Е.В. Пескова, О.Н. Макурина // Вопросы диетологии. – 2011. - т. 1. - № 2. - С.18
10. Башарова, С. Ожирением страдает каждый пятый россиянин
<http://izvestia.ru/news/601514>
11. Березина, А.В. Качество жизни у больных абдоминальным ожирением при снижении массы тела с помощью диеты и физических тренировок / А.В. Березина, О.Д. Беляева, О.А. Беркович, Е.И. Баранова, С.Н. Козлова, Н.А. Дыкман // Профилактическая и клиническая медицина СПб: Северо–Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова. – 2011. - № 4. – С. 9–16.
12. Березина, А.В. Особенности окисления жиров при физических нагрузках различной интенсивности у больных абдоминальным ожирением / А.В. Березина, О.Д. Беляева, Е.А. Баженова, О.А. Беркович, Е.И. Баранова, Е.Н. Гринева // Журнал: Проблемы Эндокринологии. Издательство: Издательство Медиа Сфера. – Москва. – 2010. - Том 56. - № 2. – С. 20–26.
13. Благодарная, Н.С. Возможности звукового ударно–волнового воздействия в комплексных программах коррекции веса / Н.С. Благодарная, Л.С. Мосиенко // Тезисы Ежегодного Международного Форума «Питание и здоровье». – Москва. – 2014. - С. 9.
14. Бобренева, И.В. Влияние яичных белков и пищевых волокон на микроструктуру продуктов быстрого приготовления / И.В. Бобренева, М.В. Прусак–Глотов, С.И. Хвыля // Мясная индустрия. – 2010. – № 12. – С. 45–48.
15. Бобренева, И.В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания: Монография / И.В. Бобренева // СПб.: ИЦ Интермедия, 2012. - 180 с.
16. Богатырев, А.Н. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / А.Н. Богатырев, В.П. Юрьев // М.: Ступень, 1994. — 200 с.
17. Бокова, Е.А. Исследования эффективности включения экстракта люцерны в диетотерапию больных гипертонической болезнью и ИБС / Бокова Е.А. // I Всероссийский съезд диетологов и нутрициологов «Диетология: проблемы и горизонты». – Москва. – 2006. - С. 12–13.

18. Болтенко, Ю.А. Разработка реологических критериев управления свойствами пшеничного теста и качеством хлебобулочных изделий: дисс... канд. техн. наук: 05.18.01/ Болтенко Юрий Алексеевич. – М.: МГУПП. - 2010. – 177 с.
19. Борисенко, О.В. Повышение качества пшеничного хлеба с овсяным концентратом пищевых волокон / О.В. Борисенко, Л.Ю. Арсеньева // Хранение и переработка зерна. – 2007. – № 4. С. 31–33.
20. Бородкина, Д.А. Можно ли назвать висцеральное ожирение ключевым фактором парадокса ожирения / Д.А. Бородкина, О.В. Груздева, Л.В. Квиткова, О.Л. Барбараш // Проблемы эндокринологии. М: Издательство Медиа Сфера. – 2016. - Том 62. - № 6. - С. 33–39.
21. Брухман, Э.–Э. Прикладная биохимия: перевод с немецкого / Э.–Э. Брухман // М.: Легкая и пищевая промышленность. - 1981. – 296 с.
22. Бунина, О.Ю. Разработка технологии мясопродукта для лиц с избыточной массой тела: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / О.Ю. Бунина. – Ставрополь, 2013. - 117 с.
23. Веселова, А.Ю. Разработка технологии специализированных хлебобулочных изделий с использованием природных источников биологически активных веществ: дис. ... канд. технич. наук: 05.18.01 / Анна Юрьевна Веселова. – М., 2015. – 167 с.
24. Витол, И.С. Физиология питания: Курс лекций. Ч.1 / И.С. Витол, А.Ф. Топунов // М.: Издательский комплекс МГУПП. - 2004. – 70 с.
25. Гаврик, М.В. Новые подходы к лечению больных с ожирением в амбулаторных условиях / М.В. Гаврик // I Всероссийский съезд диетологов и нутрициологов «Диетология: проблемы и горизонты». – Москва. – 2011. - С. 23–24
26. Гарзанов, А.Л. Экструдирование мясокостных отходов – современная технология производства кормов / А.Л. Гарзанов, С.В. Капустин // Мясная индустрия. – 2011. – № 9. – С. 84–86.
27. Гладышева, О.А. Оценка эффективности психокоррекционных подходов к ожирению / О.А. Гладышева // I Всероссийский съезд диетологов и

- нутрициологов «Диетология: проблемы и горизонты». Москва. – 2006. - С. 26-27
28. Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания: Доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. – 89 с.
29. Гуринова, Т.А. Использование инулина для производства низкокалорийных хлебобулочных изделий и мучных полуфабрикатов / Т.А. Гуринова, И.С. Косцова, К.К. Гуляев // Материалы IV международной конференции «Индустрия пищевых ингредиентов XXI века». - М.: Пищепромиздат. - 2011. – С. 134–137.
30. Дамодаран, Ш. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема (ред.-сост.). – Перев. с англ. – СПб.: ИД «Профессия», 2012. – 1040 с.
31. Данилова, О.И. Новые технологии оптимизации пищевых рационов при организации лечебного питания. Национальная ассоциация клинического питания / О.И. Данилова, Т.Ю. Гроздова // Материалы XII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Питание и здоровье". - Москва. - 2010. - С. 31.
32. Дербенева, С.А. Изучение особенностей кардиологического статуса больных ожирением / Дербенева С.А., Богданов А.Р., Зейгарник М.В. // Материалы XIII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием. – Москва. – 2011. - С. 34.
33. Доронин, А.Ф. Функциональное питание / А.Ф. Доронин, Б.А. Шендеров // М.: ГРАНТЬ, 2002. – 294 с.
34. Доронин, А.Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии (учебник) / А.Ф. Доронин, Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, С.А. Хуршудян, О.Г. Шубина // М.: ДеЛи принт, 2009. – 288 с.
35. Доценко, В.А. Оценка эффективности использования БАД – источника биологически активных веществ – при ожирении / В.А. Доценко, Л.В. Мосийчук // Вопросы питания. – 2012. – № 5. – С. 33–36.

