

*На правах рукописи*



**Лупанова Оксана Александровна**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ  
СВОЙСТВ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С  
КРАСИТЕЛЯМИ ИЗ АМАРАНТА**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Орел 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ  
**Дерканосова Наталья Митрофановна**

**Официальные оппоненты:** Доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств,

**Магомедов Газибек Омарович**

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г.Разумовского (ПКУ)», и.о. заведующего кафедрой технологии переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств

**Никитин Игорь Алексеевич**

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»

**Ведущая организация:**

Защита состоится «28» марта 2016 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.182.08 при ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» . по адресу: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29, ауд.212

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» (<http://gu-unpk.ru/>).

Отзывы высылать по адресу: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, д.29

Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» <http://gu-unpk.ru/> и в сети интернет на сайте Министерства образования и науки РФ: <http://vak.ed.gov.ru/ru> 27 января 2016 года.

Автореферат разослан «05» февраля 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



А.П.Симоненкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одной из основных задач обеспечения продовольственной безопасности страны независимо от изменения внешних и внутренних условий, определенных Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, является устойчивое развитие отечественного производства и сырья для безопасных пищевых продуктов.

К числу наиболее обсуждаемых проблем в области обеспечения безопасности продуктов питания и защищенности от импорта сырьевых ингредиентов относится применение в пищевых технологиях пищевых добавок, в том числе красителей. Отмечая существенную роль красителей в формировании потребительских предпочтений, необходимо отметить, что их существенная доля представлена ингредиентами синтетического происхождения. Известно, что синтетические красители могут оказывать негативное воздействие на организм человека. Присутствующие на рынке красители натурального происхождения, как правило, получают из сырьевых источников продовольственного назначения, например моркови, столовой свеклы и др., использование которых более целесообразно по назначению.

В связи с чем, в последние годы все большее внимание уделяется поиску альтернативных, натуральных по происхождению сырьевых источников, перспективных как по содержанию пигментов, так и по пищевой и биологической ценности и, соответственно, обеспечению потребительских свойств кондитерских изделий посредством применения натуральных пищевых красителей. Что обуславливает актуальность настоящей работы.

**Степень разработанности проблемы.** Кондитерская отрасль – одна из наиболее крупных потребителей пищевых красителей. Это обстоятельство объясняется тем, что среди всего многообразия продуктов питания именно кондитерские изделия выделяются богатым разнообразием цветов и оттенков. К поиску новых цветовых решений специалистов подталкивают требования современного рынка кондитерской продукции, одной из тенденций которого является «натурализация» продуктов питания.

Существенный вклад в теоретическую разработку и практическую реализацию различных аспектов этого направления внесли отечественные учёные С.В. Траубенберг, В.К.Гинс, М.С.Гинс, В.М.Болотов, А.В.Зубченко, Г.О.Магомедов, С.Я.Корячкина, Е.В.Алексеенко и др. Однако рынок по-прежнему насыщен интенсивно окрашенными кондитерскими изделиями с синтетическими красителями.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследований является решение комплекса научно-практических задач, направленных на разработку ресурсо-сберегающего способа получения натуральных пищевых красителей из отечественного сырьевого источника и повышения потребительских свойств многоцветных кондитерских масс.

В рамках поставленной цели решались следующие **задачи**:

- исследование регионального потребительского рынка кондитерских изделий;

- изучение лояльности потребителей к потребительским свойствам сахаристых кондитерских изделий;
- исследование факторов, влияющих на процесс экстрагирования пигментов из листовой массы амаранта сорта Валентина;
- обоснование параметров способа получения натуральных пищевых красителей из листовой массы амаранта сорта Валентина;
- исследование процесса хранения пищевых красителей из листовой массы амаранта;
- оптимизация рецептур многоцветных кондитерских изделий – зефира и карамели с использованием натуральных красителей из амаранта;
- изучение сохраняемости свойств пастильных изделий и карамели с красителем из амаранта;
- обоснование повышения потребительских свойств кондитерских изделий, в том числе в части состава и микробиологических характеристик;
- оценка уровня потребительских свойств пастильных изделий с натуральными пищевыми красителями с использованием методов классификации;
- апробация разработанных способов и рецептурных составов в опытно-промышленных условиях; разработка проектов технической документации на новые виды изделий.

**Научная новизна.** Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 2,3,6,9 паспорта специальности 05.18.01.

Установлена тенденция роста натуральных по происхождению пищевых красителей в составе кондитерских изделий по сравнению с синтетическими. Подтверждена лояльность потребителей к натуральным по происхождению пищевым красителям в составе кондитерских изделий.

