

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 664.8

**САИДХОДЖАЕВА ДИЛДОРА**

**ПРИМЕНЕНИЕ МУКИ АМАРАНТ В ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**ДИССЕРТАЦИОННАЯ**

работа на соискание академической степени магистра по специальности

5А321003 – Пищевая безопасность

Научный руководитель:

к.т.н., доц. Чориев А.Ж.

ТАШКЕНТ – 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	-
<b>ГЛАВА I. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА В ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ</b>	-
1.1. Амарант: общая характеристика	-
1.2. Продукты переработки зерна амаранта в пищевой технологии	-
<b>ГЛАВА II. КОМПОЗИТНЫЕ СМЕСИ ИЗ АМАРАНТОВОЙ МУКИ И ДРУГИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b>	-
2.1. Комплексная оценка амарантовой муки и других ингредиентов композитной смеси	-
2.2. Разработка композитной смеси и технологии хлебобулочных изделий на её основе	-
2.3. Оценка качества хлебобулочных изделий из композитной смеси	-
Выводы по главе II	-
<b>ГЛАВА III. УГЛЕВОДНО-БЕЛКОВАЯ ФРАКЦИЯ АМАРАНТА В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБА</b>	-
3.1. Углеводно-белковая фракция амаранта, ее состав и свойства	-
3.2. Осахаренный гидролизат из углеводно-белковой фракции амаранта в технологии самосброженных пшеничных заквасок	-
3.3. Особенности приготовления хлеба на самосброженных пшеничных заквасках и их влияние на микробиологическую устойчивость готового продукта при хранении	-
3.4. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на самосброженных пшеничных заквасках	-

Выводы по главе III	-
<b>ГЛАВА IV. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТУРИРОВАННОЙ КОМПОЗИЦИИ ИЗ УГЛЕВОДНО-БЕЛКОВОЙ ФРАКЦИИ АМАРАНТА КРУПЫ ЯЧМЕНЯ И ГОРОХА</b>	-
4.1. Получение текстурированной композиции и исследование ее состава, биологической ценности и функциональных свойств	-
4.2. Применение текстурированной композиции в качестве компонента питательной смеси в технологии жидких хлебопекарных дрожжей	-
4.3. Разработка технологии хлеба стритикалевым солодом и текстурированной композицией из углеводно-белковой фракции амаранта, крупы ячменя и гороха	-
Выводы по главе IV	-
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	-
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	-
<b>СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ</b>	-

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Концепция государственной политики в области здорового питания населения определяет основные подходы и первоочередные задачи по созданию индустрии здорового (функционального, позитивного) питания. Анализ основных тенденций потребления пищевых продуктов показывает, что решение части проблем возможно путем обогащения хлебобулочных изделий физиологически ценными питательными веществами. При наличии их дисбаланса повышается риск возникновения заболеваний взрослого населения: рак, сердечно-сосудистые, нарушения функций желудочно-кишечного тракта, остеопороз, ожирение.

В соответствии с предполагаемой формулой пищи XXI века предусматриваемся потребление продуктов, в том числе хлебобулочных изделий, с заданным составом, повышенной биологической и пищевой ценностью. Это может быть достигнуто за счет применения более сбалансированного по эссенциальным пищевым веществам и микронутриентам сырья в сравнении с пшеничной и ржаной мукой.

Поиск альтернативных путей повышения пищевого статуса, уровня здоровья, продолжительности жизни, снижения заболеваемости населения и мобилизации защитных сил человеческого организма в комплексном решении проблемы сохранения генофонда является актуальным.

В связи с тенденцией снижения уровня жизни населения ряд стран, а также со значительным дефицитом белковых продуктов питания возникла необходимость в разработке и создании на основе современных технологий качественно новых продуктов питания на растительной основе. Которые отличались бы не только пищевкусовыми свойствами и стабильностью при хранении, но и доступностью всей слоям населения.

Приоритетным направлением науки также является совершенствование технологии обогащения пищевых продуктов макро и

микро нутриентами, полученные путем комплексной переработки и производство продукции из нетрадиционных источников сырья.

Актуальность решения поставленной задачи очевидна и определенная роль в ее реализации принадлежит зерну амаранта.

Работа выполнена в рамках кафедры «Пищевая безопасность» Ташкентского химико-технологического института.

**Целью исследования** является применение муки амаранта и модифицированных композиций на его основе для повышения биологической ценности и формирования функциональной направленности хлебобулочных изделий, а также разработка эффективных технологий, обеспечивающих их высокое качество.

Для достижения поставленного задания необходимо было выполнить следующие **задачи исследования:**

- обоснование выбора ингредиентов для композитной смеси и текстурированной композиции;

- оптимизация компонентного состава функциональной композитной смеси на основе амарантовой, овсяной муки и сухой пшеничной клейковины;

- разработка аппаратурно-технологической схемы приготовления теста;

- разработка рецептуры для хлеба, выработанного по предлагаемой технологии;

- получение текстурированной композиции из углеводно-белковой фракции амаранта, крупы ячменя и гороха, исследование ее состава, биологической ценности, показателей безопасности и функциональных свойств.

**Научная новизна** заключается в следующем:

- теоретически и экспериментально обоснованы пищевая и биологическая ценности цельномолотой муки из зерна амаранта;

- получена функциональная композитная смесь, сбалансированная по содержанию Са, Р, включающая муку амаранта, овсяную муку и сухую пшеничную клейковину, оптимизированная по содержанию незаменимых аминокислот;

- разработаны рецептуры, функциональная и аппаратурно-технологические схемы приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства.

**Предмет исследования:** показатели качества (органолептические и физико-химические), пищевая и энергетическая ценность продукции.

**Объектом исследования** является технология переработки зерна амаранты.

**Практическая значимость** исследований состоит в следующем:

- разработаны оригинальные композиции, позволяющие расширить сырьевую базу хлебопекарной отрасли, и хлебобулочные изделия повышенной биологической и пищевой ценности с функциональной направленностью;

- исследованы органолептические, физико-химические показатели качества новых изделий, их аминокислотный состав, биологическая ценность и назначение.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации опубликованы и докладывались на заседаниях семинаров Ташкентского химика - технологического Института, на научно-технической конференции молодых учёных: докторантов, научных сотрудников и студентов бакалавриата и магистратуры «Умидли кимёгарлар -2016», а также в сборнике межвузовских научных работ (2016 год).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав с выводами, заключения, списка цитируемой литературы, включающего 99 источников, 5 рисунка, 26 таблиц.

Работа изложена на 78 страницах компьютерного текста.

# ГЛАВА I. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА В ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

## 1.1. Амарант: общая характеристика

Изыскание новых растительных источников пищевого белка, биологически активных добавок, а так же разработка технологии их переработки для получения продуктов повышенной биологической и пищевой ценности с функциональной направленностью - одна из актуальных задач хлебопекарной отрасли.

К числу наиболее перспективных растений универсального назначения многие специалисты относят амарант. Родиной этого растения является Южная Америка. Уникальные его свойства подтверждены современными исследователями. Амарант интенсивно возделывается в горных районах Непала, Индии, Мексике и Перу. В последнее время плантации амаранта увеличились в Китае, Африке, США, Канаде. В этих странах применяют как зерно амаранта, так и его листовую массу.

Амарант превосходит традиционные культуры по содержанию питательных веществ, особенно белков и жира. Его белки отличаются оптимальным соотношением незаменимых аминокислот, в том числе лизина - первой лимитирующей незаменимой аминокислоты белков пшеницы и ржи (табл. 1).

Таблица 1

Содержание питательных веществ (г/100 г продукта) и незаменимых аминокислот (мг/г белка) в зерне амаранта в сравнении с другими зерновыми [38, 65]

Показатели	Амарант	Пшеница	Кукуруза	Рис
Наименование компонентов				
Вода	9,0-11,0	14,0	12,0-14,0	8,0-10,0
Белки	12,2-17,6	9,6-14,0	9,0-11,5	7,0-9,0
Жир	6,0-8,6	1,0-3,0	4,5-5,5	1,0-2,5

Клетчатка	3,5-5,5	2,5-3,0	2,0-2,5	3,0-8,0
Крахмал	58,0-64,0	66,0-69,0	66,0-69,0	71,0-75,0
Зола	1,7-1,9	1,5-1,8	1,6-1,8	1,5-1,9
Наименование аминокислоты				
Лейцин	75-92	76-89	113-130	57-65
Лизин	70-91	29-37	19-27	27-30

В России под амарант занято свыше 150 000, но используют его, в основном, на кормовые нужды [65].

Для всестороннего изучения амаранта в США, Мексике и ряде других Латиноамериканских стран организованы научно-исследовательские центры, в которых внимание уделяется селекционно-генетическим работам и сбору гомологизма местных видов и видов, интродуцированных из других регионов. Только в исследовательском центре в Родалс (США) собрано более 1000 вилообразной. Используя современные методы селекции, созданы новые сорта амаранта в США, Эквадоре, Аргентине, Мексике. Предполагается, что пять видов амаранта имеют американское происхождение. В Америке культивируется еще один вид амаранта азиатского происхождения [65].

В нашей стране на необходимость применения в сельском хозяйстве амаранта как новой пищевой и силосной культуры в программе использования мировых растительных ресурсов указывал академик Н.И. Вавилов еще в 1932 году. Однако, начатая по сию инициативе исследовательская работа с амарантом и другими новыми культурами была прекращена после его гибели. И только в последние годы амарант стали интенсивно внедрять в сельское хозяйство в России и странах ближнего зарубежья. Научно-исследовательские работы с амарантом наиболее активно ведут в Санкт-Петербургском и Казанском университетах. Создана Европейская ассоциация "Амарант", президентом которой избран И.М. Магомедов.

### 1.1.1. Морфофизиологические свойства и продуктивность растения

Семейство амарантовых относится к классу двудольных, порядку гвоздичных, включает 65 родов и около 900 видов. Анатомия и морфология амаранта различается в зависимости от вида, места обитания и условий его выращивания. Высота растений достигает от 0,4 до 3 м (рис. 1.). Стебель у подавляющего большинства видов амаранта прямостоячий (диаметром до 5 см). Листья черешчатые, крупные, яйцевидные или удлинённые, зеленые или трехцветные. Листорасположение очередное. Корень стержневой, достигающий до 90 см в глубину. Цветки мелкие, собраны в сложные колосовидные соцветия, прямые или поникающие. Плод - округлая коробочка.



а)



б)

**Рис.1. Внешний вид растений рода *Amaranthus*:  
а) *A. Hyporohondriacus* и б) *A. Caudatus L.***

Особенностью амаранта является небольшой размер зерен (масса 1000 штук равняется 0,6 - 1,0 г), покрытых твердой оболочкой, окрашенной в черный, светло-оранжевый или красноватый цвет. В технологии хлеба наиболее предпочтительны зерна светло-оранжевого цвета (рис. 2).



**Рис.2. Зерна амаранта.**

Своеобразие амаранта определяется в значительной степени типом его фотосинтеза. Подобно кукурузе, сорго, просу, сахарному тростнику, амарант обладает  $C_4$ -типом фотосинтеза. Вместе с тем, в отличие от перечисленных растений, которые представляют собой малатные формы, амарант относится к аспартатным представителям  $C_4$ -растений. Первичными продуктами фотосинтеза у него являются дикарбоновые четырехуглеродные аминокислоты, к которым относится аспарагиновая кислота. Аспартат - исходное соединение для образования лизина, высоким содержанием которого отличается амарант. Как  $C_4$ -растение, то есть растение тропического происхождения, амарант характеризуется большой скоростью фиксации углекислоты в расчете на единицу поверхности листа, быстро растет и развивается, обладает мощной продуктивностью при условии высокой инсоляции и температуры [86].

Выяснение механизма фотосинтеза  $C_4$ -растений делает понятным высокую засухо-, термо- и солеустойчивость амаранта. Некоторые исследователи считают даже, что возникновению  $C_4$ -фотосинтеза способствовали кеероморфные (засушливые) условия окружающей среды. У  $C_4$ -растений фотосинтез может осуществляться и при почти закрытых устьицах. Закрывание устьиц на наиболее жаркое время дня сокращает потери воды за счет транспирации (испарения). Однако эффективность использования воды, то есть отношение массы ассимилированного  $CO_2$  к

массе воды, израсходованной при транспирации у растений, может быть вдвое выше, чем у С<sub>3</sub>-растений [75].

Высокая продуктивность амаранта (урожаи семян до 60 ц/га и зеленой массы до 1500-2000 ц/га) обуславливает особую требовательность его к минеральному питанию [76]. По потребности в питательных веществах амарант значительно превосходит даже кукурузу, тоже относящуюся к С<sub>4</sub>-растениям. Средний вынос минеральных веществ в расчете на 100 ц зеленой массы составляет: по азоту 25-30 кг, калию 75-85, фосфору 18-22, кальцию 35-40, магнию 16-18 кг. Исходя из этих потребностей, определяют конкретные дозы удобрений. Урожай зерна в 60 ц/га получают при внесении в почву не менее 200 кг/га азота. Поэтому важно применение оптимального сочетания различных источников азота в удобрениях, а также внесение других минеральных элементов, в частности калия и фосфора.

Подобным же образом возможно применение амаранта в фитомелиоративных целях. Для некоторых видов амаранта характерна выносливость к хлористому натрию [1], который в определенных концентрациях стимулирует рост и повышает продуктивность этих растений. Интенсивно поглощая Ка С<sub>1</sub> из засоленных почв, амарант тем самым может эффективно улучшать их состав. Например, засоленные в результате поливного земледелия почвы удастся рекультивировать с помощью 2-3-летнего возделывания амаранта в такой степени, что они оказываются пригодными для возделывания пшеницы.

### **1.1.2. Химический состав зерна амаранта**

Белки. Амарант относится к высокобелковым культурам. Так, выход белка с одного гектара у амаранта в среднем составляет около 200 кг, тогда как у ячменя и пшеницы - на порядок ниже. Его биологическая ценность очень высокая - показатель использования белка равен 1,5 - 1,8, персвариваемость составляет около 70 %.

Общее содержание белков в зерне разных видов амаранта колеблется от 12,2 до 17,6 % [44,65].

Состав белков амаранта представлен в табл. 1.2, из которой следует, что доминирующей является альбуминовая фракция, богатая лизином к метионином.

Таблица 2.

Состав белков семян различных видов амаранта [65]

Наименование белка	Количество, %	Преобладающие аминокислоты	Количество аминокислоты, %
Альбумины	51,0	Лизин и метионин	7,3 и 4,4
Глобулины	16,0	Лизин	7,0
Проламины	2,0	Цистеин и лейцин	4,4 и 10,0
Глютелины	31,0	Глицин	4,0

Белки семян разных видов амаранта различаются по содержанию аминокислот. У исследованных трех видов амаранта: *A. Caudatus*, *A. Cruentus* и *spesies K-388* обнаружено наибольшее количество следующих незаменимых аминокислот, % от массы белков: лизина 4,3-5,7; лейцина 5,0-7,7 и фенилаланина 4,2-6,6. При этом сумма незаменимых аминокислот от общего их числа составляла 28-33 %, что приближается к суммарной массе незаменимых аминокислот в идеальном белке - 36 %.

Таблица 3.

Содержание незаменимых аминокислот (мг/г белка) и аминокислотный скор (%) в зерне различных видов амаранта [65]

Наименование аминокислоты	<i>A. Caudatus</i>		<i>A. Hyporohondriacus</i>		<i>A. Cruentus</i>		<i>A. Edutis</i>		<i>A. hybridus</i>	
	Содержание	Скор	Содержание	Скор	Содержание	Скор	Содержание	Скор	Содержание	Скор
Валин	36,9	73,8	40,5	81,0	37,8	75,6	43,2	86,4	38,7	77,4
Изолейцин	32,4	81,11	35,1	87,8	32,4	81,0	29,7	74,3	32,4	81,0

Лейцин	47,7	68,0	51,3	73,Г	45,9	65,4	45,9	65,4	47,7	68,0
Лизин	47,7		49,5	90,0	45,9	83,4	43,2	78,5	45,0	81,7
Метионин- цистин	63,0	180	60,3	172,3	54,0	156,9	53,1	151,7	52,2	149,1
Треонин	31,5	78,8	32,4	81,1	30,6	77,5	28,8	72,0	31,5	78,8
Триптофан	6,3	63,0	6,8	67,5	8,6	85,5	6,3	81	7,2	72

На табл. 3 представлен аминокислотный состав белков семян ценных видов амаранта и их аминокислотный скор. Как видно из таблицы, в белках семян различных видов амаранта содержится значительное количество серосодержащих аминокислот - метионина и цистина.