36. Единые санитарно–эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащих санитарно–эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены решением комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299. http://www.tsouz.ru/KTS/KTS17/Pages/P2_299.aspx
37. Екутеч, Р.И. Разработка технологии получения инулина и пищевых волокон из клубней топинамбура: автореф. дис. ...канд. тех. наук: 05.18.01 / Руслан Измаилович Екутеч. - Краснодар, 2010. - 25 с.
38. Ермолаева, Е.О. Экспериментальные исследования к разработке программы коррекции массы тела / Е.О. Ермолаева, А.Н. Австриевских // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: сб. материалов II Международная научно-практическая конференция ОГАУ. - 2005. - С. 112-114.
39. Жарикова, Г.Г. Практикум по микробиологии пищевых продуктов / Г.Г. Жарикова, А.О. Козьмина, И.Б. Леонова. – М.: Российская экономическая академия, 1999. – 106 с.
40. Западнюк, И.П. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте / И.П. Западнюк, В.И. Западнюк, Е.А. Захарин // Издательское объединение «Высшая школа», 1974. – 304 с.
41. Захарова, Л.С. О тактике ведения больных избыточным весом и ожирением в школе "Контроль веса" / Л.С. Захарова, Т.С. Неустроева, У.М. Лебедева // Материалы XII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Питание и здоровье". - Москва. - 2010. – С. 36.
42. Инструкция по предупреждению картофельной болезни хлеба на хлебопекарных предприятиях // М.: ГНУ ГОСНИИХП. – 2011. – 32 с.
43. Казаков, Е.Д. Значение пшеничных отрубей в питании и производстве пищевых продуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко, П.М. Коньков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – № 5. – С. 37-39.
44. Климов, А.Н. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения / А.Н. Климов, Н.Г. Никуличева: рук. для врачей. - СПб.: Питер Ком, 1999. – 505 с.

- 45.Корильчук, Н.И. Типологические нарушения пищевого поведения пациентов с признаками избыточного веса и ожирения / Н.И. Корильчук // Тезисы Ежегодного Международного Форума «Питание и здоровье». Москва. - 2014. - С. 29 - 30.
- 46.Косован, А.П. Сборник рецептур и технологических инструкций по производству диетических хлебобулочных изделий, вырабатываемых по национальным стандартам / А. П. Косован, М. Н. Костюченко, Л.А. Шлеленко, О.Е. Тюрина, Н.В. Вивюрская, И.С. Волнухина, А.Е. Борисова. - М., 2012. – 72 с.
- 47.Костюк, Т.А. Влияние арбузного пектина на активность ферментов муки / Т.А. Костюк, Т.Б. Цыганова // Хлебопечение России. - 2005. - № 2. - С. 20-22.
- 48.Кретович, В.Л. Проблема пищевой полноценности хлеба / В. Л. Кретович, Р.Р. Токарева. - М.: Наука, 1978. - 288с.
- 49.Кузнецова, Л.И. Научные основы технологий хлеба с использованием ржаной муки на заквасках с улучшенными биотехнологическими свойствами / Л.И. Кузнецова // Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук. - Москва. – 2010.
- 50.Курочкин, А.А. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Пиво и напитки. – 2008. – № 4. – С. 12.
- 51.Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г.Ф. Лакин – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
- 52.Лапик, И.А. Оценка эффективности применения диетотерапии у больных с ожирением / И.А. Лапик, О.А. Плотникова, Х.Х. Шарафетдинов // Материалы XIII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Персонафицированная диетология: настоящее и будущее". – Москва. – 2011. - С. 54.
- 53.Леонидов, Д. Дефицит пищевых волокон в рационе человека: проблема и решение. / Д. Леонидов // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. - М.: Пищевая промышленность. – 2014. - № 1. – С. 38–39.

- 54.Лисицын, А.Б. Новая технология получения растительно–мясных экструдатов с высокими функциональными свойствами / А.Б. Лисицын, В.Б. Крылова, Т.В. Густова, О.Н. Новикова // Технология мяса. – 2008. – № 49. – С. 06–10.
- 55.Люнина, Е.М. Влияние параметров экструзионной обработки ржаного солода на содержание водорастворимых веществ в экструдате / Е.М. Люнина, С.В. Краус, В.С. Иунихина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 4. – С. 24-25.
- 56.Магомедов, Г.О. Реологические свойства теста с экструдатом овса / Г.О. Магомедов, В.И. Карпенко, А.А. Журавлев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 11. – С. 27–29.
- 57.Максимов, А.С. Лабораторный практикум по реологии сырья, полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств / А.С. Максимов, В.Я. Черных. - М.: Издательский комплекс МГУПП, 2004. – 163 с.
- 58.Малкина, В.Д. Зерновой продукт для диетического питания / В.Д. Малкина, Х.А. Балуюн, Е.В. Жиркова, С.И. Писков, В.В. Мартиросян // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2016. – № 5–6. – С. 31–33.
- 59.Мартиросян, В.В. Научные и практические аспекты применения экструдатов зернового сырья в технологии профилактических пищевых продуктов: дисс... докт. техн. наук: 05.18.01 / Владимир Викторович Мартиросян. - М., 2013. - 282 с.
- 60.Мартиросян, В.В. Обогащение экструзионных продуктов инулином / В.В. Мартиросян, В.Д. Малкина, Р.Н. Саленко, Е.В. Жиркова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 9. – С. 42–44.
- 61.Маршалкин, М. Ф. Биохимия: учеб. пособие / М.Ф. Маршалкин // Институт сервиса, туризма и дизайна(филиал)СКФУ в г. Пятигорске. - Пятигорск: ПФ СКФУ, 2016. – 323 с.

62. Матвеева, И.В. Взаимосвязь качественных и диетических показателей хлеба с технологическими и функциональными свойствами сырья: автореферат дис. доктора тех. наук./ И.В. Матвеева. – Москва, 1993. - 51 с.
63. Матвеева, Т.В. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. – 947 с.
64. Мещерякова, В.А. Хлеб в диетическом питании и диетотерапии / В.А. Мещерякова. - М.: Качество хлеба, 2004. – 26 с.
65. Миронов, А.Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая / А.Н. Миронов, Н.Д. Бунатян и др. - Изд-во: Гриф и К, 2012. – 944 с.
66. Нелюбова, Л.В. Применение натуральных фито композиций при эндокринных нарушениях / Л.В. Нелюбова, С.Л. Нелюбов, М.Л. Пархоменко, В.В. Малецкий // Актуальные проблемы естественных наук: материалы Международной заочной научно–практической конференции. Тамбов. - 2015. – С. 42–47.
67. Нечаев, А.П. Пищевая химия. / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др. Под ред. А.П. Нечаева. // Издание 4–е, испр. и доп. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 640 с.
68. Нечаев, А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова А.А., А.И. Зайцев. – Москва: Колос-Пресс, 2002. – 256 с.
69. Нечаев, А.П. Пищевые и биологически активные добавки, ароматизаторы и технологические вспомогательные средства. Учебное пособие / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. – 248 с.
70. Орлова, С.В. Включение биологически активных добавок к пище в рацион пациентов в восстановительном периоде после проведения разгрузочно–диетической терапии / С.В. Орлова, Л.С. Василевская, Л.И. Карушина, Л.Г. Игнатенко, Е.А. Никитина, Д.И. Тарасова // Материалы XII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Питание и здоровье". - Москва. - 2010. - С. 61.