Теоретически обоснован и экспериментально продемонстрирован способ получения пищевых красителей из листовой массы амаранта сорта Валентина. Установлены значения факторов, повышающих эффективность процесса экстрагирования пигментов из листовой массы амаранта. Показана возможность последовательного извлечения пигментов посредством применения различных экстрагентов.

Определена pH-устойчивость красителей. Доказано, что бетацианины устойчивы в более широком интервале активной кислотности по сравнению с хлорофиллом.

Установлены закономерности изменения цветности красителей в процессе хранения. Доказано, что хлорофилл более устойчив к воздействию света по сравнению с бетацианином.

Определено влияние пищевых красителей из листовой массы амаранта на потребительские свойства пастильных и карамельных изделий. Доказано повышение витаминной ценности и антиоксидантной активности кондитерских изделий с красителями из листовой массы амаранта.

Установлена микробиологическая безопасность красителей из листовой массы амаранта сорта Валентина и кондитерских изделий с их применением.

Установлены закономерности изменение цветности кондитерских изделий с пищевыми красителями из листовой массы амаранта в процессе хранения.

Показана перспективность разработанных способов и рецептурных составов посредством применения методов кластеризации.

Новизна подтверждена зарегистрированными заявками на выдачу патентов РФ на изобретение № 2014138300 «Способ производства зефирной массы» от 22.09.2014 г., № 2014143221 «Способ производства многоцветной карамельной массы окрашенной в вишнево-красный и зеленый цвет» от 27.10.2014 г.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты исследований позволили:

- установить тенденции регионального потребительского рынка в части реализации кондитерских изделий с пищевыми красителями и отношения потребителей к их применению в составе кондитерских изделий;
- разработать способ получения пищевых красителей в вишнево-красной и зеленой цветовой гамме последовательной экстракцией пигментов из листовой массы амаранта сорта Валентина;
- установить параметры хранения красителей из листовой массы амаранта;
- разработать рецептурные составы многоцветных пастильных и карамельных изделий с красителями из листовой массы амаранта;
- установить параметры сохранности потребительских свойств кондитерских изделий с красителями из листовой массы амаранта;
- установить ближайшие аналоги разработанных образцов с целью прогнозирования реакции потребителей на новые рецептуры зефира и разработки маркетинговых мероприятий (решений) для продвижения зефира с амарантом.

На кондитерские изделия с пищевыми красителями разработана и утверждена техническая документация: РЦ 00492894-017-2015 Карамель «Малиновая радость», РЦ 00492894-016-2015 Карамель «Яблоко здоровья», РЦ 492894-009-2014 Зефир «Ванильный новый».

Результаты исследований апробированы в условиях учебно-производственного комплекса Воронежского ГАУ.

**Методология и методы исследования.** Методология диссертационного исследования базируется на системном подходе к решению комплекса теоретических, экспериментальных и практико-ориентированных задач в области технологий пищевых продуктов на основе потенциала отечественной сырьевой базы. При выполнении работы использовались общепринятые, стандартные и специальные методы исследований, сбора и обработки информации: органолептические, физико-химические, реологические, математические, графические, статистические и другие инструментальные и социологические методы.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

Результаты маркетинговых исследований регионального потребительского рынка окрашенных сахаристых кондитерских изделий.

Теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение способа получения натуральных пищевых красителей последовательной двухступенчатой экстракцией пигментов из листовой массы амаранта сорта Валентина.

Результаты оптимизации рецептурных составов многоцветных пастильных и карамельных изделий с красителями из листовой массы амаранта сорта Валентина.

Параметры хранения красителей из листовой массы сорта Валентина и кондитерских изделий с их использованием.

Экспериментальные доказательства повышения потребительских свойств пастильных и карамельных изделий с красителями из листовой массы амаранта сорта Валентина.

Результаты кластеризации зефира с красителями из амаранта с целью прогнозирования реакции потребителей на новые рецептуры зефира и разработки маркетинговых мероприятий (решений) для продвижения зефира.

**Степень достоверности результатов** подтверждается репрезентативностью выборки исследовательского материала, проведением экспериментальных исследований в многократной повторности с использованием стандартных и специальных методов, в том числе с применением статистического и математического анализа, апробированием полученных результатов в опытно-промышленных условиях. Выводы и заключения теоретически обоснованы и не противоречат классическим механизмам, принятым в теории массообменных процессов и технологии кондитерских изделий. Основные результаты исследований отражены в рецензируемых научных изданиях.