#### Углеводы.

*Моно- и олигосахариды.* Сравнительно хорошо изучен состав углеводов зерна амаранта. Их содержание достигает до 60 % от массы семян.

Свободные сахара представлены в основном сахарозой и раффинозой (табл. 4). При этом моносахара практически отсутствуют в шести из десяти изученных видов амаранта, а в четырех обнаружены в следовых количествах, что является типичным для зрелых зерновых. Появление мальтозы объясняется гидролизом крахмала зерна во время его хранения.

Следует отметить, что уровень содержания сахарозы в зерне амаранта почти вдвое превышает уровень сахарозы в зерне пшеницы, ржи и проса. Гибрид (*A. Cruentus*) x (*A. Hyporohondriacus*) отличается высоким содержанием всех идентифицированных Сахаров.

Таблица 4.

Вид амаранта	Сахароза	Раффиноза	Стахиоза	Мальтоза
<i>A. Cruentus</i>	1,83	0,82	0,13	0,02
<i>A. Hyporohondriacus</i>	1,87	0,73	0,10	0,16
( <i>A. Cruentus</i> ) x ( <i>A. Hyporohondriacus</i> )*	2,26	1,18	0,15	0,26
<i>A. Edutis</i>	1,35	0,45	0,02	0,22

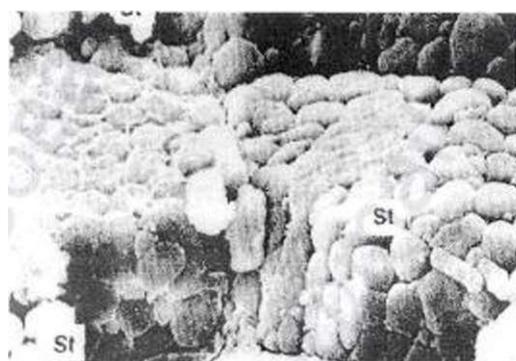
Также определяли содержание Сахаров в зерне амаранта. Сахара извлекали 70 % раствором этанола при 75 °С. Их данные подтверждают, что основным сахаром является сахароза (табл. 5). Глюкоза, за исключением черносеменных образцов, является вторым сахаром. Раффиноза в семенах присутствует в количествах, характерных для пшеницы и проса.

Таблица 5

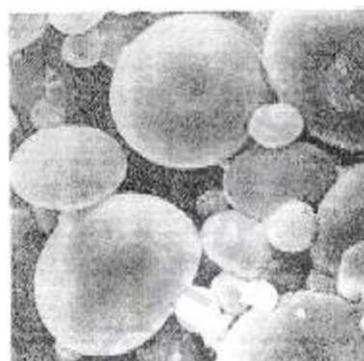
Содержание Сахаров в семенах различных видов амаранта, %

Вид амаранта	Глюкоза	Фруктоза	Сахароза	Раффиноза
<i>A. Cruentus</i>	0,12-0,58	0,05-0,09	0,59-0,74	0,28-0,45
<i>A. Hyporohondriuacus</i>	0,53-0,67	0,13-0,16	0,74-0,87	0,27-0,29
<i>A. hybridus</i>	0,52-0,57	0,06-0,1	0,80-0,88	0,30-0,33

*Полисахариды.* Первые работы по выделению и описанию свойств крахмала из зерна амаранта были выполнены Вульфом и Макмаетером с соавторами в 1950 году. Как показали многочисленные исследования, крахмал гранулами размером 0,8 - 2,5 мкм в диаметре (рис 3) амаранта представлен микрокристаллическими.



а)



б)

б)

**Рис.3. Микрофотографии крахмала амаранта (а) в сравнении с пшеничным (б) крахмалом гранул крахмала различных видов.**

Сравнительная характеристика гранул крахмала зерна отдельных видов амаранта приведена в табл. 6.

Таблица 6

## Сравнительная характеристика гранул крахмала различных видов

Виды амаранта	Размер, мкм	Форма
<i>A. Cruentus</i>	1,0	чечевицеобразная
<i>A. Hyporohondriuacus</i>	1,0	многоугольная
<i>A. paniculatus</i>	1,5-2,5	округлая
<i>A. spinosus</i>	1,2-1,5	округлая
<i>A. teunifolius</i>	0,8-2,3	округлая
<i>A. pariculatus</i>	1,5-2,0	эллипсоидная

Для крахмала амаранта вследствие малого размера гранул характерна повышенная набухаемость при низкой растворимости и пониженное субстратное сродство к ферменту  $\alpha$ -амилазе. Состав гранул, их морфология и супрамолекулярная организация находятся под генетическим контролем.

Крахмальные гранулы могут включать в небольших количествах и неуглеводные компоненты, такие как протеины, липиды и соли (до 1,5 %). Последние, несмотря на малое содержание, оказывают влияние на функциональные свойства крахмала. Содержание амилозы в нем колеблется от 4,9 до 11,5 % (табл. 7).

Таблица 7

## Химический состав крахмалов различных видов амаранта, % [55]

Вид	Вода	Зола	Белок	Жир	Амилоза
<i>A. Hyporohondriuacus</i>	6,16	1,39	0,35	1,1	4,9
<i>A. paniculatus</i>	9,5	0,8	0,92	1	11,5

Амарантовый крахмал из-за значительного содержания амнлопектина может быть отнесен к «восковым видам» Последние характеризуются высокой вязкостью, повышенной температурой клейстеризации и желатинизации.

*Амилоза крахмала амаранта.* Молекула амилозы представляет собой линейный полисахарид, состоящий из  $\alpha$ -D-глюкопиранозных фрагментов, связанных между собой  $\alpha$ -(1-4) связями. Степень полимеризации составляет от 500 до 2000 глюкозидных остатков.

Как линейный полимер, амилоза в растворе может принимать различные конформационные состояния. В нейтральных водных растворах общепринятая конформация - статистический клубок. Амилоза взаимодействует с йодом с образованием гелеподобного комплекса, имеющего голубую окраску. На один атом йода в комплексе приходится приблизительно 6 глюкозидных фрагментов. Амилоза и поверхностных областях клубка может образовывать комплексы с липидами. Известно, что образующиеся комплексы тормозят расщепление крахмала  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазами.

*Амилопектин крахмала амаранта.* Амилопектин в отличие от амилозы является разветвленным компонентом крахмала. Он образован цепями  $\alpha$ -D-глюкопиранозных остатков длиной от 17 до 25 единиц, которые соединены между собой  $\alpha$ -(1-6) связями. Амилопектин может быть разрушен  $\alpha$ -амилазой по  $\alpha$ -(1-4) связям с образованием  $\beta$ -декстринов и изоамилазой - по  $\alpha$ -(1-6)-связям с образованием мальтозы» Молекулярная масса амилопектина изменяется в пределах от 50 до 500\*  
10<sup>6</sup>.

*Пектины.* Содержание пектинов определяется видом амаранта, при этом наибольшее его количество обнаружено у *Cruentus* - до 10 %. В зависимости от способа выделения можно получить пектины различной молекулярной массы от 30 до 130 тыс. По своим свойствам пектины амаранта близки к яблочным. Степень этерификации пектина составляет 75 %. Кроме желирующих свойств, используемых в пищевой и кондитерской промышленности, пектины амаранта обладают биологической активностью. Особый интерес представляет способность пектинов образовывать нерастворимые комплексные соединения с

поливалентными металлами, такими как свинец, кобальт, ртуть, кадмий, хром, цинк, железо и выводить их из организма. Качественный моносахаридный состав выделенных пектиновых веществ представлен, % на СИ: галактуроновой кислотой - 67; рамнозой - 4,1; арабинозой - 6,6; глюкозой - 8,3; галактозой - 7,7; фруктозой - 4,1 и ксилозой - 2,1.

Липиды. Общее количество липидов в зерне амаранта колеблется от 5 до 11 % в зависимости от вида. Содержание липидов, обнаруженных в зерне различных видов: *A. spinosus* - 5 %, *A. hybridus* - 10,9 %, *A. arfropi* - 9,9 % и *A. tricolor* - 7,5 %. но среднее значение у зерновых видов - около 8 %. При этом во всех изученных видах фракция нейтральных липидов составляет около 90 % от общей суммы липидов. В этой фракции основную часть составляют триглицериды (более 80 %), а оставшаяся представлена стеролами и их эфирами. Полярные липиды составляют около 10 % от суммы липидов, гликолипидная фракция состоит из моно- и дигатактозилдиглицеридов - 6,4 %. Фосфолипиды амаранта представлены фосфатидилхолином, фосфатидилинозитолом и фосфатидилэтаноламином, которые составляют 4,6 % [55].

Следует отметить, что липидный состав всех видов амаранта отличается большой однородностью. В табл. 1.8 представлено содержание липидов и их состав в зерне *A. hybridus*.

Таблица 8

Содержание липидов и их состав в зерне *A. hybridus*

Состав липидов	Содержание, %
Нейтральные липиды:	
Триацилглицериды	84
Эфиры стеролов	9,6

Триглицериды амарантового масла представлены комплексом ненасыщенных жирных кислот (липолевая, олеиновая, линоленовая),

причем их содержание составляет 75 %, из них 50 % приходится на долю линолевой кислоты, из которой синтезируется арахидоновая кислота, являющаяся предшественником простагландинов в организме (табл. 9).

Таблица 9

Жирнокислотный состав липидов амарантового и пшеничного масла

Наименование кислоты	Содержание кислоты, %	
	Масло амаранта	Масло пшеницы
Лауриновая	0,4 - 0,5	следы
Миристиновая	0,4 - 0,5	следы
Пальмитиновая	21,8-22,0	16,6
Пальмитолеиновая	0,5 - 0,6	1,3
Маргариновая	0,5 - 0,6	следы
Стеариновая	2,7-3,0	1,3
Олеиновая	21,3-24,0	16,0
Линолевая	51,1-51,7	58,9
Линоленовая	0,8 - 0,9	4,5

Амарантовое масло - известный источник сквалена. В зависимости от технологии извлечения в нем может содержаться от 5 до 15 % этого вещества.

В ходе биохимических исследований свойств сквалена обнаружено множество других его свойств. Так, сквален является производным витамина А и при синтезе холестерина превращается в его биохимический аналог 7- дегидрохолестерин, переходящий в форму витамина Д при действии солнечных лучей, обеспечивая тем самым радиопротекторные свойства. Помимо этого, витамин А значительно лучше всасывается при растворении в сквалене.

Он также выступает в роли предшественника в синтезе стероидных гормонов [78]. Было отмечено, что употребление амаранта в пищу снижает

уровень холестерина в крови, что уменьшает опасность заболевания атеросклерозом.

Учитывая вышеперечисленные достоинства амаранта, он может с успехом применяться для создания продуктов функционального назначения.

## **1.2. Продукты переработки зерна амаранта и технологии хлеба**

Для приготовления хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий применяют целое зерно амаранта, продукты механической и термической обработки (цельнозерновую муку, «взорванные» зерна амаранта, муку из термически обработанного зерна амаранта), продукты глубокой биохимической обработки (белковые препараты, липидбелковые комплексы, крахмалопродукты, пектиновые вещества), обладающие высокой пищевой ценностью и функциональными свойствами.

### **1.2.1. Амарантовая мука в производстве хлебобулочных изделий**

Практика применения амарантовой муки для приготовления мучных изделий предусматривает создание композитных смесей с мукой различных зерновых культур, несбалансированных по белково-углеводному и аминокислотному составу.

Рядом исследователей [77] рекомендуется применять муку амаранта в смеси с различными видами муки при приготовлении хлеба. При использовании смеси муки пшеничной хлебопекарной и целозерновой амарантовой в соотношении до 80:20 обеспечивается высокое качество хлеба, не уступающего качеству хлеба из 100 % пшеничной хлебопекарной муки [2, 93].

Амарантовая мука имеет хорошие вкусовые качества. Изысканный вкус, напоминающий вкус орехов, хорошо сочетается с вкусом пшеничной муки.

Изучение фаринографических и экстенсографических характеристик теста из смеси муки пшеничной и амарантовой [93] показало большую водопоглотительную способность такой смеси по сравнению с пшеничной

мукой. На образование теста с амарантовой мукой затрачивается больше времени, чем на образование теста из пшеничной муки, а устойчивость и эластичность теста практически одинаковы.

Амилографическое исследование пшеничной и смешанной муки свидетельствует об одинаковой температуре клейстеризации крахмала, равной 55,5 °С. Выявлено незначительное различие в максимальной вязкости водно-мучной суспензии муки пшеничной (1300 ед. приб.) и смешанной муки (1100 ед. приб.), вызванное различием в строении и свойствах их крахмалов.

Установлена возможность получения мучных изделий хорошего качества из смеси пшеничной и амарантовой муки, маниоки и сон в соотношении 50:25:20:5 [93].

Предложена замена до 10 % сахара на ферментативные гидролизаты из амарантовой муки при производстве мучных кондитерских изделий. При этом улучшаются их потребительские свойства и повышается биологическая ценность, что позволяет причислять их к разряду функциональных.

В МГУПП на кафедрах биохимии зерна и технологии хлебопекарного производства на протяжении ряда последних лет проводятся исследования состава, свойств и возможностей применения амаранта и продуктов его переработки в производстве хлеба и хлебобулочных изделий [92]. Оптимизирован состав комбинированной муки, содержащей пшеничную и амарантовую муку, определены ее хлебопекарные свойства. Следовательно, расширение сферы применения амарантовой муки в технологии хлеба весьма актуально, так как позволит расширить сырьевую базу хлебопекарной отрасли и обеспечить выпуск продукции с повышенной биологической ценностью и функциональной направленностью улучшенного качества.

### **1.2.2. Ферментативные гидролизаты из продуктов переработки зерна амаранта**

Ферментативные гидролизаты, полученные из сырья различного происхождения, один из потенциальных и перспективных источников функциональных белково-углеводных и вкусовых добавок к пищевым продуктам. Их применение целесообразно для улучшения биотехнологических характеристик хлебопекарных дрожжей, интенсификации процессов созревания полуфабрикатов в технологии хлеба, повышения питательной ценности, улучшения органолептических и физико-химических показателей качества продукта. Разработана технология биомодификации шрота амаранта для целей хлебопекарного производства. Шрот амаранта - остаточный продукт, накапливается после извлечения из семян амаранта ценных белоксодержащих компонентов - белоклипидных комплексов, и содержит ценные пищевые составляющие. Его можно утилизировать как добавку при производстве хлеба.

Первоначальная влажность шрота составляет  $75 \pm 3$  %, после консервирования высушиванием до влажности 6-8 % он представляет собой светлую порошкообразную массу с незначительным включением неизмельченных оболочечных частиц, без вкуса и запаха. Его состав, % на СВ: 19,76 белков, 62,74 крахмала, 5,10 липидов, 2,86 клетчатки, 0,61 золы. Макро- и микроэлементы (кальций, калий, магний, натрий, фосфор, железо), витамины (тиамин и рибофлавин), содержащиеся в муке амаранта переходят в шрот и существенно повышает его ценность.

Экспериментально установлена целесообразность введения шрота амаранта в виде ферментативного гидролизата в дозировке 10-12 % к массе муки в тесте (хлеб из пшеничной муки I и высшего сортов, хлеб белый из муки I сорта, батон простой из муки I сорта, булочка молочная из муки высшего сорта). Использование гидролизованного шрота в указанных дозировках при производстве, например, хлеба из пшеничной муки I сорта, приготовленного безопасным способом, обеспечивает снижение расхода муки на 10 % .