- 71.Остриков А.Н. Изучение качественных показателей экструдированных экструзионных палочек / А.Н. Остриков, Л.И. Василенко, Е.С. Шенцова, Е.Ю. Травина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 9. – С. 53–54.
- 72.Остриков, А.Н. Влияние экструзионной обработки растительных текстуратов на их качество / А.Н. Остриков, А.С. Рудометкин, Ю.Н. Сорокина, М.А. Глухов // Вестник РАСХН. – 2007. – № 6. – С. 23–24.
- 73.Остриков, А.Н. Технология экструзионных продуктов / А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова, В.Н. Василенко, О.В. Абрамов, К.В. Платов. - СПб.: Проспект науки, 2007. – 202 с.
- 74.Остриков, А.Н., Соколов И.Ю. Моделирование течения расплава экструзионной смеси в кольцевом канале формирующей матрицы экструдера / А.Н. Остриков, И.Ю. Соколов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 7. – С. 80-81.
- 75.Павловская, Е.В. Характеристика нарушений основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением / Е.В. Павловская, Т.В. Строкова, А.Г. Сурков, Е.Н. Кутырева, А.Р. Богданов, М.В. Зейгарник, Б.С. Каганов // Материалы XIII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Персонафицированная диетология: настоящее и будущее". – Москва. – 2011. - С. 68.
- 76.Передерни В.Г. Избыточный вес и ожирение. Последствия для здоровья и жизни, современные рекомендации по достижению и поддержанию нормальной массы тела / В.Г. Передерни, С.М. Ткач, В.М. Кутовой, М.Н. Роттер. - К Старт–98, 2013. – 240 с.
- 77.Пищевые ингредиенты в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. М.: ДеЛи плюс, 2013. – 527 с.
- 78.Погожева, А.В. Стратегия здорового питания от юности к зрелости / А.В. Погожева. - М.: СВР–АРГУС, 2011. – 336 с.
- 79.Покровский, А.А. Беседы о питании / А.А. Покровский. – М.: Экономика, 1986. – 367 с.

80. Поландова, Р.Д. Технологические рекомендации по улучшению качества хлебобулочных изделий из муки с пониженными хлебопекарными свойствами / Р.Д. Поландова, Г.Ф. Дремучева, О.Е. Карчевская и т.д. - М: Изд-во «Вторая типография», 2010 г., 98 с.
81. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий) / Л.П. Пащенко, Т.В. Санина, Л.И. Столярова и др. - М.: КолосС, 2006. - 215 с.
82. Прянишников, В.В. Функции пищевых волокон в организме человека / В.В. Прянишников, Н.Н. Толкунова, С.Ю. Волкова // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. Орел.: Орловский государственный университет экономики и торговли. -2016. - №3. – С. 74–76.
83. Пучкова, Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова. - СПб.: ГИОРД, 2004. - 264 с.
84. Пучкова, Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба: Учебник для вузов / Л.И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И.В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, 2005 – 559 с.
85. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р.У. Хабриева. – М.: Медицина, 2005. – 832 с.
86. Садовой, В.В. Оценка эффективности биологически активных добавок для профилактики ожирения / Садовой В. В., Аралина А. А., Бунина О. Ю., Щедрина Т. В. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. - 2012. - № 5-6. - С. 96-98.
87. Сазонова, О.В. Лечебное питание: учебно–методическое пособие для студентов медицинских ВУЗов. / О.В. Сазонова, Л.М. Бородина, Е.М. Якунова, А.В. Галицкая // НИИ гигиены и экологии человека СамГМУ. - Йошкар–Ола: ООО «Типография «Вертикаль», 2013. – 80 с.
88. Седлецкий, Ю.И. Хирургическое лечение метаболического синдрома / Ю.И. Седлецкий. - СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2014. - 192 с.

89. Скальный, А.В. Основы здорового питания: пособие по общей нутрициологии / А.В. Скальный, И.А. Рудаков, С.В. Нотова, Т.И. Бурцева, В.В. Скальный, О.В. Баранова. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 117 с.
90. Скуратовская, О.Д. Контроль качества продукции физико–химическими методами / О.Д. Скуратовская. - М.: ДеЛи, 2000. – 100 с.
91. Скурихин, И.М. Всё о пище с точки зрения химика / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев / М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
92. Славинский, А.В. Фактическое питание взрослого населения Беларуси в зависимости от индекса массы тела / А.В. Славинский, О.Н. Лихошва, И.И. Кедрова // Материалы XII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Питание и здоровье". Москва. - 2010. - С.77.
93. Смычагин, О.В. Разработка рецептур и исследование качества диетических майонезных соусов с применением продуктов переработки зародышей кукурузы: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / О.В. Смычагин. – Краснодар, 2009. - 134 с.
94. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / 2–е изд., стер. / В.Б. Спиричев, А.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский // Новосибирск: Сиб. унив. изд–во, 2005. – 548 с.
95. Тагиева, Ф.А. Ожирение и репродуктивное здоровье женщины / Ф.А. Тагиева // Актуальні проблеми сучасної медицини: вісник української медичної стоматологічної академії. Издательство: Высшее государственное учебное заведение Украины "Украинская медицинская стоматологическая академия" (Полтава). – 2016. - Том 16. - № 2 (54). С. 317–320.
96. Троицкий, Б.Н. Смеси для обогащения хлебобулочных изделий / Б.Н. Троицкий, В.В. Письменный, А.И. Черкашин, С.И. Сотникова // Хлебопечение России. – 2003. – № 6. – С. 18–19.
97. Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян, А.И. Вялков, А.Н. Разумов, В.И. Михайлов, К.А. Москаленко, А.Г. Одинец, В.Г. Сбежнева, В.Н. Сергеев. - М.: Издательский дом «Панорама», 2010. – 816 с.

98. Тутельян, В.А. Роль пищевых волокон в питании человека / В.А. Тутельян, А.В. Погожева и др.; под ред. В.Г. Высоцкого. – М.: Новое тысячелетие, 2008. – 320 с.
99. Тюрина, О.Е. Разработка технологии хлебобулочных изделий диабетического назначения с ячменной мукой: дисс. кан. тех. наук / О.Е. Тюрина. - М.: Москва.: МГУТУ им. К.Г. Разумовского, 2010. -148.
100. Устинова, О.В. Разработка мучных изделий для лиц с избыточной массой тела: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / О.В. Устинова. - М., 2006. - 180 с.
101. Файвишевский, М.Л. Функционально–технологические свойства экструдата из чечевицы / М.Л. Файвишевский, В.Б. Крылова, Е.В. Логвинова // Мясная индустрия. – 2001. – № 1. – С. 20–21.
102. Филлипович, Ю.Б. Основы биохимии. – 4–е изд., перераб. и доп. / Ю.Б. Филлипович. - М.: Изд–во «Агар», 1998. – 512 с.
103. Ходкевич, О.А. Разработка технологии биосинтеза ингибитора α -гликозидаз актиномицетами рода *Streptomyces* и применение комплексной добавки на его основе в хлебопечении: дисс... канд. техн. наук: 05.18.07 / О.А. Ходкевич - М.: - 2009. - 146 с.
104. Цыганова, Т. Б. Технология и организация производства хлебобулочных изделий: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений / Т.Б. Цыганова. - 6-е изд., стер. – М.: Академия, 2014. – 446 с.
105. Цыганова, Т.Б. Разработка хлебобулочного изделия для лиц, страдающих ожирением / Т.Б. Цыганова, О.В. Устинова // Хлебопродукты. – 2006. – № 11. – С. 34–35
106. Шабурова, Г.В. Белковый комплекс экстрадированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.П. Чистяков, В.В. Новиков // Пиво и напитки. – 2007. – № 3. – С. 12.
107. Шарафетдинов, Х.Х. Эффективность и безопасность белковых заменителей пищи в низкокалорийных диетах для пациентов с избыточной