**Апробация результатов.** Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на научных и научно-практических конференциях различного уровня: Международного - «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании» (Москва, 2013), «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» (Краснодар, 2013), «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (Воронеж, 2013), «Теоретические и прикладные аспекты химической науки, товарной экспертизы и образования» (Чебоксары, 2013), «Инновационные технологии длительного хранения товаров в условиях вступления России в ВТО» (Москва, 2013), «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Москва, 2013), «Потребительский рынок: качество и безопасность продовольственных товаров» (Орел, 2013), «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2013), «Современный взгляд на производство продуктов здорового питания» (Омск, 2014), «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2014), «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 2014), «Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров» (Москва, 2014), «Инновационные технологии и технические средства для АПК», (Воронеж, 2014), «Хранителна наука, тех-

ника и технологии 2014» (Пловдив, 2014), «Энерго- и ресурсоэффективные технологии производства и хранение сельскохозяйственной продукции» (Харьков, 2014), Международной заочной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов на иностранных языках (Воронеж, 2015), «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем» (Орел, 2015), «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (Воронеж, 2015), а также национального и регионального уровня.

Опытные образцы красителей и сахаристых кондитерских изделий демонстрировались и отмечены дипломами и медалями на всероссийской выставке «Инновационные ресурсосберегающие технологии пищевой и перерабатывающей промышленности», Орел, 2014, «ВОРОНЕЖАГРО», Воронеж, 2014, «АГРОСЕЗОН», Воронеж, 2015.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 27 работ, в том числе 4 в периодических изданиях, рекомендуемых ВАК, главе в коллективной монографии.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературных источников, экспериментальной части, выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 150 страницах основного текста, содержит 12 приложений, иллюстрирована 51 рисунком и 38 таблицами. Список литературы включает 130 наименование, в том числе 25 иностранных источников.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, отражена научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

**В первой главе** проведен анализ отечественных и зарубежных источников научно-технической литературы по теме исследования. Рассмотрены тенденции рынка кондитерских изделий и пищевых красителей, как факторов формирования потребительских свойств кондитерских изделий. Приведена классификация пищевых красителей и требований к ним с позиций обеспечения потребительских свойств и безопасности продуктов питания. Сделан обзор способов получения и направлений применения пищевых красителей в кондитерской технологии. Оценен потенциал амаранта, как перспективного сырьевого источника пищевых продуктов. В заключении обзора литературы обозначены реперные точки в области получения и применения натуральных по происхождению пищевых красителей.

**Во второй главе** представлена структура и описание организации проведения эксперимента, приведены объекты и методы исследований. Экспериментальные исследования проводились в условиях кафедры товароведения и экспертизы товаров, лаборатории биологических методов анализа ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, лаборатории физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), испытательных лабораторий ГНУ Ветеринарный институт

патологии, фармакологии и терапии, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Объектами на различных этапах исследования являлись: результаты социологического опроса жителей г. Воронежа относительно потребительских предпочтений кондитерских изделий; результаты выборочных маркетинговых исследований регионального потребительского рынка кондитерских товаров; высушенные листья амаранта сорта Валентина; красители из амаранта; пробы зефира и карамели с красителями из амаранта; результаты оценки уровня потребительских свойств пастильных изделий с натуральными пищевыми красителями.

В работе в качестве сырьевого источника красителя применяли листья амаранта сорта Валентина, предоставленные сотрудниками ВНИИССОК д.с.-х.н. П.Ф. Кононковым, д.б.н. В.К. Гинс, д.б.н. М.С. Гинс, урожая 2012-2014 гг.

Схема проведения эксперимента приведена на рис 1.