По органолептическим и физико-химическим показателям качества хлеб из пшеничной муки I сорта с гидролизатом превосходил обычную продукцию хлебопекарного производства: имел более окрашенную корку, выраженный вкус и аромат, пористость увеличивалась на 9,5 %, объем - на 23 %. Массовая доля сахара в изделиях увеличилась до 4,7 % (в хлебе без гидролизата - 3,0 %); массовая доля бисульфитсвязывающих веществ, мг-экв /100 г СВ составила 1,2 против 0,9 в контроле; содержание белка увеличилось на 4 %, общая сумма аминокислот - на 88 %, липидов - на 24 %, крахмала уменьшилось на 4 %.

Таким образом, проводя биомодификацию шрота амаранта, получают новую добавку, использование которой в технологии хлеба позволяет расширить сырьевую базу, ассортимент, повысить пищевую и биологическую ценность готовых изделий.

Побочные углеводсодержащие продукты накапливаются также при получении масла из зерен амаранта. Семена измельчают на шнековой или молотковой дробилке. В результате такой операции образуется мучная фракция (углеводно-белковая) и фракция отрубей, пригодные для дальнейшей самостоятельной переработки. Фракция отрубей используется для выделения амарантового масла - важного источника сквалена, токоферолов, фосфолипидов.

## ГЛАВА II. КОМПОЗИТНЫЕ СМЕСИ ИЗ АМАРАНТОВОЙ МУКИ И ДРУГИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### 2.1. Комплексная оценка амарантовой муки и других

ингредиентов композитной смеси

Одним из путей создания изделий повышенной биологической ценности с функциональной направленностью является применение в технологии хлеба композитных смесей, сбалансированных по составу незаменимых аминокислот.

**Амарантовая мука.** В работе применяли амарантовую цельномолотую муку, вырабатываемую из зерна амаранта вида *A. Nuruochondriacus* L., сорта «Кизлярец», соответствующую требованиям ТУ 9293-353-0334534-2003.

Сопоставительный анализ химического состава амарантовой и пшеничной муки показал, что по содержанию отдельных компонентов данные виды сырья существенно различаются (табл. 10) В амарантовой муке содержание белка и липидов, соответственно в 1,6 и 5 раз больше по сравнению с хлебопекарной пшеничной мукой первого сорта. Углеводы амарантовой муки представлены крахмалом (54,5 %) и моно- и дисахаридами (2,5 %).

Таблица 10

Наименование компонентов	Содержание компонентов в 100 г муки		
	пшеничной хлебопекарной первого сорта	амарантовой	овсяной
Белки, г	10,6	16,0	13,0
Углеводы, г			
Крахмал	67,1	54,5	59,2
Моно- и дисахариды	0,5	2,5	3,3
Жиры, г	1,3	6,5	6,2

Клетчатка, г	0,2	0,85	1,3
Зольность, г	0,7	0,8	0,8

Это свидетельствует о том, что крахмала в муке амаранта на 18,8 % меньше, а моно и дисахаров - в 5 раз больше, чем в пшеничной муке. Амарантовая мука является богатым источником витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, Б, каротиноидов, количество которых на 20 - 60 % больше, чем в муке традиционных злаков.

Амарантовая мука богата Са, который относится к наиболее дефицитным веществам в питании человека [29]. Кальций является трудноусвояемым элементом. Поступающие в организм человека соединения кальция практически не растворимы в воде. Щелочная среда кишечника способствует образованию слабоусвояемых его соединений, и только воздействие желчных кислот обеспечивает всасывание кальция. Суточная потребность в этом элементе у взрослого человека составляет 800 мг, у детей и подростков - 1000 мг и более [98].

Кальций в амарантовой муке в 4 раза больше, чем в пшеничной. Соотношение между кальцием и фосфором составляет 1:2, что приближается к оптимальному для нормального функционирования организма.

Амарантовая мука обладает более ценным аминокислотным составом по сравнению с мукой пшеничной хлебопекарной первого сорта (табл. 11), скор по лизину составляет 82 % против 45,5 %.

Таблица 11

Состав незаменимых аминокислот и их скор в муке пшеничной хлебопекарной первого сорта, амарантовой и овсяной

Наименование аминокислоты	Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	Амарантовая мука	Овсяная мука

	Содержание, мг/1 г белка	Скор, %	Содержание, мг/1 г белка	Скор, %	Содержание мг/1 г белка	Скор, %
Калин	48,1	96,2	63,6	127,2	50,9	102,0
Изолейцин	50,0	125,0	29,7	74,3	36,2	91,0
Лейцин	76,7	110,0	74,6	106,6	57,7	82,0
Лизин	25,0	45,5	45,1	82,0	38,2	69,0
Метионин+цистин	37,7	108,0	40,5	115,7	36,7	105,0
Треонин	30,0	75,0	47,1	117,6	34,5	86,0
Триптофан	11,3	113,0	11,0	110,0	17,7	177,0
Фенилаланин + тирозин	85,8	143,1	56,8	94,7	55,0	92,0
Биологическая ценность, %	43,5		70,8		68,5	

Исследована возможность применения амарантовой муки в смеси с мукой пшеничной и других видов при приготовлении хлеба. Белки амарантовой муки вследствие образования еорбционных, ионных и водородных связей с белками пшеничной муки обуславливают повышенные прочностные характеристики клейковины. При замене муки пшеничной мукой амаранта до 15 % улучшаются показатели качества хлеба: удельный объем - на 11-19 %, пористость - на 2-4 %, общая сжимаемость мякиша - на 15-50 % [93].

#### *Овсяная мука.*

Муку овсяную (ТУ 8-22-3-84) благодаря высокой пищевой и биологической ценности [28] целесообразно применять в хлебопекарной промышленности. Содержание питательных и минеральных веществ, витаминов в овсяной муке по сравнению с мукой пшеничной хлебопекарной представлено в табл. 3.1. Белков в овсяной муке на 23 %

больше, чем в пшеничной, а крахмала на 12 % меньше. Но сравнению с мукой пшеничной хлебопекарной первого сорта моно- и дисахаров в овсяной муке в 6,5 раз больше.

Белки овсяной муки выгодно отличаются от белков пшеничной муки. Их аминокислотный скор по лизину составляет 69 %, а у белков муки пшеничной хлебопекарной первого сорта - 45,5 %. Содержание незаменимых аминокислот представлено в табл. 3.2.

Многочисленные исследования подтверждают способность зерен овса снижать уровень холестерина в крови [26]. Инсулин увеличивает синтез холестерина, растворимая клетчатка овса уменьшает гипергликемию после еды и связанное с этим повышение инсулина, что может уменьшить синтез холестерина. Овёс содержит  $\alpha$ -токоферол - форма витамина E, который снижает уровень холестерина. Пропионат и ацетат - две жирные кислоты с короткими цепями, вырабатываемые в ободочной кишке из растворимой клетчатки, считаются ответственными за некоторые гипохолестеринемические способности овса, эти продукты абсорбируются в кровь и попадают в печень, где происходит синтез холестерина. Находящаяся в эндосперме смола - Р-глюкан - уменьшает уровень холестерина в крови.

Растворимая клетчатка овса регулирует работу желудка, предупреждает развитие сахарного диабета. Кроме того, овес является богатым источником антиоксидантов, предупреждающих рак.

Овёс применяют для производства разных видов крупы, муки, употребляемых при производстве диетических сортов хлеба и мучных кондитерских изделий, а так же на спиртовых заводах для приготовления солода.

Овсяная мука имеет низкие хлебопекарные свойства, горьковатый привкус, вызывает затемнение мякиша. Исследования, проведенные учёными, показали, что хлебопекарные свойства овсяной муки можно улучшить, применив гидротермическую обработку зерна перед помолом.

Добавление овсяной муки к пшеничной способствует значительному повышению упругости и водопоглотительной способности теста.

Сухая штатная клейковина.

Сухая пшеничная клейковина - ингредиент, широко используемый в хлебопекарном производстве. Необходимость ее применения диктуется растущими требованиями со стороны потребителей к качеству хлебобулочных изделий. С одной стороны, спросом пользуются пышные, легкие изделия большого объема. С другой стороны, современный потребитель заинтересован в увеличении ассортимента продукции, содержащей терна, отруби, диетические волокна, которые снижают способность клейковины теста задерживать диоксид углерода. В таких случаях добавление нативной клейковины позволяет получать более привлекательную готовую продукцию. При производстве хлебобулочных изделий из сырья, белок которого не образует клейковины, использование нативной клейковины необходимо для получения изделий с хорошими органолептическими и физико-химическими показателями [97].

На долю белков в среднем приходится (% СВ) - 83,5, в том числе клейковинообразующих (глиадины и глютенина) - 79,5, остальных - альбуминов и глобулинов - 4. Содержание глиадины преобладает над плотен ином. На долю липидов приходится около 7 %, углеводов - 8,6 %, золы - 0,9 % [41 ].

В сухой клейковине установлена активность В-амилазы, протеолитических ферментов и каталазы. Состав незаменимых аминокислот клейковины и их скор отличается от пшеничной муки (табл. 12).

Таблица 12

Состав незаменимых аминокислот и их скор в муке пшеничной хлебопекарной первого сорта и сухой пшеничной клейковине

Наименование аминокислоты	Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	Сухая пшеничная клейковина;
---------------------------	--	-----------------------------

	Содержание, мг/1 г белка	Скор, %	Содержание, мг/1 г белка	Скор, %
Валин	48,1	96,2	56,7	113,4
Изолейцин	50,0	125,0	45,6	114,0
Лейцин	76,7	110,0	74,9	107,0
Лизин	25,0	45,5	67,6	122,9
Метионин + цистин	37,7	108,0	57,8	165,1
Треонин	30,0	75,0	70,5	176,3
Триптофан	11,3	113,0	11,8	118,0
Фенилаланин - 1- тирозин	85,8	143,1	91,4	152,3
Биологическая ценность, %	43,5		72,5	

Средний аминокислотный состав клейковинных белков постоянен независимо от её реологических свойств.

## 2.2. Разработка композитной смеси и технологии хлебобулочных изделий на ее основе

Перспективным направлением, оптимально сочетающим пути решения задачи стабильного обеспечения населения хлебом хорошего качества и высокой пищевой ценности, является применение для приготовления хлебобулочных изделий мучных композитных смесей .

Последние представляют собой многокомпонентный полуфабрикат, в состав которого входят порошкообразные продукты. Рецептурные составляющие композитной смеси играют большую роль в структурообразовании теста. При его замесе начинают протекать сложные физические, коллоидные, биохимические процессы, продолжающиеся при брожении и выпечке. Они в значительной мере определяют качество готовых хлебобулочных изделий, поэтому немаловажным является

правильный выбор компонентов и определение их соотношения при обосновании состава смеси.

### 2.2.1. Проектирование и оптимизация состава композитной смеси из муки нетрадиционных зерновых культур

Превращение сухого порошкообразного продукта - мучной композитной смеси в гидратированную связную массу теста происходит в результате воздействия воды на все составляющие компоненты, образующих данную смесь. При этом скорость гидратации и количество поглощенной влаги в значительной степени зависят как от размеров частиц смеси, так и от особенностей морфологической структуры и химического состава ее [63].

Основные структурные элементы мучных композитных смесей, играющие первоочередную роль в формировании теста, те же, что и у пшеничной муки - это крахмал и белок. Количественные соотношения этих компонентов, различающихся как по размерам, так и по химическому составу, могут варьироваться в широких пределах.

Из смеси, не содержащей клейковинных белков, невозможно замесить тесто нормальной консистенции, пригодное для выпечки хлебобулочных изделий хорошего качества. При добавлении к композитной смеси воды последняя поглощается в первую очередь частицами белков. Гидратация обуславливает значительное увеличение их объема, а в результате сил адгезии происходит образование непрерывной структуры теста, которое представляет собой сетку тонких пленок клейковины, в которую включены крахмальные зерна и другие нерастворимые компоненты муки.

Предполагаемыми компонентами моделируемой смеси с учетом поставленной задачи, а так же их химического состава являлись мука амарантовая и мука овсяная. Учитывая, что и амарантовая, и овсяная мука не содержат клейковинных белков, и в процессе приготовления теста не образуют специфического структурного клейковинного каркаса, для

обеспечения физических свойств теста в смесь вносили сухую пшеничную клейковину.

Массовую долю сухой клейковины в смеси ограничили на нижнем уровне - 30 %, так как меньшее ее количество (по результатам пробных лабораторных выпечек) не обеспечивает получения хлебобулочных изделий требуемого объема и пористости.

В результате моделирования аминокислотного состава получили рецептурную смесь, состоящую из компонентов, представленных в следующем соотношении: *амарантовая мука: овсяная мука: сухая пшеничная клейковина - 20:40:40*, - названную «Ладушка».

Следующим этапом в проектировании состава мучной композитной смеси с точки зрения повышения ее пищевой ценности была рассмотрена возможность улучшения ее микроэлементного состава.

Среди минеральных веществ, рекомендуемых Институтом питания РАМН для обогащения хлебобулочных изделий, важная роль отводится кальцию. Ассимиляция кальция тканями зависит не только от его содержания в продуктах, но и от соотношения его с другими компонентами пищи, в первую очередь с фосфором, магнием, белками. На всасываемость кальция отрицательно влияет избыток магния, рекомендуемое соотношение этих элементов 1:0,5 (в массовых сортах хлебобулочных изделий 1:1,5). Если количество фосфора превышает уровень кальция в пище более, чем в два раза, то образуются растворимые соли, которые извлекаются кровью из костной ткани. Для взрослых рекомендовано соотношение кальция и фосфора 1:1,5, а в хлебобулочных изделиях оно составляет 1:5.

Соотношения между кальцием и магнием в полученной мучной композитной смеси составляло 1:1,2, между кальцием и фосфором 1:3,5. Для обеспечения оптимального соотношения между кальцием и магнием (1:0,5), кальцием и фосфором (1:1,5) в смесь вводили дополнительный источник кальция. Необходимая дозировка кальция глюконата и

«Обогапителя минерального (кальциевого) из скорлупы куриных яиц» к общей массе смеси составила 0,9 % и 0,3 % соответственно. Рецептупа для мучной композитной смеси «Ладушка» по вариантам в зависимости от применяемого источника кальция приведена в табл. 13.

Таблица 13

Наименование сырья	Масса сырья в композитной смеси, г	
	«Ладушка плюс»	«Ладушка супер»
Сухая пшеничная клейковина	40,0	40,0
Овсяная мука	40,0	40,0
Амарантовая мука	20,0	20,0
Кальция глюконат	-	0,9
«Обогапитель минеральный (кальциевый) из скорлупы куриных яиц»	0,3	-
Соль поваренная	1,3	1,3
Итого	101,6	102,2

Содержание питательных, минеральных веществ и витаминов в сухой смеси «Ладушка» по сравнению с мукой пшеничной хлебопекарной первого сорта приведено в табл. 14.

Таблица 14

Наименование компонентов	Содержание компонентов в 100 г продукта	
	Пшеничная мука первого сорта	Композитная смесь «Ладушка»
1	2	3
Белки,г	10,6	40,3
Углеводы, г		
крахмал	67,1	36,8
моно-и дисахариды	0,5	2,1
Жиры, г	1,3	3,9

Клетчатка, г	0,2	1,2 1
Минеральные вещества		
<i>Макроэлементы, мг</i>		
кальций	24,0	140,0
калий	176,0	245,0
магний	44,0	72,0
фосфор	115,0	207,0
<i>Микроэлементы, мг</i>		
железо	2,1	8,0
марганец	1,1	2,0
цинк	1,0	2,5
медь	0,18	0,7
<i>Витамины, мг</i>		
тиамин	0,25	0,25
рибофлавин	0,08	0,1

Как видно из табл. 14, в композитной смеси «Ладушка» содержание белка повышается на 29,7 %, крахмала - снижается на 30,3 %, железа и цинка - увеличивается соответственно в 3,8 и в 2,5 раза. В предложенной смеси достигается необходимое соотношение между кальцием и магнием (1:0,5), кальцием и фосфором (1:1,5). Совместное применение овсяной и амарантовой муки позволяет сохранить на уровне контроля содержание тиамин и повысить содержание рибофлавина и биотина на 20,0 % и 85,0 % соответственно.