- массой тела и ожирением / Х.Х. Шарафетдинов и другие // Москва, 2012. - 43 с.
108. Шарова, Н.Ю. Ингибитор гликозидаз для создания функциональных хлебобулочных изделий / Н.Ю. Шарова, Т.А. Никифорова, О.А. Ходкевич, Л.И. Кузнецова, Е.С. Иванова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 6. – С. 49– 51.
109. Шаршунов, В.А. Обоснование направления совершенствования технологии обработки зерна на основе «экструзии–экспандирования» / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.И. Козлов, С.В. Курзенков, А.В. Талалуев, А.А. Радченко // Известия Академии аграрных наук Ресублики Беларусь, – 2000. – № 3. – С. 93–98.
110. Шендеров, Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома / Б.А. Шендеров // М.: ДеЛи принт, 2008. – 319 с.
111. Щербатенко, В.В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение качества / В.В. Щербатенко М.: Пищевая промышленность, 1976 – 135 с.
112. Юдина, С.Б. Технология продуктов функционального питания / С.Б. Юдина // М.: ДеЛи принт, 2008. – 280 с.
113. Юрьев, В.П. Резистентные крахмалы. Часть 1. Общее описание и физиологические аспекты / В.П. Юрьев, М.М. Гаппаров // Вопросы питания – 2005 – № 6 – с.11-16.
114. Юсупова, Г.Г. Методы контроля качества муки по реологическим свойствам теста / Г.Г. Юсупова, О.Н. Бердышникова // Хлебопекарное производство. – 2011. – № 2. – С. 48–53.
115. Яшков Ю.И. Клинические рекомендации по бариатрической и метаболической хирургии // МОО “Общество бариатрических хирургов”. – М., 2014. – С. 41.
116. Buchwald, H. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis / H. Buchwald, Y. Avidor, E. Braunwald et al. // JAMA. – 2004. – № 292. – P. 1724–37.

117. Burdock, George. *Garcinia cambogia* toxicity is misleading. Letter to the editor / *Food and Chemical Toxicology*. - 2005. - № 43. – P. 1683–1684.
118. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg. – 1986.
119. Ezhilarasi, P.N. Freeze drying technique for microencapsulation of *Garcinia* fruit extract and its effect on bread quality / P.N. Ezhilarasi, D. Indrani, B.S. Jena, C. Anandharamakrishnan // *Journal of Food Engineering*. – 2013. – № 117. – P. 513–520.
120. Hayamizu, K., Hironori Tomi, Izuru Kaneko, Manzhen Shen, Madhu G. Soni b, Gen Yoshino. Effects of *Garcinia cambogia* extract on serum sex hormones in overweight subjects / K. Hayamizu, T. Hironori, K. Izuru, S. Manzhen, G. Soni b Madhu, Y. Gen // *Fitoterapia*. – 2008. – № 79. – P. 255–261.
121. Hayamizu, K. Effect of *Garcinia cambogia* extract on serum leptin and insulin in mice / K. Hayamizu, H. Hirakawa, D. Oikawa, T. Nakanishi, T. Takagi, T. Tachibana, M. Furuse // *Fitoterapia*. – 2003. – № 74. – P. 267–273.
122. Hayamizu, K. Effects of *Garcinia cambogia* (Hydroxycitric Acid) on Visceral Fat Accumulation: A Double–Blind, Randomized, Placebo–Controlled Trial / K. Hayamizu, Y. Ishii, I. Kaneko, M. Shen, Y. Okuhara, N. Shigematsu, H. Tomi, M. Furuse, G. Yoshino, H. Shimasaki // *Current therapeutic research Volume 64*. – 2003. – № 8. – P. 551–567.
123. Heymsfield, Steven B. *Garcinia cambogia* (hydroxycitric acid) as a potential antiobesity agent: a randomized controlled trial / Steven B. Heymsfield, David B. Allison, Joseph R. Vasselli, Angelo Pietrobelli, Debra Greenfield, Christopher Nunez // *JAMA*. November 11, 1998. - Vol 280. - №18. - P. 1596–600.
124. Jing, Han (–)–Hydroxycitric acid reduced fat deposition via regulating lipid metabolism–related gene expression in broiler chickens / Jing Han, Longlong Li, Dian Wang, Haitian Ma // Опубликовано 24.02.2016. <https://dx.doi.org/10.1186%2Fs12944-016-0208-5>
125. Kim, Young–Je. *Garcinia Cambogia* attenuates diet–induced adiposity but exacerbates hepatic collagen accumulation and inflammation / Kim Young–Je,

- Myung–Sook Choi, Yong Bok Park, Sang Ryong Kim, Mi–Kyung Lee, Un Ju Jung. // *World Journal Gastroenterol.* - 2013 August 7. - № 19(29). – P.4689–4701.
126. Koshy, Asha Sarah. Flavonoids from *Garcinia cambogia* lower lipid levels in hypercholesterolemic rats / Asha Sarah Koshy, L. Anila, N.R. Vijayalakshmi // *Food Chemistry.* – 2001. - № 72. – P. 289–294.
127. Koshy, A.S. Flavonoids from *Garcinia cambogia* lower lipid levels in hypercholesterolemic rats / Asha Sarah Koshy, L. Anila, N.R. Vijayalakshmi // *Food Chemistry.* – Volume 72. – Issue 3. – February 2001. – P. 289–294.
128. Kovacs, Eva M.R. Effects of (–)-hydroxycitrate on net fat synthesis as de novo lipogenesis / Eva M.R. Kovacs, S. Margriet // *Physiology & Behavior.* – 2006. – № 88. – P. 371–381.
129. Lewis, Y.S. Isolation and properties of hydroxycitric acid / Y.S. Lewis // *Methods in Enzymolog.* - 1969. - № 13. P. 613–619.
130. Mahendran, P. Effect of *Garcinia cambogia* extract on lipids and lipoprotein composition in dexamethasone administered rats./ P. Mahendran, C.S. Shyamala Devi // *Indian J Physiol Pharmacol.* – 2001. - № 45 (3). - P. 345–350.
131. Michael, Shara. Physico–chemical properties of a novel (–)-hydroxycitric acid extract and its effect on body weight, selected organ weights, hepatic lipid peroxidation and DNA fragmentation, hematology and clinical chemistry, and histopathological changes over a period of 90 days / Michael Shara, Sunny E. Ohia, Robert E. Schmidt, Taharat Yasmin, Andrea Zardetto–Smith, Anthony Kincaid, Manashi Bagchi, Archana Chatterjee, Debasis Bagchi¹ and Sidney J. Stohs // *Molecular and Cellular Biochemistry.* – 2004. - № 260. – P. 171–186.
132. Nanditha, B.R. Influence of natural antioxidants and their carry–through property in biscuit processing / B.R. Nanditha; B.S. Jena; P. Prabhasankar // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 2009. – № 8. – P. 288–298.
133. Plews, A. G. Discriminating Structural Characteristics of Starch Extrudates through X–ray Micro–tomography using a 3–D Watershed Algorithm / Plews Andrew G, Alan Atkinson and Scott McGrane // *International Journal of Food Engineering*, 5.1. – 2009. doi:10.2202/1556–3758.1513