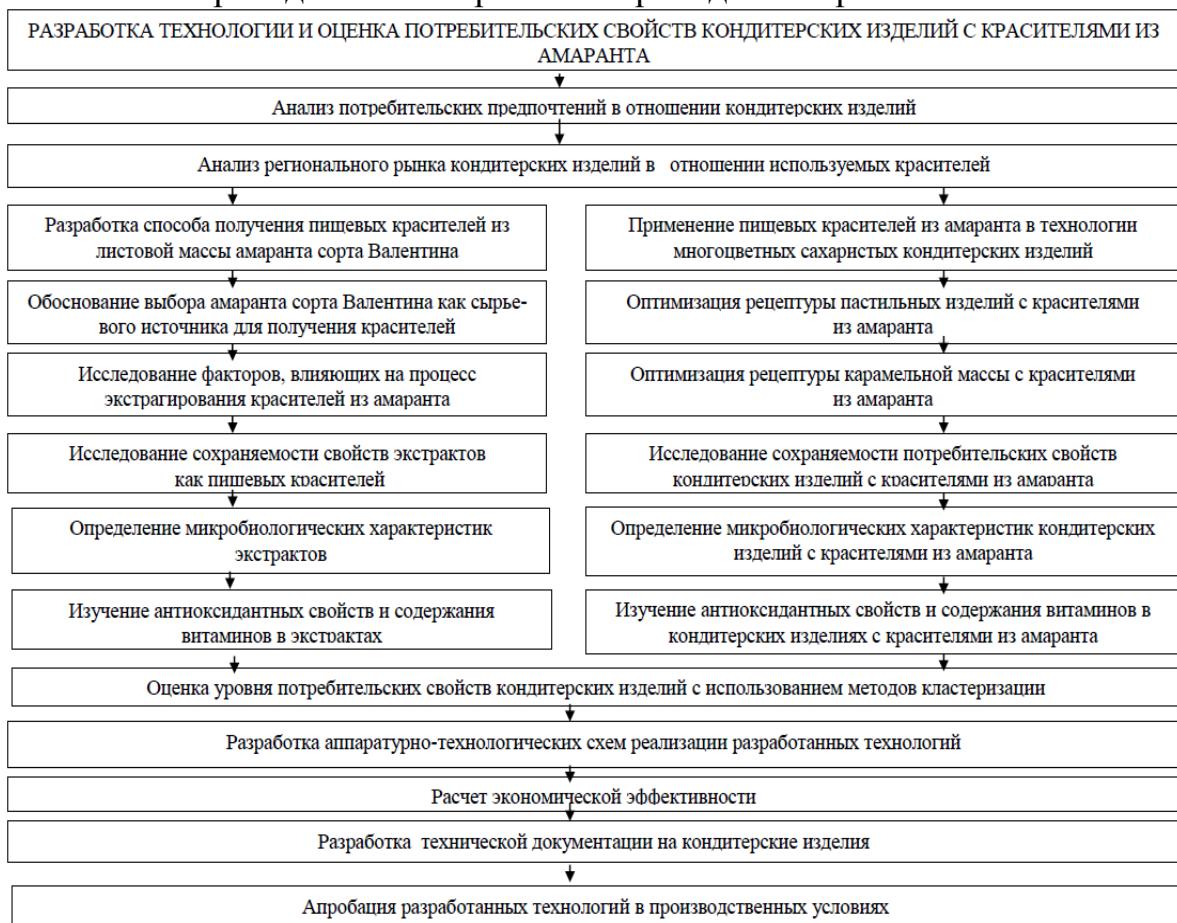


Рисунок 1 - Схема проведения эксперимента

В работе использованы стандартизованные и специальные методы испытаний сырья, полуфабрикатов и готовых изделий по показателям качества и безопасности. При проведении эксперимента применены методы математического планирования и обработки результатов исследований, использованы пакеты прикладных программ.

### 3.1 Изучение происхождения пищевых красителей в составе кондитерских изделий на региональном потребительском рынке

Для выявления предпочтений потребителей в группе кондитерских изделий и выбора цветовой гаммы пищевых красителей проведен социологический опрос жителей г. Воронежа с применение выборочного метода анкетирования. В результате проведенных маркетинговых исследований установлено:

-прослеживается общая тенденция к «оздоровлению» кондитерских изделий. Так, доля натуральных красителей в составе карамели, представленной на региональном рынке, составляет 61,5 %;

- наиболее часто в составе сахаристых кондитерских изделий встречаются такие натуральные пищевые красители, как куркумин, антоцианы, картофельные, маслосмолы паприки, кармины, а также синтетические красители индигокармин и азорубин. В целом чаще других используются красители в красной и желто-оранжевой цветовой гамме (рис. 2).

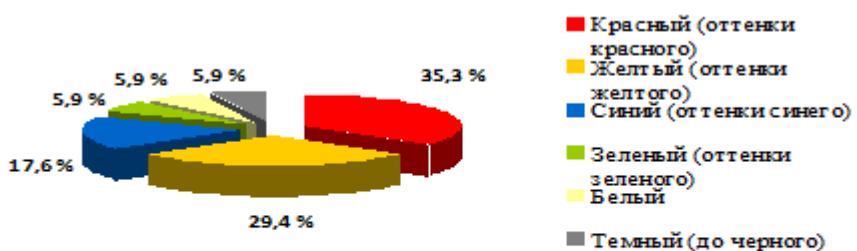


Рисунок 2 – Распределение кондитерских изделий по цвету

### 3.2 Изучение потребительских предпочтений в отношении кондитерских изделий

Изучение потребительских предпочтений в отношении кондитерских изделий позволило установить:

- к числу наиболее значимых факторов при покупке кондитерских изделий отнесены органолептические характеристики и состав;
  - коэффициент удовлетворенности качеством кондитерских изделий на региональном потребительском рынке составляет 56,3 %;
  - большинство опрошенных респондентов отдает предпочтение кондитерским изделиям, в составе которых содержатся натуральные красители (рис 3).