#### 2.2.2. Исследование гранулометрического состава композитной смеси

Эффективность внедрения композитных смесей в хлебопекарную промышленность зависит от оптимального выбора критериев оценки их качества [51]. Мучные композитные смеси и составляющие их

компоненты в сухом состоянии являются сыпучими продуктами, которые представлены гранулами. Для оценки их качества может быть использован гранулометрический анализ, который основан на изучении состава исследуемого сыпучего продукта. Гранулометрический состав сыпучего продукта показывает содержание в нем частиц различного размера, выраженное в процентах от массы или общего количества частиц исследуемого образца.

При проведении анализа применяли гранулометр ГИУ-1, разработанный в МГТУ им. Баумана совместно с кафедрами технологии хранения и переработки зерна и технологии хлебопекарного производства МГУПП.

Целью изучения гранулометрического состава являлась возможность дальнейшего проведения оценки технологических свойств (сыпучесть, слеживаемость при хранении, точность дозирования в технологическом процессе и способность к образованию однородной массы при замесе) композитной смеси «Ладушка», состоящей из амарантовой и овсяной муки и сухой пшеничной клейковины.

Сыпучий пищевой продукт наносили на поверхность предметного стекла микроскопа путем однократного встряхивания шеткн, обладающей достаточной жесткостью. За критерий правильности распыления было принято отсутствие слипания частиц на предметном стекле. Подготовленный препарат помещали на предметный столик микроскопа. Определяли гранулометрический состав исследуемой композитной смеси.

Математическую обработку полученных данных проводили с применением методов математической статистики. Для исследуемого сыпучего продукта, исходя из восьми повторностей результатов измерений, рассчитывали средние значения процентного содержания частиц в каждом интервале. Совокупность средних значений составила выборку результатов измерений, характеризующую гранулометрический состав (табл.15).

Таблица 15

№	Нижняя граница размера частиц фракции, мм	Содержание частиц, % от общего количества
1	0,020	0,00
2	0,040	79,58
3	0,060	12,92
4	0,080	4,27
5	0,100	1,61
6	0,120	0,48
7	0,140	0,33
8	0,160	0,22
9	0,180	0,15
10	0,200	0,07
11	0,220	0,03
12	0,240	0,02
13	0,260	0,04

В результате определения гранулометрического состава композитной смеси «Ладушка», а также ее отдельных компонентов установлено, что размеры частиц исследуемых сыпучих пищевых продуктов находились в интервале от 0,020 до 0,260 мм. Среднее процентное содержание частиц было максимальным в интервале от 0,020 до 0,040 мм и составляло 79,58 %. Медиана имела значение 0,100 мм, коэффициент вариации - (0,1855), коэффициент асимметрии - (-0,8767), коэффициент эксцесса - (-0,1822).

Анализируя полученные данные можно сделать вывод о том, что полученный порошкообразный продукт отвечает предъявляемым требованиям, обеспечивающим его технологические показатели.

2.2.3. Разработка технологии приготовления хлебобулочных изделий из композитной смеси с учетом биотехнологических характеристик теста

На основе предложенной смеси «Ладушка» разработаны хлебобулочные изделия. Рецептуры и режим приготовления теста представлены в табл. 16.

Таблица 16

Рецептуры и режим приготовления теста на основе композитной смеси

Сырье, показатели процесса	Расход сырья, г		
	Контроль проба 1	Опыт	
		проба 2	проба 3
Мука пшеничная первого сорта	100,0	-	-
Композитная смесь «Ладушка плюс»		100,0	
Композитная смесь «Ладушка супер»	–	-	100,0
Дрожжи прессованные	2,0	2,0	2,0
Соль поваренная	1,3	-	-
Пода	По расчету		
Продолжительность замеса, мин		5 - 7	8 - 11
Температура начальная, °С	28-31		
Продолжительность брожения, ч	3,0-3,5	2,5	2,0
Кислотность конечная, град	3,2-3,5		

В экспериментальных исследованиях тесто для контрольной пробы (проба 1) готовилось безопасным способом по рецептуре хлеба белого из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта. Дозировка дрожжей с учетом безопасного способа была увеличена до 2 %,

В опытных пробах муку пшеничную хлебопекарную первого сорта заменяли на композитную смесь «Ладушка». Опытные пробы 2 и 3 готовились из композитных смесей «Ладушка плюс» и «Ладушка супер» соответственно.

Тесто для опытных проб влажностью 47,0 % замешивали в 1,5 - 1,7 раза дольше (8 - 11 мин) по сравнению с контрольной пробой (5-7 мин) в лабораторной тестомесильной машине. Увеличение продолжительности замеса связано тем, что сухая пшеничная клейковина требует большего времени для протекания процессов полной гидратации и равномерного распределения ее частиц в массе теста. Брожение теста осуществляли в термостате при температуре 32<sup>0</sup>С в течение 2 - 2,5 ч до общей кислотности 3,5 град.

### 2.3. Оценка качества хлебобулочных изделий из композитной смеси

По окончании брожения тесто разделявали на куски массой 100 г, тестовые заготовки подвергали расстойке в течение 50 - 60 мин при температуре 35 - 40 °С и относительной влажности воздуха 75 - 80 %.

Проводили три серии выпечек. По органолептическим показателям изделия «Для охоты», приготовленные из композитной смеси «Ладушка» были идентичны традиционным изделиям из пшеничной муки. Показатели качества приведены в табл. 17, из которой видно, что новые изделия, выработанные из несдобного сырья, превосходят контроль по физико-химическим показателям: пористости (78 - 80 % против 72 %), удельному объему (370 - 380 г/100 см<sup>5</sup> против 340 г/100 см<sup>3</sup>) и формоустойчивости (0,50 против 0,39).

Новые хлебобулочные изделия значительно дольше сохраняет свежесть, что подтверждается экспериментальными данными по изменению крошковатости в процессе их хранения, представленными в табл. 3.9. Замедление черствения хлебобулочных изделий, объясняется снижением массовой доли крахмала, ретроградация которого в процессе хранения обуславливает крошковатость хлеба, и высокой способностью белковых веществ клейковины и пищевых волокон овсяной муки удерживать влагу.

Таблица 17

Показатели качества хлеба

Показатели	Контроль	Пробы хлебобулочных изделий из композитной смеси	
		«Ладушка плюс»	«Ладушка супер»
Влажность, %	44,0	46,0	46,0
Кислотность, град	3,0	3,5	3,5
Пористость, %	72	78	80
Удельный объём, г/ 100 см <sup>3</sup>	340	370	380
Формоустойчивость	0,39	0,50	
Крошковатость, %			
через 16 ч	3	0	
через 24 ч	4,2	0	
через 48 ч	6,7	0,5	
через 96 ч	12	1,5	

Содержание питательных, минеральных веществ и витаминов в 100 г хлебобулочных изделиях «Для охоты», приготовленных из композитной смеси «Ладушка», их пищевая и энергетическая ценность, приведены в табл. 18.

Таблица 18

Пищевая и энергетическая ценность 100 г изделий

Показатель	Хлеб белый из пшеничной муки первого сорта		Хлебобулочные изделия	
	Состав на 100 г	Пищевая ценность, %	Состав на 100 г	Пищевая ценность, %
Белки, г	7,8	9,8	25,0	31,0
Углеводы, г	48,2	12,0	25,2	6,3
Жир, г	1,1	1,3	2,6	3,3
Клетчатка, г	0,15	0,6	0,8	3,2
Минеральные вещества				

<i>Макроэлементы, мг</i>				
кальций	22	2,7	93,8	11,6
калий	120	4,3	164	6,6
<i>Микроэлементы, мг</i>				
железо	1,8	12	5,4	36
марганец	0,8	16	1,3	26
Витамины, мг				
Энергетическая ценность, кДж		959,0		919,0

Из табл.18 видно, что в готовых изделиях, приготовленных из предложенной композитной смеси, достигается оптимальное соотношение между кальцием и фосфором (1:1,5), кальцием и магнием (1:0,5), необходимое для лучшей усвояемости кальция, повышается пищевая ценность по дефицитным в питании человека компонентам (белки, минеральные вещества и витамины) и снижается энергетическая ценность продукта.

Хлебобулочные изделия (при употреблении 100 г продукта) позволяют покрыть суточную потребность в белках на 31 %, углеводах - на 6,3 %, жире - на 3,3 %. По сравнению с контролем на 8,9 % увеличивается удовлетворение суточной потребности в кальций, на 1,8 % в калии, на 7,7 % в магнии, на 3,1 % в фосфоре, на 24,0 % в железе, на 10,0 % в марганце и цинке, на 20,0 % в меди, на 2,0 % и 1,0 % в тиамине и рибофлавине соответственно, на 5,4 % в биотине. Энергетическая ценность снижается на 40,0 кДж. Это позволяет причислить их к группе функциональных продуктов с пониженным содержанием углеводов. Поскольку в этих изделиях содержание белка более высокое, их можно включать в рацион больных, которым он необходим в большом количестве, например при ожоговых травмах.

Содержание незаменимых аминокислот и биологическая ценность хлебобулочных изделий по сравнению с хлебом белым из пшеничной муки первого сорта приведены в табл. 19.

Таблица 19

Содержание незаменимых аминокислот в готовых изделиях

Наименование аминокислоты	Хлеб белый из пшеничной муки первого сорта		Хлебобулочные изделия	
	мг/100 г продукта	аминокислотный скор, %	мг/100 г продукта	аминокислотный скор, %
Изолейцин	295	98,0	1035	104,0
Лейцин	553	107,0	1700	97,0
Лизин	167	41,0	920	67,0
Треонин	213	72,0	865	86,0
Триптофан	83	112,0	230	92,0
Валин	330	89,0	1205	96,0
Биологическая ценность, %	44,7		69,4	

Как видно из табл. 19, более высоким аминокислотным скором по лимитирующей аминокислоте лизину характеризуются хлебобулочные изделия (67,0 % против 41,0 % у контроля), биологическая ценность повышается на 24,7 %.

### Выводы по главе II

1. Проведена комплексная оценка амарантовой муки и других ингредиентов композитной смеси.
2. Разработаны композитная смесь и технология хлебобулочных изделий на её основе.
3. Оценено качество хлебобулочных изделий из композитной смеси.

## ГЛАВА III. УГЛЕВОДНО-БЕЛКОВАЯ ФРАКЦИЯ АМАРАНТА В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБА

### 3.1. Углеводно-белковая фракция амаранта, ее состав и свойства

Углеводно-белковая фракция амаранта, является побочным продуктом, накапливающимся при отделении зародыша от семени в технологическом цикле получения амарантового масла. В нативном виде она представляет собой крупку светло-желтого цвета влажностью 9-11 % с размером частиц 0,2-0,6 мм.

Липиды углеводно-белковой фракции включают в себя около 80 % ненасыщенных жирных кислот: олеиновой, линолевой, линоленовой. Витаминная ценность обусловлена аскорбиновой кислотой, рибофлавином, тиамином, витамином Е. Последний представлен в липидах углеводно-белковой фракции в токотриенольной форме, антиоксидантные свойства которой в 40-50 раз выше, чем у токоферольных форм. Содержание питательных и минеральных веществ, витаминов в углеводно-белковой фракции по сравнению с пшеничной мукой представлено в табл. 20.

Таблица 20

Содержание питательных, минеральных веществ и витаминов в муке пшеничной хлебопекарной первого сорта и углеводно-белковой фракции амаранта

Наименование компонентов	Содержание компонентов в 100 г продукта	
	Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	Углеводно-белковая фракция
Белки,г	10,6	15,8
Углеводы, г		
крахмал	67,1	63,1
моно-и дисахариды	0,5	1,4

Жиры, г	1,3	0,9
Клетчатка, г	0,2	2,6
Зольность, г	0,7	1,7
Минеральные вещества		
Макроэлементы, мг		
кальций	24,0	72,0
калий	176,0	177,0
магний	44,0	42,0
фосфор	115,0	125,0
Микроэлементы, мг		
железо	2,1	3,1
марганец	1,1	1,0
цинк	1,0	0,5
медь	0,18	0,6
Витамины, мг		
тиамин	0,25	0,23
рибофлавин	0,08	0,09
биотин	0,003	0,01

Как видно из таблицы, углеводно-белковая фракция является перспективным сырьем для хлебопекарной отрасли и позволит расширить ассортимент хлебобулочных изделий улучшенной пищевой ценности, обладающих функциональными свойствами, так как превосходит пшеничную муку по содержанию ценного белка, макро- и микроэлементов, кроме того, ее утилизация обеспечит малоотходную технологию комплексной переработки зерна амаранта.

Исключительную ценность углеводно-белковой фракции амаранта представляет состав аминокислот, позволяющий применять ее в качестве комплексного обогатителя при приготовлении продуктов питания. Не белки представлены, %: альбуминами - 39,2-52,9; глобулинами - 14,1-17,1;

пролами- нами - 1,7-2,7 и глютелинами - 32,5-36,5. Они содержат в два раза больше первой незаменимой аминокислоты - лизина, чем белок пшеницы.

Одним из путей решения задачи рационального применения углеводно- белковой фракции является ее биомодификация с целью получения осахаренного ферментативного гидролизата.

### **3.2. Осахаренный гидролизат из углеводно-белковой фракции амаранта в технологии самосброженных пшеничных заквасок**

Перед хлебопекарной промышленностью России поставлены задачи наиболее полного удовлетворения потребностей населения в хлебобулочных изделиях за счет улучшения их качества и расширения ассортимента. Они могут быть решены на основе создания и внедрения гибких технологий, а также за счет возрождения старинных народных способов. В последнее время у потребителей возник интерес к бездрожжевой продукции, что объясняется появлением в печати и Интернете информации о негативном влиянии новых штаммов хлебопекарных и спиртовых дрожжей на организм человека. Технологическая роль дрожжей в хлебопекарном производстве заключается в разрыхлении теста углекислым газом, выделяющимся при спиртовом брожении в результате сбраживания Сахаров, и образовании спирта, участвующего в формировании вкуса и аромата хлеба.

Процесс брожения является самым продолжительным технологическим циклом в приготовлении хлеба и занимает от 3 до 5 ч. Это связано с перестройкой дрожжевых клеток с дыхательного типа на бродильный и адаптации их к сбраживанию мальтозы. Такая перестройка требует определенного периода, связанного с изменением ферментного аппарата. Поскольку секреция индуцируемых дрожжами ферментов зависит от накапливающейся в среде мальтозы, процесс адаптации дрожжевых клеток к ней довольно продолжительный, и это отражается на

длительности созревания полуфабрикатов и на качестве готовой продукции.

Молочнокислые бактерии (гетероферментативные) также участвуют в процессе брожения [4], так как при потреблении моносахаров, кроме широкого спектра органических кислот образуют диоксид углерода. В литературе подробно освещается роль молочнокислых бактерий при производстве ржаных сортов хлеба [2] и недостаточно данных об указанных микроорганизмах в процессе приготовления пшеничных, хотя здесь они играют важную роль [9]. Имеются сведения, что продуктами жизнедеятельности их являются антибиотики [74]. Свойство молочнокислых бактерий вырабатывать последние обуславливает антагонизм их ко многим нежелательным микроорганизмам в хлебопекарных полуфабрикатах. Подавляя развитие посторонней микрофлоры, они улучшают гигиенические свойства хлеба, повышают стойкость хлеба к микробиологической порче при хранении. Расход сухих веществ муки на образование перечисленных продуктов жизнедеятельности молочнокислых бактерий по сравнению с дрожжевыми клетками весьма экономичен.