134. Rasha, H.M. The Biological Importance Of Garcinia Cambogia: A review. / H.M. Rasha, A. Salha, A. Thanai, A. Zahar // Journal of Nutrition & Food Sciences. – 2015. – 5 p. <https://www.omicsonline.org/open-access/the-biological-importance-of-garcinia-cambogia-a-review-2155-9600-S5-004.pdf>.
135. Renu, Pandey Simultaneous determination of multi-class bioactive constituents for quality assessment of Garcinia species using UHPLC–QqQLIT–MS/MS / Pandey Renu, Chandra Preeti, Kumar Brijesh, Srivastva Mukesh, A.P. Anu Aravind, P.S. Shameer, K.B. Rameshkumar // Industrial Crops and Products. – 2015. - № 77. - P. 861–872.
136. Saito, M. High dose of Garcinia cambogia is effective in suppressing fat accumulation in developing male Zucker obese rats, but highly toxic to the testis. / M. Saito, M. Ueno, S. Ogino, K. Kubo, J. Nagata, M. // Takeuchi Food and Chemical Toxicology. - 2005. - № 43. – P. 411–419.
137. Sharpe, Patricia A. Availability of Weight-Loss Supplements: Results of an Audit of Retail Outlets in a Southeastern City / Patricia A. Sharpe, Michelle L. Granner, Joan M. Conway, Barbara E. Ainsworth, Mirela Dobre // Journal of the AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, December 2006, 2045-2051.
138. Stohs, SJ. No evidence demonstrating hepatotoxicity associated with hydroxycitric acid / SJ Stohs, HG Preuss, SE Ohia, GR Kaats, CL Keen, LD Williams, et al. // World J Gastroenterol. – 2009. №15. – p. 4087-4089.
139. Tharachand, C. Comparative evaluation of anthelmintic and antibacterial activities in leaves and fruits of garcinia cambogia (gaertn.) desr. and garcinia indica (dupetit-thouars) choisy / C. Tharachand, C. Immanuel Selvaraj, Z. Abraham // Braz. Arch. Biol. Technol. – May/Jun 2015. – V.58. – №.3. – P. 379–386.
140. Viuniski, N. Детское ожирение / N. Viuniski // Материалы XIII Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием "Персонифицированная диетология: настоящее и будущее". – Москва. – 2011. - С. 28–29.
141. [http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/6470/9/09_chapter 1.pdf](http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/6470/9/09_chapter%201.pdf)

142. <http://www.klinika23.ru/hirurgiya-ozhireniya/oslozhneniya-v-bariatricheskoy-hirurgii>
143. http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Garcinia_gummi-gutta.PDF

5 Приложения

Приложение 1 - Расчет экономической эффективности производства пищевых продуктов

Экономический эффект – конечный экономический результат, являющийся абсолютным показателем в денежных единицах, характеризующий доход, полученный от реализации изделий и расходами на ее производство. Производили расчет экономической эффективности по себестоимости продукции на единицу продукции, а так же в объеме расчетного года.

Таблица 1 - Рецептура разработанных изделий

Наименование сырья	Количество сырья, кг	Влажность, %	Количество влаги, кг	Количество сухих веществ в сырье, кг
--------------------	----------------------	--------------	----------------------	--------------------------------------

Рецептура экструзионных изделий «Облачко»

из кукурузной крупы с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской

Крупа кукурузная	93	14,5	13,5	79,5
Экстракт гарцинии камбоджийской	7,0	3,6	0,3	6,7
Итого	100		13,8	86,2

Рецептура хлеба «Гарциникум»

из пшеничной муки с добавлением продукта экструзионного опытного

Мука пшеничная 1/с	100	14,5	14,5	85,5
Дрожжи прессованные	1,5	75,0	1,12	0,38
Соль	1,3	3,0	0,04	1,26
Экструзионные изделия «Облачко»	3,0	7,0	0,2	2,8
Итого	112,8			89,94

Таблица 2 – Стоимость сырья на 1 тонну изделий

Наименование сырья	Цена, руб/кг	Экструзионные изделия «Облачко»		Хлеб «Гарциникум»	
		Норма расхода, кг/т	Стоимость, руб.	Норма расхода, кг/т	Стоимость, руб.
Крупа кукурузная	45	930	41850	-	-
ЭГК	6000	70	420000	-	-
Мука пшеничная 1/с	18	-	-	1000	18000
Дрожжи инстантные	450	-	-	0,5	225
Соль	12	-	-	1,3	15,6
Экструзионные изделия «Облачко»	461,85	-	-	3	1385,55
Итого			461850		19626,15

Таблица 3 – Себестоимость продукции

Статьи калькуляции	Экструзионные изделия «Облачко»		Хлеб «Гарциникум»	
	Сумма, р.	уд. вес	Сумма, р.	уд. вес
Сырьё и материалы	461850	74,13	19626,2	63,08
Топливо, вода и энергия	18012,15	2,89	1205,09	3,87
Зарплата основных произв. рабочих	28634,7	4,60	1739,94	5,59
Соц. отчисления	10622,55	1,70	727,89	2,34
Расходы на подготовку производства	14779,2	2,37	857,41	2,76
Потери от брака	2771,1	0,44	117,76	0,38
Производственная себестоимость	536669,7		24274,2	
Расходы по эксплуатационное оборуд.	18935,85	3,04	1532,63	4,93
Цеховые расходы	7389,6	1,19	1367,95	4,4
Цеховая себестоимость	562995,15	0,00	27174,8	
Общехозяйственные расходы	19859,55	3,19	1732,83	5,57
Прочие расходы	40180,95	6,45	2206,55	7,09
Итого полная себестоимость	623035,65	100,00	31114,2	100
Себестоимость 1 ед. продукции	3,12		6,22	

Экономический эффект от производства разработанных изделий рассчитывался исходя из расчета стоимости единицы продукции и объема продукции, выработанной за определенный период (расчетный год). Производили вычисления стоимости сырья на 1 тонну готовой продукции и себестоимости 1 единицы продукции: экструзионных изделий массой 0,05 кг и хлеба массой 0,2 кг. Данные представлены в таблицах 2-3.