Особенностью молочнокислых бактерий является их физиологическое отличие - высокая устойчивость к кислоте как следствие характерного для них энергетического обмена. Оптимум pH составляет 5,5 - 5,8, а в полуфабрикатах хлебопекарного производства, они выдерживают более низкие величины pH - 3,0-3,5. Это имеет большое селективное значение, так как даст им возможность конкурировать со многими другими бактериями в средах, богатых питательными веществами.

Приготовление заквасок на хлебозаводах связано с большими затратами пшеничной или ржаной муки, расходуемой на питание при культивировании микроорганизмов, что экономически не выгодно, поскольку снижается выход готовых изделий. Мука не полностью отвечает потребностям молочнокислых бактерий в углевод- и азотсодержащих

компонентах, витаминах, биостимуляторах и минеральных веществах, обеспечивающих их активный метаболизм.

### 3.2.1. Получение осахаренного гидролизата из углеводно-белковой фракции амаранта

При приготовлении осахаренного гидролизата нами предложена замена исходного сырья более сбалансированной по легкоусвояемым углеводам, азотистым веществам и минеральным компонентам углеводно-белковой фракцией амаранта.

Другим компонентом закваски является хмель. Хмель в сухом виде состоит из:

горьких веществ	18,5 %
хмелевого масла	0,5 %
дубильных веществ	3,5%
белков	20 %
минеральных веществ	8 %

Остальное - это целлюлоза и другие вещества, не имеющие особого значения при производстве хлеба. Важнейшим для него являются горькие вещества и хмелевое масло.

Во время приготовления закваски с применением хмеля происходит более интенсивный процесс образования ароматических веществ в результате взаимодействия Сахаров и специфических составных частей хмеля. При этом горечь хмеля смягчается и хлеб приобретает своеобразный тонкий аромат. В состав хмелевого масла входит около 250 легколетучих эфирных веществ ( $\alpha$ - и  $\beta$ - кислоты), большое количество смол, являющихся мощными фитанцидами. Благодаря бактерицидным свойствам горьких веществ хмеля в закваске не развивается посторонняя микрофлора на стадии разводочного цикла и при ее освежении в производственном.

**Молочная сыворотка** и другие вторичные продукты молочной промышленности в нативном или высушенном виде широко используются

в хлебопекарной промышленности. Замена части воды сывороткой при приготовлении заквасок и геста способствует повышению их кислотности, оказывает положительное влияние на коллоиды теста, улучшает химический и микроэлементный состав полуфабрикатов, а также предотвращает развитие нежелательной микрофлоры в них. Пищевая ценность молочной сыворотки обусловлена наличием в ней белковых веществ, углеводов, жирами, витаминами, минеральными солями, микроэлементами и иммунными телами. Молочная сыворотка - однородная жидкость желтоватого цвета, специфичного кисловатого вкуса. Сыворотка всех видов должна содержать не менее 5 % СВ, и том числе не более 1,0 % белка и не менее 4,0 % лактозы, предельная общая кислотность творожной сыворотки - не более 75 °Т. Желто-зеленая окраска молочной сыворотки объясняется наличием в ней рибофлавина.

Углеводы сыворотки представлены в основном лактозой и продуктами ее гидролиза - глюкозой и галактозой; белки сыворотки - альбуминами, глобулином и  $\kappa$ -казеином, - они полноценны по составу аминокислот; из минеральных веществ молока в сыворотку переходит 80 % калия, до 50 % кальция и магния, содержание которых в муке и хлебе незначительно. Сыворотка богата витаминами группы В, в ней содержится некоторая доля жирорастворимых витаминов.

Основной органической кислотой сыворотки является молочная кислота, которой сопутствуют уксусная, муравьиная и масляная.

Для приготовления гидролизата углеводно-белковую фракцию заваривали водой с температурой 80-90<sup>0</sup>С при гидромодуле 1:3. После охлаждения оса- харивагги заваренную водно-мучную смесь ферментным препаратом Фунгамил 2500 ВО при температуре 50-55<sup>0</sup>С в течение 3 ч. Полученный гидролизат в количестве 35 % вносили в водно-мучную смесь, состоящую из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и воды - 65 %.( при гидромодуле 1:1,35), и добавляли порошок шишек хмеля в дозировке 0,2 % к массе углеводно-белковой фракции. Больше

количество вносимого хмеля снижает скорость кислоты накопления вследствие комплексного бактериостатического действия его на микрофлору закваски, удлиняя продолжительность ее созревания.

Применение гидролизата в качестве сахаросодержащего компонента при выведении самосброженных заквасок целесообразно для улучшения хлебопекарных свойств муки с отклонениями от норм (пониженная газообразующая способность), повышения качества хлебобулочных изделий из пшеничной муки первого и высшего сорта, в рецептуре которых не предусмотрен сахар, а также пищевой и биологической ценности. По сравнению с традиционно используемыми сахарными сиропами гидролизат имеет ряд преимуществ: он готовится из побочного продукта переработки зерна амаранта и, кроме усвояемых углеводов, содержит продукты гидролиза белка, минеральные вещества, витамины, отсутствующие в сахарозе, активно ассимилируемые спонтанной микрофлорой. Внесение хмеля в виде порошка на стадии заваривания позволяет исключить этапы приготовления хмелевого отвара, его отстаивания и фильтрации, и, тем самым ускорить технологию и сократить продолжительность технологического цикла.

### 3.2.2. Разработка технологии самосброженных пшеничных заквасок с применением гидролизата

Приготовление закваски в разводочном цикле проводили путем спонтанного сбраживания питательной смеси в течение 22 - 24 ч до конечной кислотности 10 град. У производственном цикле освежение закваски проводили через каждые 8 - 12 ч до достижения заданной кислотности 10 град. Таким образом получали хмелевую закваску (закваска 1). Микробиологическое исследование этой закваски проводили методом прямого микроскопирования. В результате определили вид и число бактерий, дрожжевых клеток и их формы.

При подсчете микроорганизмов с помощью камеры Горяева установлено преобладание дрожжевой спонтанной микрофлоры над молочнокислыми бактериями. Подъемная сила закваски составляла 20 - 25 мин.

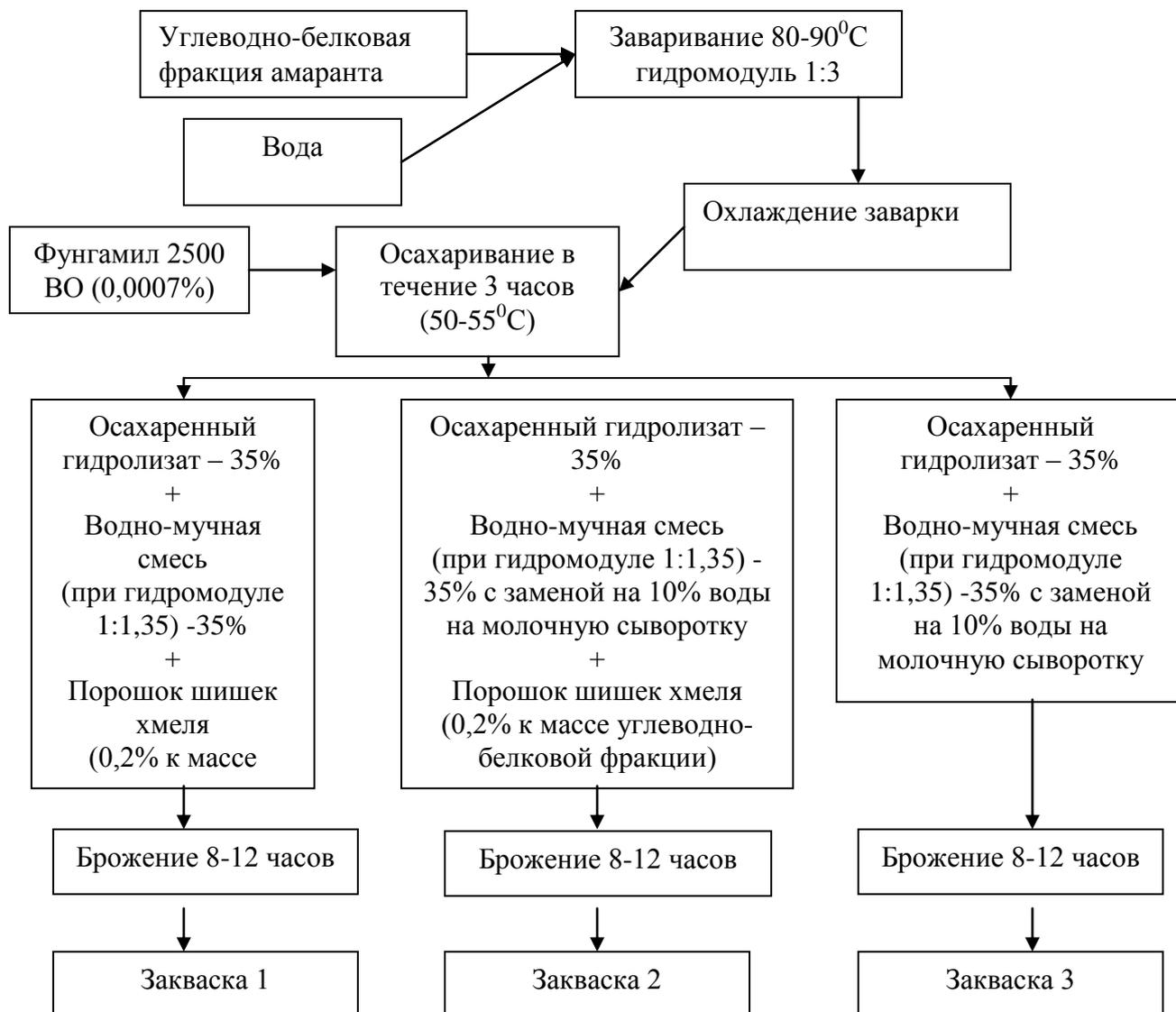
Для более активного размножения молочнокислых бактерий 10 % воды от ее общего количества, идущего на приготовление закваски, заменяли на такое же количество молочной сыворотки, в результате чего получали высококислотную хмелевую закваску (закваска 2).

Брожение закваски в производственном цикле осуществляли в течение 8-12 ч, при этом кислотность составляла 10 фад. Подъемная сила полуфабриката не превышала 25-30 мин. Параллельно готовили закваску, не содержащую хмель (закваска 3). Разводочный цикл аналогичен вышеуказанным для заквасок 1 и 2. В производственном цикле за 8 ч брожения в ней накаливалась кислотность 24 град, то есть получали высококислотную закваску, подъемная сила которой была неудовлетворительной - 50-55 мин (рис. 4.).

В результате микробиологического исследования, проведенного путем прямого микроскопирования, а так же подсчета клеток в закваске 2 (с гидролизатом углеводно-белковой фракции, хмелем и молочной сывороткой) обнаружено присутствие молочнокислой микрофлоры и единичные дрожжевые клетки. В закваске 3 (с гидролизатом углеводно-белковой фракции и молочной сывороткой) наряду с кокковой и палочковидной формами молочнокислых бактерий встречались нежелательные для закваски уксуснокислые бактерии, лизированные клетки дрожжей и единичные, мелкие не почкующиеся дрожжи. Во всех образцах заквасок спор грибов обнаружено не было.

В заквасках 2 и 3 определили родовую и видовую принадлежность молочнокислых бактерий. В них установлено присутствие гомоферментативных бактерии, а также гетероферментативных бактерий. В закваске 2 соотношение гомо- и гетероферментативных молочнокислых

бактерий было примерно одинаковым, а в закваске 3 преобладали гомоферментативные молочнокислые бактерии.



**Рис. 4. Функциональная схема приготовления самосброженных заквасок с применением осахаренного ферментативного гидролизата из углеводно-белковой фракции амаранта.**

### **3.3. Особенности приготовления хлеба на самосброженных пшеничных заквасках и их влияние на микробиологическую устойчивость готового продукта при хранении**

Нами проведены исследования по разработке способа приготовления бездрожжевого пшеничного хлеба «Забавный» па самосброженных

пшеничных заквасках и обеспечения его микробиологической сохранности при хранении.

Оценена возможность применения самосброженных заквасок к приготовлению теста по рецептуре хлеба белого из хлебопекарной пшеничной муки I сорта.

Замес теста осуществляли на лабораторной тестомесильной машине в течение 5 мин. После кратковременной отлежки (30 мин) тесто разделявали и направляли на расстойку, при этом продолжительность расстойки тестовых заготовок с высококислотной бесхмелевой закваской увеличивалась вдвое. После выпечки ютовые изделия оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям (табл.21).

Таблица 21

Показатели качества готовых изделий

Наименование показателей	Контроль	Хлеб, приготовленный на закваске		
		Хмелевой (закваска 1)	Высококислотной хмелевой (закваска 2)	Высококислотной беехмелевой (закваска 3)
Внешний вид:	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой коркой, без боковых выплывов			
форма				
поверхность	Гладкая, без крупных трещин и подрывов			
цвет	Золотистый	Светло-коричневый	Светло-коричневый	Золотистый
Состояние мякиша:	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный			
пропеченность				
промес	Без комочков и следов непромеса			
пористость	Развитая, без пустот и уплотнений			

Вкус	Свойственный хлебу	Более выраженный вкус		
Запах	Свойственный хлебу	Хлеб более ароматный		
Влажность, %	44,0	43,5	43,8	44
Кислотность, град	2,6	2,8	3	3,5
Пористость, %	74	72	74	73
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	290	300	295	290
Крошковатость, %				
через 16ч	9,0	4,5	2,5	4,6
24 ч	10	5	3	5
48 ч	11	5,2	3,2	5,3
Намокаемость, %				
через 16ч	26,1	26	24,2	25
24 ч	29,7	28,7	25	28,3
48 ч	32,1	30	28,5	31

Для изделий, вырабатываемых на высококиелотных заквасках, допускается повышение кислотности мякиша хлеба на 1 град по сравнению с требованием НД.

Как видно из табл. 21, хлеб, приготовленный на самосброженных заквасках, соответствовал хлебу, приготовленному традиционным способом по унифицированной рецептуре хлеба белого из пшеничной муки I сорта. Особое внимание уделяли показателям намокаемости и крошковатости мякиша готовых изделий при их хранении. Эти показатели являются косвенными характеристиками процесса черствения хлеба. По данным табл. 4.3, опытные пробы имели меньшее значение крошковатости и намокаемости по сравнению с контролем, что подтверждает их более медленное черствение. Готовые изделия исследовали на подверженность

их процессам плесневелая. Процессы плесневения хлеба па заквасках проявлялись па седьмой день после выпечки, а контроля на третий день.

Проведены исследования по влиянию самосброженных заквасок на развитие бактерий. Эти бактерии вызывают картофельную болезнь хлеба, поражающую в жаркий и влажный период года значительные объемы продукции из пшеничной муки высшего и первого сортов. Картофельная болезнь распространена не только в южных районах, но и в средней полосе и даже некоторых северных районах России.

Для предохранения хлеба от картофельной болезни в хлебопекарной промышленности применяют органические кислоты, препараты, пропионовокислые бактерии, уксуснокислый кальций и его препараты. Бактериоцин белковой природы (полипептид), обладающий антибактериальным действием против микроорганизмов. Считают, что низин ингибирует прорастание спор и действует на сами споры, снижая их термоустойчивость [74].

Тесто готовили на самосброженных заквасках с осахаренным гидролизатом углеводно-белковой фракции и порошком шишек хмеля с индуцированием в муку спорных бактерий из расчета содержания бактерий  $1 \cdot 10^7$  спор/г муки. Контрольные пробы готовили с применением хлебопекарных прессованных дрожжей. Выпеченные изделия инкубировали трое суток в провокационных условиях и определяли число спор возбудителя путем посева мякиша на мясопептонный агар.

Результаты исследований, представленные в табл. 22, позволяют сделать заключение о том, что применение самосброженных заквасок замедляет развитие возбудителя «картофельной болезни».

Таблица 22

Содержание спорных бактерий в опытных, и контрольных пробах

Хлеб, приготовленный па самосброжеипой закваске	Число спорных бактерий в 1 г хлеба		Ингибирующий эффект (контроль/опыт)
	контроль	опыт	

Закваска 1	6,5*10 <sup>7</sup>	3,3 x 10 <sup>7</sup>	1,97
Закваска 2		10, 1x10 <sup>5</sup>	64,4
Закваска 3		1 x 10 <sup>6</sup>	65

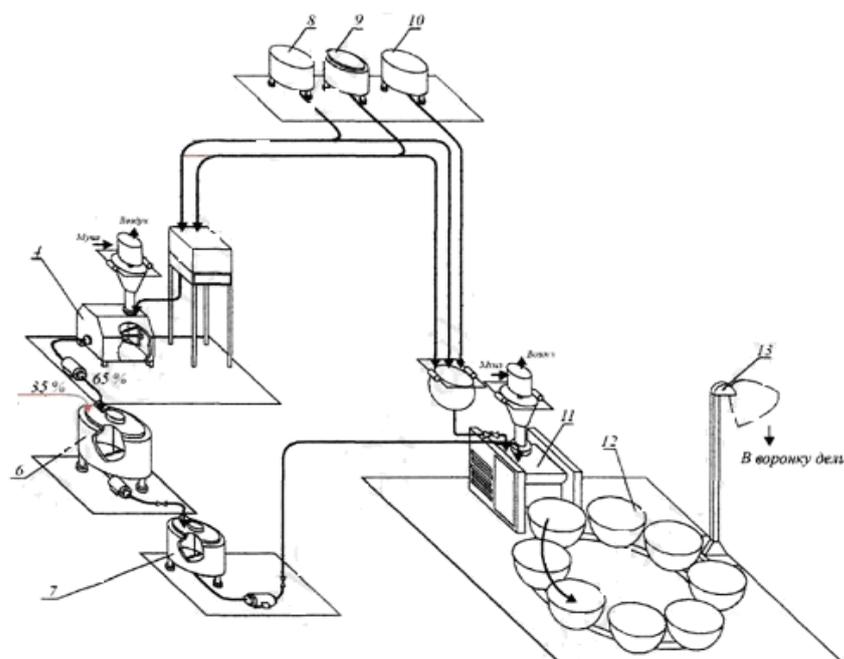
Хлеб, выпеченный на хмелевой закваске 1 обладал меньшей устойчивостью к возбудителям картофельной болезни, так как количество молочнокислых бактерий в нем меньше из-за присутствия диких видов дрожжей. Хлеб на хмелевой закваске 2 и высококислотной беехмелсвой закваске 3 содержал спор бактерий в 64,4 и 65 раз меньше соответственно, чем контроль. Это можно объяснить высоким содержанием в заквасках молочнокислых бактерий.

Специфические свойства продуктов жизнедеятельности молочнокислых бактерий проявлялись и при хранении выпеченного хлеба: были проведены испытания в ходе которых ломтики нарезанного хлеба из пшеничной муки I сорта, выпеченного на закваске и без нее стерилизовали в чашках Петри и заражали спорами возбудителя «картофельной болезни» в концентрации 10<sup>7</sup> спор/г изделия. После инкубации их при + 37 °С и относительной влажности 80 % в течение 5 сут признаки болезни в контрольной пробе выявлены через 16 ч, а в опытной - спустя 48 ч.

В результате проведенных исследований показана возможность применения порошка шишек хмеля, углеводно-белковой фракции амаранта и молочной сыворотки для получения бездрожжевого пшеничного хлеба на самосброженных заквасках и обеспечения повышенной микробиологической сохранности его при хранении.

#### 3.4. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на самосброженных пшеничных заквасках

Принципиальная аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на самосброженных заквасках для хлеба «Забавный» приведена на рис.5.



**Рис.5. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на самосброженных пшеничных заквасках:**

1- бачок водосолеподготовительный Ш2-ХДИ ; 2- дозатор сыпучих компонентов Ш2- ХД2-А; 3- микродозаторы для хмелевого порошка и ферментного препарата Фунгамил 2500 ВГ; 4- заварочная машина ХЗ-2М-Э00; 5- насос ХНЛ-300 для перекачивания питательной смеси и закваски; 6- сборник МВ-500 с мешалкой; 7- расходный чан; 8, 9, 10 - напорные бачки для холодной, горячей воды и солевого раствора соответственно; 11- тестомесильная машина Ш2-ХТ2-И; 12- конвейер для брожения теста Ш2-ХБВ; 13-дежеопрокидыватель

Процесс приготовления закваски включает следующие стадии: заваривание углеводно-белковой фракции водой с температурой 80 – 90<sup>0</sup>С; охлаждение заварки до 50 – 55<sup>0</sup>С, осахаривание заварки ферментным препаратом Фунгамил 2500 ВГ в течение 3 ч; охлаждение осахаренного гидролизата до температуры 30-32<sup>0</sup>С и внесение в него порошка шишек хмеля в количестве 0,2 % к массе углеводно-белковой фракции; добавление к осахаренному гидролизату водно- мучной смеси (гидромодуль 1:1,35) в соотношении 35:65, сбраживание полученной питательной смеси до конечной кислотности 1 .

Углеводно-белковая фракция поступает в дозатор сыпучих компонентов Ш2-ХД2-А (поз.2), откуда дозируется в заварочную машину ХЭ-2М-300 (поз. 4). Сюда же из бачка водосолеподготовительного Ш2-ХДИ (поз. 1) подается вода температурой 80 - 90 <sup>0</sup>С в соотношении 1:3;

смесь тщательно перемешивается. Полученная 0-12 град; отбор готового полуфабриката. гомогенная заваренная масса охлаждается до температуры 50 – 55<sup>0</sup>С после чего в нее микродозатором (поз. 3) вносится ферментный препарат Фунгамил 2500 ВГ в количестве 0,0007 % к массе углеводно-белковой фракции в заварке. Осахаривание заварки осуществляется в заварочной машине. По окончании процесса осахаривания гидролизат охлаждается до температуры 30 – 32<sup>0</sup>С, в него вносится порошок шишек хмеля из микродозатора (поз. 3) и он перекачивается насосом ХНЛ-300 (поз.5) в сборник МВ-500 (поз. 6) с мешалкой. Сюда же по другому трубопроводу дозируется водно-мучная смесь. Выброженная до кислотности 10 град пшеничная закваска в количестве 50 % перекачивается в расходный чан (поз. 7), откуда расходуется на замес теста вместе с другими рецептурными компонентами в тестомесильную машину (поз.11). Тесто бродит в кольцевом дежевом конвейере (поз. 12) в течение 30 - 90 мин, после чего дежеопроектирователем (поз. 13) направляется в воронку делителя.

### **Выводы по главе III**

1. Изучены углеводно-белковая фракция амаранта, ее состав и свойства.
2. Получен осахаренный гидролизат из углеводно-белковой фракции амаранта в технологии самосброженных пшеничных заквасок.
3. Разработана аппаратно-технологическая схема приготовления теста на самосброженных пшеничных заквасках.

## ГЛАВА IV. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТУРИРОВАННОЙ КОМПОЗИЦИИ ИЗ УГЛЕВОДНО-БЕЛКОВОЙ ФРАКЦИИ АМАРАНТА, КРУПЫ ЯЧМЕНЯ И ГОРОХА

### 4.1. Получение текстурированной композиции из углеводно-белковой фракции амаранта, крупы ячменя и гороха. Исследование её состава, биологической ценности и функциональных свойств

В настоящее время при переработке сельскохозяйственного сырья все большее внимание уделяется нетрадиционным культурам, отличающимся по высшей биологической ценностью и усвояемостью питательных веществ - белков, углеводов, витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон [55,56,66]. Применение новых видов сырья при производстве хлеба и хлебобулочных изделий основано на изучении влияния компонентов, входящих в состав сырья, на структурные элементы муки, свойства теста и качество готовой продукции.

Одним из путей повышения биологической ценности хлебобулочных изделий и обеспечения функциональных свойств является применение специально составленных смесей из крупяных и бобовых культур, подвергнутых термопластической экструзии [14]. К доступному и дешевому сырью, выгодно отличающемуся от традиционных зерновых содержанием питательных веществ, относится углеводно-белковая фракция амаранта (25 %), крупа ячменя (65 %) и крупа гороха (10 %) [6, 60,67,68]. Принятое соотношение обеспечивает невысокую стоимость смеси при ее улучшенной биологической ценности.

После тщательного перемешивания компонентов смесь обрабатывали на промышленном экструдере КМЗ-2У при температуре внутри шнековой камеры - 150-160 °С, на выходе - 125-125 °С; диаметр выходных отверстий матрицы - 11 мм. Экструдированную массу измельчали и получали текстурированную композицию улучшенного состава (табл. 23).

Состав муки пшеничной хлебопекарной II сорта и компонентов смеси

Компоненты	Содержание, %			СВ, %	
	Мука пше- ничная хле- бопекарная II сорта	Углеводно- белковая фракция амаранта	Крупа ячменя	Крупа гороха	Текстуриро- ванная ком- позиция
Белок	11,7	15,8	11,9	20,5	15,9
Жир	1,8	0,9	2,4	2,0	1,9
Крахмал	69,9	62,1	63,7	50,4	54,8
Клетчатка	0,6	2,6	4,3	5,7	3,4
Моно- и дисахара	0,9	2,4	1,3	4,6	8,1
Зола	1,1	1,7	2,4	2,8	1,9

В роли основного компонента композиции, оказывающего влияние на условия её обработки и качество, выступает крахмал.

К. Майяр впервые показал, что крахмал не является химически индивидуальным веществом, а состоит из двух фракций: амилозы и амилопектина [13,62]. Оба полисахарида крахмала в значительной степени отличаются не только структурой, но и молекулярной массой. Амилоза и амилопектин в крахмале чаще всего находятся в соотношении 3:1 [73]. В ходе термической обработки происходит разрушение кристаллической структуры зерен крахмала с образованием структуры аморфного вещества.

Термическая и механическая обработка крахмала зерновой смеси не только разрушает структуру его зерна, но и приводит к деструкции больших молекул полисахаридов крахмала, что существенно изменяет реологические свойства крахмальных клейстеров. Зерна крахмала не растворимей в холодной воде, не набухают, но сорбируют воду и гидротермическая обработка вызывает разрыв молекулярных связей в

зерна, что приводит к гидратации полисахаридов. Крупные зерна крахмала клейтеризуются первыми. При клейстеризации в определенной степени происходит деструкция полисахаридных цепей. При горячей экструзии наблюдается декстринизация крахмала (о чем свидетельствует реакция с йодом).

Экструзионная обработка смеси приводит к значительному возрастанию усвояемости полученного продукта, в первую очередь крахмала, изменению его свойств и, в конечном счете к его модификации. Также происходят глубокие изменения в белковом комплексе. В процессе экструдирования на белки зерновой смеси действуют одновременно целый ряд факторов, вызывающих их денатурацию: механические напряжения сдвига и сжатия, тепло. Денатурация представляет собой внутримолекулярное явление, характеризующееся физической перегруппировкой внутренних связей. Происходит нарушение упорядоченности внутреннего строения молекулы, количественно характеризуемое изменением физико-химических свойств белков (растворимости, способности к гидратации, вязкости растворов, и др). Это явление обусловлено наличием в молекуле белка большого числа непрочных связей. При денатурации химический состав белков не меняется. Экструзионная обработка белков данной смеси повышает ее биологическую ценность и улучшает сохраняемость, так как происходит частичная активация ферментов, ухудшающих вкус и понижающих качество продукта при хранении [70].

Кроме основных компонентов (крахмала, белка) в композиции содержатся жиры, клетчатка, минеральные вещества, ферменты, сахара. Эффекты компонентов при экструзии комбинируются, либо, усиливая, либо ослабляя друг друга, но не являются определяющими в изменениях физико-химических свойств основных компонентов.

## **4.2. Применение текстурированной композиции в качестве компонента питательной смеси в технологии жидких хлебопекарных дрожжей**

Для приготовления пшеничного теста на хлебопекарных предприятиях наряду с прессованными дрожжами или вместо них широко применяются жидкие дрожжи - полуфабрикат, получаемый по рациональной схеме, предусматривающей сбраживание водно-мучной осахаренной заварки термофильными молочнокислыми бактериями с последующим применением в качестве питательной смеси для размножения в ней дрожжевых клеток [2, 64].

В процессе воспроизводства жидких дрожжей необходимо обеспечивать активное размножение молочнокислых бактерий при заквашивании осахаренной заварки и дрожжевых клеток при освежении готового биологического разрыхлителя. Нормальное функционирование клеток, то есть обмен веществ, рост, размножение зависит от состава питательной смеси: содержания усвояемых углеводов, азота, витаминов, микро- и макроэлементов. Наличие необходимых источников питания для дрожжей - важный фактор, определяющий их физическое состояние, биохимические и технологические свойства [10].

На приготовление жидких дрожжей расходуется основное сырье хлебопекарного производства - мука, что отрицательно сказывается на экономических показателях предприятия. Муку можно заменить композицией ингредиентов из зерновых и бобовых культур [36]. Среди них особое внимание необходимо уделить экструдированным композициям из нетрадиционного зерна и продуктов его переработки.

Нами исследована возможность применения текстурированной композиции из углеводно-белковой фракции амаранта, крупы ячменя и гороха, в технологии жидких хлебопекарных дрожжей с целью замены муки пшеничной хлебопекарной, улучшения их биотехнологических свойств и показателей качества готового хлеба.

#### 4.2.1. Определение влияния текстурированной композиции на биотехнологические свойства жидких хлебопекарных дрожжей

Процесс приготовления жидких хлебопекарных дрожжей в контрольном опыте (вариант 1) включал следующие основные стадии: приготовление мучной заварки из муки пшеничной хлебопекарной II сорта и ее осахаривание; заквашивание охлажденной осахаренной заварки термофильными молочнокислыми бактериями; культивирование дрожжевых клеток на разбавленной заквашенной заварке.

При разработке новой технологии жидких хлебопекарных дрожжей муку пшеничную хлебопекарную II сорта полностью исключали, заменяя ее текстурированной композицией (вариант 2). Учитывая термовлагообработку смеси, стадия заваривания упразднялась, так как во время экструзии происходят изменения в углеводном и белковом комплексах компонентов смеси. Крахмал клейстеризуется и декстринируется, что значительно повышает его атакуемость амилолитическими ферментами. В результате уже в самом начале осахаривания массовая доля сбраживаемых дрожжевыми клетками Сахаров выше и составляет 1,7 % против 0,4 % в контроле.

Из текстурированной композиции и воды в соотношении 1:4 готовили водную смесь с температурой 63 - 65 °С и осахаривали ее неферментированным тритикалевым солодом. При амилолитической активности 36 ед/г, осахаривающей и декстринолитической способности - 40 и 46 ед/г соответственно дозировка его составила 0,5-1 % к массе СВ композиции.

В контрольной пробе для осахаривания мучной заварки применяли неферментированный ржаной солод (ГОСТ 29272 - 92), каталитическая активность которого была ниже и составляла 20, 38 и 36 ед/г соответственно, поэтому его вносили в дозировке 1-2 % к массе муки в заварке.

Продолжительность осахаривания и в контроле, и в опыте - 1,5 ч.

В опытной пробе после осахаривания питательную смесь охлаждали до 28-32<sup>0</sup>С, исключив стадию заквашивания. Исключение этой операции стало возможным благодаря общей кислотности текстурированной композиции - 10- 12 град. Приготовленная из нее осахаренная водная смесь не нуждается в заквашивании, так как ее кислотность является оптимальной для размножения и ингибирующей для дикой микрофлоры, развитие которой возможно при культивировании культурных дрожжевых клеток.

Для накопления биомассы дрожжевых клеток на 2 части объема питательной смеси вносили 1 часть готовых жидких хлебопекарных дрожжей, взятых с производства. Культивирование дрожжевых клеток осуществляли при температуре 30-32<sup>0</sup>С в течение 4-5 ч.