Данные представленные в таблице 3 показали, что себестоимость 1 упаковки экструзионных изделий «Облачко» массой 5 г составляет 3,12 рублей. При рентабельности производства 55 % и учете НДС 10 %, отпускная цена продукции составит 5,32 рубля. Ожидаемая прибыль от реализации (без учета налогов) 100 кг экструзионных изделий «Облачко» составит 34266,96 рублей. Себестоимость хлеба «Гарциникум» массой 0,2 кг составляет 6,22 рублей. При рентабельности производства 55 % и учете НДС 10 %, отпускная цена хлеба составит 10,6 руб. Ожидаемая прибыль от реализации (без учета налогов) 1 тонны хлеба «Гарциникум» составит 15239 рублей.

При расчете экономической эффективности не были учтены факторы, направленные на активное продвижение и позиционирование разработанных изделий в потребительской среде. Необходимо дополнительно разработать дизайн упаковки, провести маркетинговые изыскания и рекламную кампанию. Указанные мероприятия будут способствовать росту объема реализации разработанной продукции. Однако подобных мероприятий требует вложения значительных денежных средств, особенно на первом этапе выхода продукции на рынок. Поэтому определенную часть прибыли от реализации продукции – около 30 %, необходимо направить на решение данных задач.

**Приложение 2 - Проекты технической документации на
экструзионные изделия «Облачко»**

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АГРОМИН»**

Проект

ОКП 91 9600

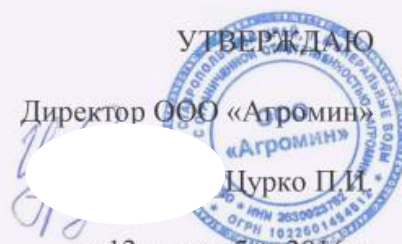
Группа Н32
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Агромин»

Цурко П.И.

« 12 » декабря 2016 г.



ПАЛОЧКИ КУКУРУЗНЫЕ «Облачко»
Технические условия
ТУ 9196-005-36818182-16

Дата введения 12.12.2016 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт кукурузы,
ведущий научный сотрудник

Мартirosян В.В.

ФГАНУ НИИХП, научный сотрудник
направления микробиологических
исследований

Балуян Х.А.

Минеральные Воды
2016

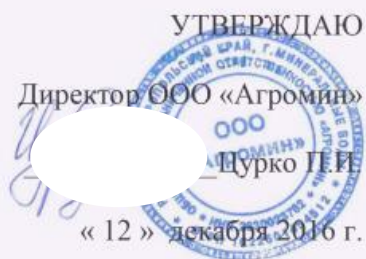
Проект

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АГРОМИН»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Агромин»
Цурко П.И.

« 12 » декабря 2016 г.



**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ПАЛОЧЕК КУКУРУЗНЫХ «Облачко»
ТИ 9196-005-36818182-16**

Дата введения 12.12.2016 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы, ведущий научный сотрудник

 Мартиросян В.В.

ФГАНУ НИИХП, научный сотрудник направления микробиологических исследований

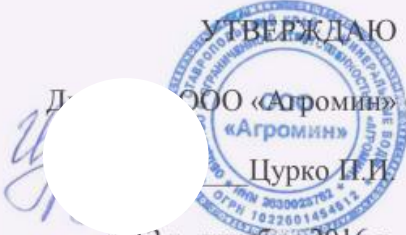
 Балуян Х.А.

Минеральные Воды
2016

Проект

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АГРОМИН»**

УТВЕРЖДАЮ
Д. [Redacted] ООО «Агромин»
Цурко П.И.
« 12 » декабря 2016 г.



РЕЦЕПТУРА

ПАЛОЧКИ КУКУРУЗНЫЕ «ОБЛАЧКО»

РЦ 9196-005-36818182-16 по ТУ 9196-005-36818182-16

производятся по технологической инструкции ТИ 9196-005-36818182-16

Дата введения 12.12.2016 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт кукурузы,
ведущий научный сотрудник


[Redacted Signature] Мартиросян В.В.

ФГАНУ НИИХП, научный сотрудник
направления микробиологических
исследований

[Redacted Signature] Балуюн Х.А.

Минеральные Воды
2016

**Приложение 3 - Акт производственной выработки
экструзионных изделий «Облачко»**


 УТВЕРЖДАЮ
 Директор ООО «Агромин»
 _____ Цурко П.И.
 АКТ

ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВЫРАБОТКИ ЭКСТРУЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

г. Минеральные Воды

3 сентября 2015 г.

Мы, нижеподписавшиеся представители: ООО «Агромин» - заведующая лабораторией Денисова Л.Н.; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» - ведущий научный сотрудник, д.т.н. Мартиросян В.В.; ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» - аспирант Балуян Х.А. составили настоящий акт о том, что на предприятии была проведена производственная выработка экструзионных изделий из крупы кукурузы гибрида Бештау селекции ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск) и экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7% к массе крупы кукурузы.

Экстракт гарцинии камбоджийской - мелкодисперсный порошок, белого цвета, влажностью 3,6%. Кукурузную крупу и экстракт гарцинии камбоджийской загружали в смеситель, увлажняли до 15-16% и тщательно перемешивали. Затем осуществляли экструзионную обработку подготовленной смеси в одношнековом экструдере, при следующих параметрах: влажность экструдруемого сырья – 15-16%, температура – 155-165 °С, скорость вращения шнека – 160-180 мин⁻¹, диаметр матрицы 4 мм.

Экструзионный продукт был изготовлен в виде прямых и изогнутых пористых палочек округлого поперечного сечения с шероховатой поверхностью.

При внесении экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7% наблюдали изменение цвета – экструзионные изделия были кремовые с желтоватым оттенком. При этом изменение аромата и вкуса не выявлено. Коэффициент расширения опытных экструзионных изделий составил 3,2, что соответствует показателям для данной группы изделий. При исследовании экструзионных изделий с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7% отмечена равномерная тонкостенная структура пористости, что положительно отражалось на общей органолептической оценке продукта.

Произведена выработка опытной партии экструзионных изделий массой 25 кг.


ЗАКЛЮЧЕНИЕ


1. По результатам производственной выработки кукурузную крупу гибрида Бештау рекомендуется применять для производства экструзионных изделий с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской на одношнековых экструдерах при указанных параметрах.
2. Органолептические и физико-химические показатели качества экструзионных изделий с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской в количестве 7% соответствовали показателям для данной группы изделий.


Заведующая лабораторией

Ведущий научный сотрудник, д.т.н.

Аспирант

 Денисова Л.Н.

 Мартиросян В.В.

 Балуйан Х.А.

**Приложение 4 - Проекты технической документации на изделия
хлебобулочные «Гарциникум»**

Проект
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АГРОМИН»

ОКП 91 1400

Группа Н32
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Агромин»

«Агромин»
Цурко П.И.
10 декабря 2016 г.



ИЗДЕЛИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ «ГАРЦИНИКУМ»
Технические условия
ТУ 9110-006-36818182-16

Дата введения 12.12.2016 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт кукурузы,
ведущий научный сотрудник

 Мартироян В.В.

ФГАНУ НИИХП, научный сотрудник
направления микробиологических
исследований

 Балуюн Х.А.

Минеральные Воды
2016

Проект
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АГРОМИН»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Агромин»

Цурко Ц.И.
12 декабря 2016 г.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ИЗДЕЛИЙ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ «ГАРЦИНИКУМ»
ТИ 9110-006-36818182-16

Дата введения « 12 » декабря 2016 г.

Минеральные Воды
2016

Проект

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АГРОМИН»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Агромин»

Цурко П.И.
12 декабря 2016 г.



РЕЦЕПТУРА

ИЗДЕЛИЙ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ «ГАРЦИНИКУМ»

РЦ 9110-006-36818182-15 по ТУ 9110-006-36818182-16

производятся по технологической инструкции ТИ 9110-006-36818182-16

Дата введения « 12 » декабря 2016 г.

Минеральные Воды
2016

Приложение 5 - Акт производственной выработки хлебобулочных изделий «Гарциникум»



Утверждаю:
 Директор ПК
 «Черепановский хлебокомбинат»
 Ивасенко Е.И.
 4 сентября 2015 г.

АКТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Мы, комиссия в составе заведующей лабораторией Котовой Т.А., ведущего научного сотрудника ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы», д.т.н. Мартиросяна В.В., аспиранта ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» Балуяна Х.А. составили акт о том, что 4 сентября 2015 г. были проведены производственные испытания технологии хлебобулочных изделий «Гарциникум» из пшеничной муки с применением продукта экструзионного обогащенного.

Продукт экструзионный обогащенный представлял собой мелкодисперсный порошок свето-желтого цвета, полученный путем измельчения экструдата зерна кукурузы с добавлением экстракта гарцинии камбоджийской.

Хлеб формовой массой 0,5 кг вырабатывали из муки пшеничной первого сорта с добавлением 2,5% продукта экструзионного обогащенного от массы муки, однофазным способом по рецептуре, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура хлеба

Наименование сырья	Хлеб из пшеничной муки	
	Без добавлений (контроль)	С добавлением продукта экструзионного обогащенного
Мука пшеничная хлебопекарная первый сорт, кг	100	97,5
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	1,5	1,5
Соль поваренная пищевая, кг	1,3	1,3
Экструдат обогащенный, кг	-	2,5
Вода, кг	48,5	50,9

В производственных условиях выработку хлеба осуществляли безопасным способом. Все необходимое сырье вносили в дежу тестомесильной машины А2-ХТН-6 и осуществляли замес теста в течение 15-20 минут. Брожение теста составляло 180 минут с двумя обминками через каждые 60 минут. После брожения тесто разделявали на тестоделителе «Восход-ТД-5». Для формового хлеба тестовые заготовки укладывали в формы, предварительно смазанные растительным маслом, и направляли на дальнейшую расстойку. Расстойку тестовых заготовок осуществляли в расстойном электрическом шкафу «Бриз-222». Продолжительность расстойки составляла 40-50 минут при температуре 37-40°C и относительной влажности воздуха 70-80%. Выпечку формового хлеба осуществляли в печи «Муссон-ротор» с пароувлажнением при температуре 220-230°C в течение 25-28 минут.

Органолептические и физико-химические показатели качества хлеба приготовленного с добавлением продукта экструзионного обогащенного представлены в таблице 2.

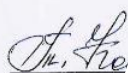
Таблица 2 – Показатели качества хлеба из пшеничной муки с добавлением продукта экструзионного обогащенного

Наименование показателей	Хлеб из пшеничной муки		
	Без добавлений (контроль)	С добавлением продукта экструзионного обогащенного	
Влажность, %	41,5	41,3	
Кислотность, град	2,0	2,2	
Пористость, %	73,0	72,0	
Удельный объем см ³ /г	3,1	3,0	
Органолептическая оценка:	Форма	Форма правильная без подрывов и трещин	
	Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений, достаточно равномерная	
	Цвет корки	Светло-желтая	Золотистая
	Вкус и аромат	Свойственный данному виду изделия	Свойственный данному виду изделия, с легким привкусом кукурузной крупы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Хлеб из пшеничной муки первого сорта с добавлением 2,5% продукта экструзионного обогащенного от массы муки, по органолептическим и физико-химическим показателям качества соответствовал данному виду изделий.
2. Приготовление хлеба осуществляли без привлечения дополнительного оборудования по режимам и технологиям, принятым на предприятии.

Заведующая лабораторией



Котова Т.А.

Ведущий научный сотрудник



Мартиросян В.В.

Аспирант



Балуян Х.А.

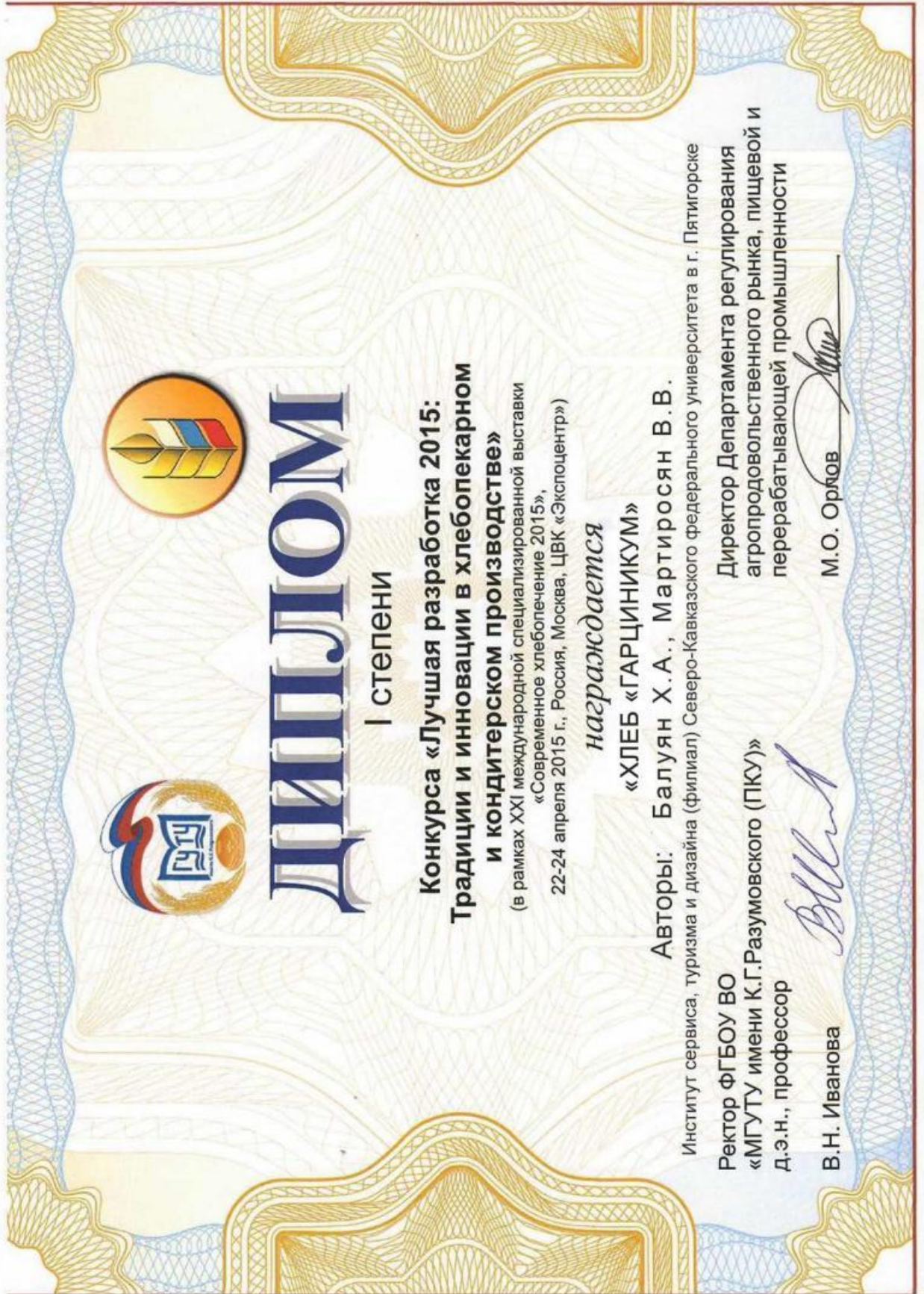
Приложение 6 - Сертификат качества экстракта гарцинии камбоджийской