Дальнейшее увеличение объема жидких хлебопекарных дрожжей достигали, добавляя каждые 3-4 ч равные объемы питательной смеси до количества, необходимого производству. О готовности жидких хлебопекарных дрожжей судили по общей кислотности (10-11 град) и подъемной силе (20-22 мин).

В процессе получения биологического разрыхлителя определяли динамику изменения редуцирующих Сахаров по стадиям его приготовления.

С внесением в питательные смеси дрожжевых клеток наблюдается процесс сбраживания углеводов, при этом к концу брожения содержание их в жидких дрожжах, приготовленных по модифицированной технологии все-таки выше - 3% против 1,4 % в контрольной пробе. Следовательно, дрожжевые клетки в жидких хлебопекарных дрожжах, приготовленных по модифицированной смеси находятся в более благоприятных условиях и поэтому способны проявлять активную жизнедеятельность в тесте.

Рост, развитие и размножение дрожжей невозможно без белковых веществ, поэтому питательная смесь должна содержать необходимое количество азотистых соединений.

Накопление водорастворимого азота происходит в процессе осахаривания пшеничной заварки с 0,06 % до 0,31 % и с 0,11 % до 0,43 % в водной смеси с текстурированной композицией. С внесением в питательную смесь дрожжевых клеток происходит его уменьшение, и перед отбором готовых жидких дрожжей его содержание в опытной пробе составило 0,17 % против 0,15 % в контроле.

Таким образом, модифицированная с помощью текстурированной композиции питательная среда жидких хлебопекарных дрожжей отличается улучшенным составом и содержит необходимые элементы для культивирования микроорганизмов в количестве, обеспечивающем их размножение и высокую активность.

Показатели качества жидких дрожжей приведены в табл. 24.

Таблица 24

Показатели	Варианты приготовления жидких хлебопекарных дрожжей	
	1 (контроль)	2 (опыт)
Температура, °С	32,0	32,0
Влажность, %	83,3	84,2
Кислотность, град	9,4	10,9
Подъёмная сила по шарик, мин	24 - 26	18 - 20
Число клеток, мл и/г	151,0	172,0
Число мертвых клеток, % к общему числу	4,1	2,7
Число клеток с гликогеном, % к общему числу	78,0	83,0
Число почкующихся клеток, %		25,8

Как видно из табл. 24, жидкие хлебопекарные дрожжи, приготовленные на основе текстурной композиции, имели лучшие биотехнологические свойства по сравнению с дрожжами, приготовленными по принятой технологии.

Проведенные исследования подтвердили теоретические предположения о целесообразности применения текстурированной композиции, полученной в результате экструзии смеси улучшенного химического состава по сравнению с традиционным хлебопекарным сырьем. Высвободившуюся муку необходимо направить на основное производство хлеба.

#### 4.2.2. Исследование влияния жидких хлебопекарных дрожжей на биотехнологические характеристики теста и качество готовых изделий

В ходе исследований оценивали эффективность применения жидких хлебопекарных дрожжей с улучшенными биотехнологическими свойствами, полученных по новой технологии, предусматривающей замену основного сырья на текстурированную композицию, для приготовления теста. Тесто готовили безопасным способом по рецептуре хлеба белого из муки пшеничной II сорта (табл. 25).

табл. 25

Рецептура и технологический режим приготовления теста

Наименование сырья, полуфабрикатов. Показатели процесса	Расход сырья и параметры процесса для теста на жидких хлебопекарных дрожжах, приготовленных		
	по варианту 1	по варианту 2	
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Мука пшеничная хлебопекарная II сорта, г	100	100	100
Дрожжи жидкие хлебопекарные, г	35	35	50
Соль пищевая, г	1,3	1,3	1,3

Вода, г	По расчету		
Температура брожения, °С	30-32	30-32	30-32
Влажность теста, %	45	45	45
Продолжительность брожения, мин	150	120	120
Конечная кислотность, град	5	5	5

Замес проводили в лабораторной тестомесильной машине в течение 3 мин. Пробу теста - 1 замешивали на жидких дрожжах, приготовленных по варианту 1; пробы 2 и 3 - на жидких дрожжах, для приготовления которых применяли текстурированную композицию и неферментированный тритикалевый солод - вариант 2. Расход жидких дрожжей составлял в пробе 1 и 2 - 35 %и в пробе 3 - 50 %.

В процессе брожения теста определяли интенсивность жизнедеятельности дрожжевых клеток, их бродильную активность по образованию диоксида углерода, изменению объема теста, образованию кислот в нем. Результаты исследований приведены в табл. 26.

Таблица 26

Характеристика теста по биотехнологическим свойствам

Указатели	Биотехнологические свойства теста		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Газоудерживающая способность, см <sup>3</sup>	110	130	140
Газообразующая способность, см <sup>3</sup>	108	129	135
Бродильная активность, мин	13,0	11,0	8,0
Общая кислотность, град:	3,2	3,8	4,0
	начальная	5,0	5,0
конечная	5,0	5,0	5,0

Газоудерживающая способность теста, приготовленного на жидких хлебопекарных дрожжах, полученных с применением текстурированной композиции (проба 2 и 3), лучше контрольной пробы 1 на 17 - 43 %.

Большое технологическое значение имеет газообразующая способность теста в ходе брожения. Этот показатель характеризуется количеством диоксида углерода, выделившегося за установленный период брожения полуфабриката. Наибольший объем диоксида углерода накапливается в тесте из пшеничной муки II сорта с внесением жидких дрожжей, приготовленных по модифицированной технологии. Значения данного показателя составляют 129 см<sup>3</sup> и 135 см<sup>3</sup> диоксида углерода для проб 2 и 3, что на 11,9 и 12,5 % выше по сравнению со значениями, газообразующей способности теста с применением жидких хлебопекарных дрожжей, приготовленных по принятой технологии - 108 см<sup>3</sup> (проба 1).

Бродильную активность полуфабриката выражали как промежуток времени (в мин) с момента опускания в воду шарика теста до момента всплытия его на поверхность. Это один из важных показателей, характеризующий интенсивность брожения теста. Для проб, приготовленных по модифицированной технологии, бродильная активность составляет 11 и 8 мин после 120 и 90 мин брожения теста (проба 2 и проба 3 соответственно), а по принятой - 13 мин после 150 мин брожения (проба 1).

При созревании теста большую роль играет интенсивность ки словообразования. Кислоты придают приятный вкус продукта, участвуют в частичной дезагрегации белковых веществ теста. Кроме того, при брожении накапливаются специфические вещества или их предшественники, также участвующие в образовании вкуса и аромата. Увеличение массовой доли молочной кислоты ускоряет реакцию меланоидинообразования и обеспечивает специфический, ароматный вкус хлеба. Общая кислотность-теста за время брожения возрастает. Для проб теста, приготовленного по усовершенствованной технологии, значение ки-

слотности изменялось с 3,8 до 5,0 град (проба 2) и с 4,0 до 5,0 град (проба 3), а по принятой технологии - с 3,2 до 5,0 град (проба 1). Повышение общей кислотности полуфабрикатах. Можно предположить, что молочнокислые бактерии, культивируемые на питании с текстурированной композицией, более активны, в связи с чем накопление с их участием протекает интенсивнее.

На основании вышеизложенного можно заключить, что текстурированная композиция является более сбалансированной по усвояемым сахарам и азоту, минеральным веществам, чем пшеничная хлебопекарная мука II сорта. Не применение позволяет исключить из технологического цикла приготовления жидких дрожжей стадию заваривания муки и стадию заквашивания осадочного полуфабриката и сэкономить муку для основного производства.

Хлеб, приготовленный на жидких дрожжах, полученных с применением модифицированной питательной смеси, имеет улучшенные показатели и отличается своеобразным вкусом и ароматом.

При суточной выработке 60 т хлеба на жидких дрожжах из пшеничной хлебопекарной муки II сорта, экономия ее составляет 3,0 т. Из этой муки дополнительно можно выработать 4,05 т хлеба в сутки.

#### 4.3. Исследование процесса черствения хлеба с текстурированной композицией

При хранении хлеба в обычных температурных условиях через 10-12 часов появляются признаки черствения, которые усиливаются с течением времени. При этом мякиш теряет эластичность, становится жестким и крошащимся, ухудшается вкус, аромат, свойственный свежему хлебу. Черствение вызвано, в основном, изменением структуры крахмала при хранении хлеба.

Пробы исследовали через 3, 16, 24, 48 и 72 ч после выпечки, определяя изменения, происходящие в мякише хлеба при черствении.

Известно, что черствение в значительной степени связано с потерей влаги мякишем хлеба за счет усыхания его, однако существует целый ряд других изменений, сопровождающих этот процесс: уменьшение гидрофильных свойств мякиша и способности его коллоидов и других веществ переходить в водный раствор, а также податливости крахмала мякиша действию амилолитических ферментов [22,87]. Крахмал представляет собой гидрофильное соединение, состоящее из амилозы и амилопектина. При набухании крахмала молекулы воды взаимодействуют с водородными мостиками. В результате связанные молекулы растворяются и становятся подвижными одна относительно другой. При выпечке хлеба структуры крахмала и белка изменяются, в них образуются микронеплотности, как бы играющие роль резервуаров для воды. Часть молекул воды связана термодинамически, другая - в виде осмотически связанной распределена в межмолекулярных пространствах денатурированного белка и набухшего частично кластеризованного крахмала. В результате охлаждения гидратированная амилоза, отдавая - воду, затвердевает в виде геля, в котором как бы фиксируется амилопектин. При черствении выпеченного хлеба из-за медленной перекристаллизации амилопектина происходит дальнейшее выделение воды в мякиш хлеба. Взаимодействие воды с компонентами мякиша хлеба определяет его устойчивость при хранении, при этом определенное значение имеет соотношение «свободной» и «связанной» влаги и его изменение [18].

Изменения соотношения свободной и связанной влаги обусловлены ее миграцией и перераспределением между крахмалом и клейковинными белками - основными компонентами, связывающими воду в пшеничном тесте. При увеличении степени повреждения крахмала, что наблюдается у экструдатов, увеличивается волопоглотительная способность муки. Неповрежденные зерна крахмала могут поглотить до 50 % воды от своей массы, в то время как поврежденные - до 200 %. Чем больше добавляется

воды при замесе теста, тем сильнее происходит клейстеризация крахмала и меньше остается осмотически связанной, то есть свободной воды. Выпеченный из такой муки хлеб дольше сохраняет свою свежесть.

Добавление в тесто текстурированной композиции существенно замедляет процесс черствения. Это можно объяснить тем, что при экструдировании происходит перераспределение влаги в сторону увеличения доли связанной влаги. Клейстеризация крахмала при гидротермической обработке композиции способствует образованию активных адсорбционных центров коллоидных систем, по которым идет присоединение ОН- групп воды, находящейся в этот момент в парообразном состоянии.

Для получения информации о соотношении связанной и свободной форм влаги и их взаимного изменения в процессе хранения хлеба применяли метод термогравиметрического анализа, основанный на определении скорости высушивания исследуемого материала. Сущность метода заключается в том, что в контролируемых условиях фиксируется граница между областью постоянной скорости высушивания и областью, где эта скорость снижается. Эта граница характеризует переход в процессе сушки от свободной к связанной влаге.

#### **Выводы по главе IV**

1. Получена текстурированная композиция и исследованы ее состав, биологическая ценность и функциональные свойства.
2. Применена композиция в качестве компонента питательной смеси в технологии жидких хлебопекарных дрожжей.
3. Разработаны технологии хлеба стритикалевым солодом и текстурированной композицией из углеводно-белковой фракции амаранта, крупы ячменя и гороха.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Оптимизирован состав незаменимых аминокислот функциональной композитной смеси. Смесь состоит из цельномолотой амарантовой, овсяной муки и сухой пшеничной клейковиной в соотношении 20:40:40 соответственно.

2. Установлено влияние предлагаемой композитной смеси на биотехнологические характеристики теста и показатели качества готовых изделий. Не применение обеспечивает повышение биологической ценности хлеба (на 24,7 %) и ферментативной атакуемости его белков - III при оптимальном соотношении между Са и Р (1:1,5).

3. Разработаны технологические аспекты по применению углеводно-белковой фракции амаранта в виде ферментативного гидролизата и аппаратурно-технологическая схема для ее обеспечения.

4. Изучены состав, свойства и биологическая ценность текстурированной композиции, состоящей из (%): углеводно-белковой фракции амаранта - 25, крупы ячменя - 65 и крупы гороха - 10. Предложена аппаратурно-технологическая схема. Продолжительность технологического цикла сокращается на 6 - 8 ч.

## Список использованных источников

1. Архипова Н.С. Влияние хлоридного и сульфатного засоления почвы на продукционные процессы у растений амаранта / Н.С. Архипова др. // Материалы V Международного Симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Пушкино. - 2003. - Т. I. - С. 1-3.
2. Атаев, А.А. Диетические хлебобулочные изделия для здорового питания / А.А. Атаев, Р.Д. Полаидова, Т.Г. Богатырева // Хлебопечение Россия.- 2000. №1.-С. 21.
3. Ауэрман. Л.Я. Технология хлебопекарного производства /учебник для вузов/ Л.Я. Луэрман; под общ. ред. Л.И. Пучковой. - 9-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Профессия, 2002. -416 с.
4. Банникова Л.Л. Селекция молочнокислых бактерий и их применение в молочной промышленности / Л.Л. Банникова. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 242 с.
5. Батулин А.К. Питание населения России в 1989-1993 гг. / А.К. Батулин// Вопросы питания. - 1994. - № 3. — С. 4 - 8.
6. Бахтеев Ф.Х. Ячмень / Ф.Х. Бахтеев. - М.: Сельхозгиз, 1955. - 186 с.
7. Белаковская И.В. Технологические параметры экструдирования /И.В. Белаковская, В.А. Воскобойников, Т.С. Захаренко, В.И. Степанов // Пищевая промышленность. - 1989. - № 6. - С. 42 - 44.
8. Берг Л.Г. Введение в термографию / Л.Г. Берг. - М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961.-392 с.
9. Богатырева Т.Г. Новое в производстве пшеничного хлеба на заквасках /Т.Г.Богатырева, Р.Д.Поландова. -М.:ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1994.-46 с.

10. Бочарова Н.Н. Метаболизм резервных углеводов у размножающихся и почкующихся дрожжевых клеток /Н.Н. Бочарова, В.Г. Черныш, В.П. Озерова. - М., 1988. - 823 с.
11. Бояринов А.И. Методы оптимизации в химической технологии / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров. - М.: Химия, 1975 - 576 с.
12. Бражников Л.М, Рогов И.Д., Михайлов Н.А. Основы аналитической теории проектирования комбинированных пищевых продуктов / Л.М. Бражников, И.Л. Рогов, Н.А. Михайлов //Тез. докл. второй все с. науч.- техн. конф. «Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания». - М., 1984. - С. 18 - 28.
13. Брухман Э.Э. Прикладная биохимия / Э.Э. Брухман. - М.: Лег- к. и пищ. пром-ть, 1981, - 320 с.
14. Васильева Т.В. Экструзионные продукты / Т.В. Васильева // Пищевая промышленность. - 2003. - № 2 - С. 6.
15. Великая Е.И. Общие методы контроля пищевых производств Б.И. Великая, В.Ф. Суходол, В.К.Томашкевич. - М.: Пищевая промышленность, 1984.-273 с.
16. Винникова Л.Г. Экструзионная обработка продуктов с пищевыми волокнами /Л.Г.Винникова // Пищевая промышленность. - 1991. - № 11. - С. 51.
17. Виноградова А.А. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичева. -М.: Агропромиздат, 1991.-335 с.
18. Вода в пищевых продуктах: пер. с англ. под ред. Р.Б. Дакуорта. - М.: Пищевая промышленность, 1986. - 476 с.
19. Волгарев М.Н. Мониторинг питания в России. Эпидемиология алиментарнозависимых заболеваний в Российской Федерации /М.Н. Волгарев, А.К. Батулин // Хранение и переработка сельхозсырья. - 1997. — № 7, - С. 50 - 51.
20. Воробьев Р.И. Питание: мифы и реальность / Р.И. Воробьев. - М.:

Грэгори, 1997.-256 с.

21. Гаппаров М.М. Натуральные проекты - пища XXI века / М.М. Гаппаров, С.И. Иванченко, В.Г. Угренинов. –М.: Пищевая пром-сть, 1999. №9. - С. 58.

22. Горячева А.Ф. Сохранение свежести хлеба / А.Ф. Горячева, Р.В. Кузьминский. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 240 с.

23. Грапулометр ГИУ - 1 № 01: техническое описание и инструкция по эксплуатации. — М.:Центр прикладной физики МГТУ им. Баумана. 1995.-28 с.

24. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев. -М.: Пищевая пром-ть, 1979.- 199 с.

25. Гринь В.Т. Экструзионная переработка семян сои с получением дисперсии / В.Т. Гринь, Р.Г. Гринь// Хранение и переработка сельхозсырья.- 1994.-№4.-0.35-37.

26. Деренжи В. И. Свойства зерна, используемого в питании человека / В.И. Деренжи // Хлебопродукты. - 2001. —№ 3. - С. 13-15.

27. Дериватограф системы «Паулик - Паулик - Эрдей»: теоретические основы / Венгерский оптический завод. - Будапешт, 1974.

28. Дробот В.И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности /В.И.Дробот. -Киев:Урожай, 1988. -152 с.

29. Дубцов Г.Г. Производство хлебобулочных изделий с глюконатом кальция для диетического питания: Обзорная информация, серия «Хлебопекарная и макаронная промышленность» / Г.Г. Дубцов, Т.Ф. Донская. - М.: ЦНИИТЭИ Минхлебоирдуктов СССР, 1988. - 16 с.

30. Дубцова Г.Д. Липид-белковое взаимодействие в технологии хлебопечения: Обзорная информация/ Г.Д. Дубцова, А.П. Нечаев, У.Т. Жуманова. - М.: АгроНИИТЭИПП, 1986. - 20 с.

31. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, И.П. Яром; под ред. А.И. Ермакова. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 470 с.

32. Жеребцов Н.А. Лабораторный практикум по биохимии / Н.А. Жеребцов, В.С. Григоров, О.С. Корнеева, Л.В. Спивакова. - Воронеж: Воронеж гос. технол. акад., 2000. - 138 с.
33. Жукова Э. Профилактические сухие смеси на основе молочного сырья для блинчиков быстрого приготовления / Э. Жукова, З. Подкопаева// Хлебопродукты. - 1997. - № 9. - С. 18 - 19.
34. Загибалов Л.Ф. Повышение биологической ценности булочных изделий / Л.Ф. Загибалов // Изв. вузов. Пищевая технология. - 1983. - №5. - С. 116-117.
35. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов / А.Ю. Закгейм. - М.: Химия, 1982. - 288 с.
36. Зацепина Н.В. Пути улучшения качества жидких дрожжей / Н.В. Зацепина// Хлебопекарная и кондитерская промышленность. - 1980. - № 2. -С. 39 -41.
37. Зверева А.Ф. Технология и технологический контроль хлебопекарного производства / А.Ф. Зверева, Б.И. Чертелов. - М.: Пищевая промышленность, 1974. - 430 с.
38. Зеленков В.Н. Химический и минеральный состав различных частей амаранта / В.Н. Зеленков, Н.П. Заксас// Матер. 3-ый Международной науч.-производ. конф. «Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений». - Пенза. - 2000. - С. 18-19.
39. Игорянова Н.А. Обогащение пшеничной муки высшего и первого сортов витаминно-минеральной смесью / Н.А. Игорянова и др. // Вопросы питания. - 1994. - № 5. - С. 5 - 8.
40. Каблихин С.И. Наилучшее от природы и концерна «Ирекс» /С.И. Каблихин // Пищевая промышленность. - 1998. — № 4. - С. 53.
41. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки: учебник для вузов / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1989. - 368 с.

42. Казаков Е.Д. Хлеб из целого зерна / Е.Д. Казаков // Хлебопродукты. - 1998. № 8. - С. 18- 20; № 9. - С. 20 - 22.

43. Камышева И.М. Текстурированные продукты питания на основе семян амаранта / И.М. Камышева, М.Л. Доморощенко// Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции «Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг)». - М.: - 2002. - С. 277-278.

44. Карпиленко Г.П. Особенности белок-протеиназного комплекса амаранта / Г.П. Карпиленко, К.В. Траоре // Научно-технич. достиж. и пред. опыт в отрасли хлебопродуктов. - М.: 1995. - 30 с.

45. Карпов В.Г. Гигроскопические свойства экструдатов из крахмалов и крахмалсодержащего сырья / В.Г. Карпов, В.Д. Коваленок // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2002. № 7. -С. 39 - 41.

46. Карпов В.Г. Исследование физико-химических и структурных свойств высоко концентрированных гелей крахмалов при нагревании / В.Г. Карпов, Л.А. Вилко, Е.Н. Камигратова, В.П. Юрьев // Хранение и переработка сельхозсырья. - 1998. №2.-С. 29-32.

47. Карпов В.Г. Некоторые представления о механизме образования экструзионных продуктов пористой макроструктуры, полученных термической обработкой пеллет / В.Г. Карпов, Л.А. Витюк, В.П. Юрьев // Хранение и переработка сельхозсырья. - 1998. - № 9. - С. 21 - 23.

48. Касьянов Г.И. Совершенствование технологии экструдатов /Г.И. Касьянов, В.А. Грицких, А.В. Бурцев// Хранение и переработка сельхозсырья. - 2000. - № 8. - С. 26 - 29.

49. Квасников Е.И. Дрожжи. Биология. Пути исследования / Е.И. Квасников, И.Ф. Щелокова, - Киев: Паук. Думка, 1991. - 328 с.

50. Квасников Е.И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / Е.И. Квасников, О.А. Пестеренко. -М.: Наука, 1967.-390 с.

51. Киреева Л. Идентификация композитных хлебопекарных смесей с помощью гранулометрического анализа / Л. Киреева, И. Матвеева, В. Черных // Хлебопродукты. - 1997. - № 7. - С. 12-14.

52. Киреева, Л.И, Качество изделий на основе композитных смесей /Л. Киреева, И.В. Матвеева// Хлебопродукты. - 1997. -№ 7. - С. 15.

53. Киреева Л.И. Разработка технологии приготовления и применения мучных композитных смесей: автореферат дис. ... канд. техн. наук /Л.И. Киреева. - М.: МГУПП, 1998. - 25 с.

54. Климова М.А. Разработка технологии получения и применения сухих смесей - полуфабрикатов для пончиковых изделий из хлебопекарной муки: автореферат дис. ... канд. техн. Наук / М.А. Климова. - М.: МГУПП, 1999.-16 с.

55. Княжев В.А Актуальные проблемы улучшения структуры питания и здоровья населения России: концепция государственной политики в области здорового питания населения России на период до 2005 года / В.А. Княжев, Г.Г. Онищепко, О.В. Большаков, Л.К. Батурин, В.А. Тутельян // Вопросы питания, - 1998. -№ 1. - С. 3 - 7.

56. Княжев В.А. Государственные научно-технические программы Миннауки России и решение проблем улучшения структуры питания населения и обеспечения безопасности пищевых продуктов / В.А. Княжев, А.Н. Богатырев, О.В. Большаков, Н.Д. Войткевич// Вопросы питания. - 1994. -№ 3. - С. 8 - 11.

57. Ковальская Л.П. Технология пищевых производств / Л.П. Ковальская. - М.: Агропромиздат, 1988. - 286 с.

58. Ковбаса В.М Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів / В.М. Ковбаса, А.М. Дорохович, Б. Хиврич. - К.: УкрІНТЕІ, 1995.-64 с.

59. Ковров Г.В. Создание новых продуктов повышенной пищевой и биологической ценности / Г.В. Ковров // Пищевая промышленность. - 1998. - № 12.-С. 43.

60. Коданев И.М. Ячмень / И.М. Коданев. - М.:«Колос», 1964. - 55 с.
61. Козлова Т.С. Возможность использования биологически активного сырья в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Т.С. Козлова // Тез. докл. 4 Междунар. симп. «Экол. человека: пищ. технол. и продукты». - М.: Видное. - 1995. - Ч. 1. - С. 157 - 159.
62. Козьмина, Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина. - М: Колос, 1976. - 375 с.
63. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения / Н.П. Козьмина. - М.: Пищевая промышленность, 1978.-277 с.
64. Коновалов С.А. Биохимия дрожжей / С.А. Коновалов. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Пищ. пром-ть, 1980. - 271 с.
65. Кононков П.Ф. Амарант - перспективная культура XXI века / П.Ф. Кононков, В.К. Гипс, М.С. Гинс.-М.: Изд-во РУДН, 1997. - 160 с.
66. Концепция государственной политики в области здорового питания населения России на период до 2005 г.// Пищевая промышленность. - 1998. - № 3.-С2-4.
67. Коровин Н.Н. Зерно хлебных, бобовых и масличных культур /Н.Н. Коровин. - М.: Пищевая промышленность, 1964. - 462 с.
68. Корчагин В.И. Перспективные обогатители растительного происхождения в производстве хлебобулочных изделий / В.И. Корчагин, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова, Л.И. Столярова, В.И, Карпенко; Воронеж, гос. тех- нол. акад. - Воронеж, 2001. - 161 с.
69. Кочеткова А.А. Современная теория позитивного питания и функциональные продукты / А.А. Кочеткова, А.Ю. Колеснов, В.И. Гужилкин, И.П. Нестерова, О.В. Большаков / Пищевая промышленность. - 1999. -№ 4. - С. 7 - 10.
70. Краус С.В. Ферментативная атакуемость экструдированной крупы / С.В. Краус, Е.М. Мельников, В.Т. Личинско, Е.В. Багич // Пищевая промышленность. - 1988. - № 10. - С. 56.

71. Кремер Ю.Н. Биохимия белкового питания. Анаболические эффекты пищевого белка и определяющие их факторы / Ю.Н.Кремер. - Рига: 1965.-468с.

72. Кретович В.Л. Биохимия зерна и хлеба / В.Л. Кретович. - М: Наука, 1991.-130 с.

73. Кретович В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович. - М.: Высшая школа, 1986. - 502 с

74. Кузнецова Л.И. О возможности использования низинообразующих штаммов стафилококков для подавления «картофельной болезни» хлеба / Л.И. Кузнецова, Е.Н. Павловская, О.В. Афанасьева, Л.В. Красникова, Д.В. Машкин // Хлебопечение России. - 2004. - № 2. - С.31 - 33.

75. Кулаева О.Н. Хлоропласт и его полуавтономность в клетке / О.Н. Кулаева // Соросовский образовательный Журнал. - 1997. - Ху 7. - С. 2 - 9.

76. Лазанья Я.Л. Оценка продукции биомассы семян щиряцы в засушливых районах большой Венгерской низменности / Я. Лазанья, И. Каноги, Ш. Бене// Международный сельскохозяйственный журнал. - 1988. - С. 60 -64.

77. Леонтьева Н.А. Применение муки амаранта в мучных изделиях /Н.А. Леонтьева // Тез. докл. I Между нар. симпозиума «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». - Пущино. -1995.-С 135-137.

78. Леонтьева Н.А. Технологические аспекты переработки нетрадиционных видов сырья для лечебно-профилактических целей / Н.А. Леонтьева, Г.В. Алексеев, Н.П. Котова// Материалы III Международного Симпозиума «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования», -Пущино.- 1999.-Т. 1.-С. 89.

79. Липатов Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н.Н. Липатов, Н.А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. - 1987. - № 2. - С. 9 - 15.

80. Липатов Н.П. Методы количественной оценки и моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов мясной промышленности / Н.Н. Липатов // Матер. XXXI Ввроп. конгр. научных работников мясной промышленности. - София. - 1985. - С. 158.

81. Липатов Н.Н. моделирование и оптимизация аминокислотного состава многокомпонентных мясных систем / Н.Н. Липатов, И.А. Рогов, А.В. Ефимов, МЛ. Мамиконян, Н.А. Михайлов, Е.И. Титов // Матер. XXX Европ, конгр. научных работников мясной промышленности. - Бристоль. - 1984. - С. 300.

82. Липатов Н.Н. Некоторые аспекты моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов / Н.Н. Липатов// Пищ. и перераб. пром-сть. - 1986. - -У» 4. - С. 48.

83. Лукин Н.Д. Оценка содержания энзим-резистентных крахмалов в экструдатах, полученных с помощью высокотемпературной экструзии / Н.Д. Лукин, В.Г. Карпов, А.И. Жушман, А.П. Даниленко, В.П. Юрьев // Хранение и переработка сельхозсырья. - 1999. №5. - С. 45 - 48.

84. Магомедов Г.О. Порошкообразные полуфабрикаты в пищевой промышленности / Г.О. Магомедов, Г.П. Мальцев, М.М. Садулаев, Н.М. Сиволобова, АЛ. Семенов, М.Г, Магомедов // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. - 2003. - № 2.-С173 - .75.

85. Магомедов Г.О. Техника и технология получения пищевых продуктов термопластической Экструзией / Г.О. Магомедов, А.Ф. Брехов; Воронеж. гос. технол. акад.— Воронеж; 2003. - 168 с.

86. Магомедов И.М. Фотосинтез и органические кислоты / Н.М. Магомедов. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. - 203 с.

87. Мазур П.Я. Физико-химические основы хлебопечения: учеб. пособие для вузов / П.Я. Мазур, Л.П. Пашенко; Воронеж, технол. ин-т Воронеж, 1995-28 с.

88. Макашева Р.Х. Горох / Р.Х. Макашева. - Л.: Колос, 1973. - 312 с.

89. Макеев А.М. Амарантовое масло - уникальное природное лекарственное средство / А.М. Макеев, И.М. Корейская, А.Ф. Сидоренко, А.А. Кунин, В.А. Платонова // Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции «Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг)». - М.: - 2002. - С. 255 - 265.

90. Матвеев Ю.И. Определение температуры перехода в вязкотекучее состояние полимеров / Ю.И. Матвеев, А.А. Аскадский //Высокомолекул. соед.- 1993.-Т. 35А.-С. 63- 68.

91. Матвеева И.В. Биотехнологические основы приготовления хлеба: учеб. пособие для вузов / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская; М.: ДеЛи принт, 2001.- 152 с. -

92. Матвеева И.В. Влияние муки амаранта на свойства и качество хлеба / И. Матвеева, Т. Юдина, Д. Парада, Л. Пучкова // Хлебопродукты. - 1993. 11.-С. 24-27.

93. Матвеева И.В. Применение муки из семян амаранта при производстве хлеба: Обзорная информация / И.В. Матвеева, Л.В. Пучкова, У.Н. Луценко. - М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, 1994. - 32 с.

94. Мельников В. Комбинированные зерновые хлопья / В. Мельников, О. Ильницкая // Хлебопродукты. - 2002. - № 10. – С. 18.

95. Миронова Н.Г. Влияние особенностей экструдеров различных типов на степень изменения углеводного комплекса и структуры экструдатов / Н.Г. Миронова, В.Н. Ковбаса, Е.В. Кобылинская // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2000. - № 9. - С. 66 - 69.

96. Миронова Н.Г. Исследование влияния добавок-обогащителей на процесс экструзии при производстве сухих завтраков повышенной пищевой ценности / Н.Г. Миронова, В.Н. Ковбаса, Е.В. Кобылинская //Хранение и переработка сельхозсырья. - 2000. - № 8. - С. 67 - 69.

97. Нативная пшеничная клейковина: получение и применение // Хлебопродукты. - 2000. -№11.-0.41 -43.

98. Нечаев А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, Л. Л. Кочеткова и др.; под ред. А. П. Нечаева. - 2-е изд., перераб. и испр. - СПб.: ГИОРД, 2003.-640 с.

99. Овчаров К.Е. Витамины растений / К.Е. Овчаров. - М: Колос, 1969.-328 с.