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product and Batch Information			
Product Name	Garcinia Cambogia Extract 60% HCA	Country of Origin	France
Latin Name	<i>Garcinia Cambogia</i>	Active Ingredient	HCA
Plant Part Used	Fruit (100% Natural)	Manufacture Date	October 17, 2012
Batch	GCE-121017	Analysis Date	October 18, 2012
Quantity	800kg	Report Date	October 22, 2012

Analysis Item	Specification	Result	Test Method
Active Ingredients			
Assay	NLT 60% HCA	60.23%	HPLC (STP-QC-742)
Physical Control			
Appearance	Fine gray white powder	Conforms	Visual (STP-QC-701)
Odor	Characteristic	Conforms	Organoleptic (STP-QC-701)
Taste	Characteristic	Conforms	Organoleptic (STP-QC-701)
Sieve Analysis	NLT 95% pass 80 mesh	Conforms	80 Mesh Screen (STP-QC-721)
Type of extraction	Grain alcohol	Conforms	\
Solubility	Soluble in hydro-alcoholic solution	Conforms	Visual (STP-QC-704)
Moisture Content	NMT 8.0%	3.63%	5g / 105C /4hrs (STP-QC-707)
Ash	NMT 8.0%	3.78%	2g / 525C / 3hrs (STP-QC-709)
Irradiation Status	Non Irradiated	Irradiation Free	\
Chemical Control			
Arsenic (As)	NMT 1ppm	Conforms	Atomic Absorption (STP-QC-726)
Cadmium(Cd)	NMT 1ppm	Conforms	Atomic Absorption (STP-QC-726)
Lead (Pb)	NMT 3ppm	Conforms	Atomic Absorption (STP-QC-726)
Mercury(Hg)	NMT 0.1ppm	Conforms	Atomic Absorption (STP-QC-726)
Heavy Metals	NMT 10ppm	Conforms	Atomic Absorption (STP-QC-726)
Microorganism Control			
Total Plate Count	1000cfu/ml Max	Conforms	AOAC/Petrimfilm (STP-QC-730)
P.aeruginosa	Absent	Absent	AOAC/BAM (STP-QC-730)
S. aureus	Absent	Absent	AOAC/BAM (STP-QC-730)
Salmonella	Absent	Absent	AOAC/Neogen Elisa (STP-QC-730)
Yeast & Mold	100cfu/g Max	Conforms	AOAC/Petrimfilm (STP-QC-730)
E.Coli	Negative	Conforms	AOAC/Petrimfilm (STP-QC-730)
Staphylococcus	Negative	Conforms	AOAC/Petrimfilm (STP-QC-730)
Aflatoxins	NMT 0.2ppb	Conforms	HPLC (STP-QC-730)
Packing and Storage			
Packing	Pack in paper-drums and two plastic-bags inside. Net Weight: 25kg/drum.		
Storage	Store in a well-closed place with constant low temperature and no direct sun light.		
Shelf Life	2 years.		
Expiration Date	October 17, 2014		

Приложение 7 - Дипломы





ДИПЛОМ

1 СТЕПЕНИ

Конкурса «Традиции и инновации в хлебопекарном и кондитерском производстве. Лучшая разработка 2013»

в номинации
«Лучшая разработка 2013, представленная ВУЗом»
награждается

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет (филиал) в г. Пятигорске»

за проект

«Структурно-химические показатели хлеба для снижения массы тела»

Ректор ФГОУ ВПО
«МГУТ им. К.Т. Тумановского»
Д.э.н., профессор
В.Н. Иванова



Директор ГНУ ГОСНИИ
хлебопекарной промышленности
РАСХН Д.э.н. профессор
А.П. Косован

(Handwritten signature)





ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»
Институт сервиса, туризма и дизайна
(филиал) СКФУ в г. Пятигорске

ДИПЛОМ

Балуяну Х.А.

в номинации
Продукты здорового питания
за хлебобулочные изделия с зерновыми экструдатами

студенческого научного конкурса
«Современные технологии производства
продуктов здорового питания»

Директор
Института сервиса, туризма и дизайна
(филиала) СКФУ г. Пятигорске



Шебзухова Т.А.

Пятигорск, 2015

**MODERN
BAKERY
MOSCOW**



Modern Bakery Moscow

Международная специализированная выставка хлебопекарного и кондитерского рынка
International Trade Fair for Bakery and Confectionery

13–16 марта 2017 г., ЦВК «Экспоцентр», Москва
13–16 March 2017, IEC "Expocentre", Moscow

ДИПЛОМ УЧАСТНИКА

PARTICIPANT

Балуян Хачатур Александрович

за доклад

**«Разработка и коммерциализация
технологии экструзионных продуктов
для лиц с избыточной массой тела»**

Ойген Аллес,
генеральный директор Messe Frankfurt RUS
Managing Director Messe Frankfurt RUS
Eugen Alles

Бернд Фихтнер,
генеральный директор OWP Ost-West-Partner GmbH
General Director OWP Ost-West-Partner GmbH
Bernd Fichtner



messe frankfurt



O/W/P