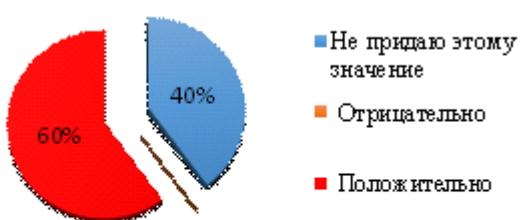


Рисунок 3 - Отношение респондентов к содержанию натуральных красителей в составе кондитерских изделий, % от числа опрошенных

Таким образом, выборочные маркетинговые исследования рынка кондитерских изделий и потребительских предпочтений показали целесообразность исследований в области разработки способов получения и применения натуральных пищевых красителей для кондитерских изделий.

### 3.3 Разработка способа получения водного и водно-спиртового экстракта из листовой массы амаранта

Для обоснования способа получения пищевого красителя экспериментально установлены закономерности экстрагирования бетационина из листовой массы амаранта сорта Валентина в зависимости от температуры, гранулометрического состава, гидромодуля, продолжительности процесса и природы экстрагента. Листья амаранта, выращенные в ВНИИССОК и собранные в период от трех недель до цветения до недели после цветения, были высушены до остаточной влажности 10 %.

По результатам предварительной серии экспериментов принято соотношение листовой массы и экстрагента, в масс. долях 1:10. Установлено, что уменьшение гранулометрии листовой массы амаранта приводит к увеличению оптической плотности экстракта и, следовательно, повышению эффективности процесса (рис. 4).

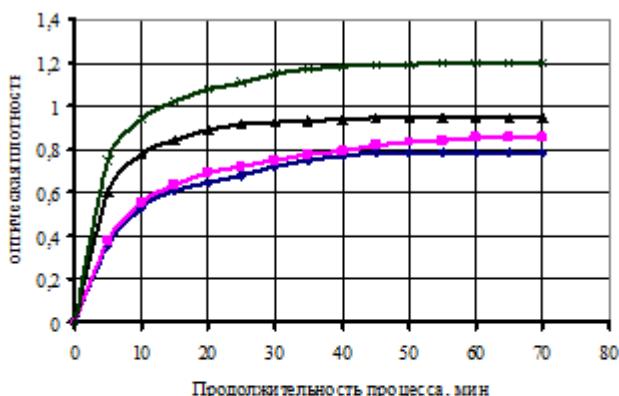


Рисунок 4 - Изменение оптической плотности водного экстракта в зависимости от гранулометрии листовой массы: 1- проход через сито с размером ячеек 7 мм, сход – 3 мм, 2- соответственно 3 и 1 мм, 3 – 1 и 0,3 мм, 4 – проход через сито с размером ячеек 0,3 мм

оптической плотности экстракта и, следовательно, повышению эффективности процесса (рис. 4).

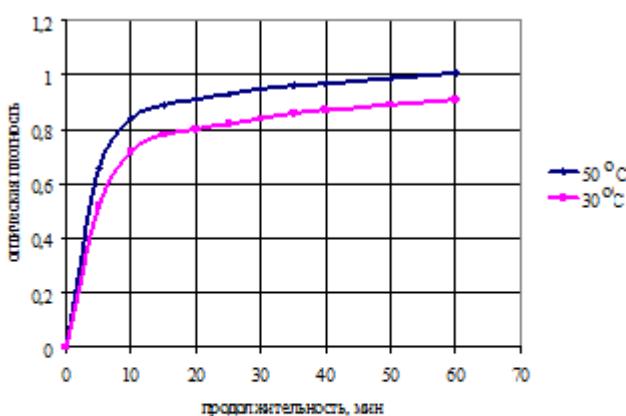


Рисунок 5 - Влияние температуры на оптическую плотность водно-спиртового экстракта листьев амаранта с гранулометрией менее 0,3 мм: 1 - температура 50 °C, 2 - 30 °C

30 °C. Водные экстракты характеризуются стабильностью окраски в широком диапазоне pH – от 2 до 12.

Аналогичные закономерности установлены для водно-спиртовой экстракции (рис. 5). При этом температура оказывает более существенное влияние на экстрагирование бетацианина.

Наиболее эффективным является предварительное измельчение листовой массы амаранта до частиц с размером менее 0,3 мм, что обусловлено увеличением площади поверхности взаимодействия фаз. Установлено, что с увеличением температуры процесса в интервале от 30 до 50 °C оптическая плотность экстрактов увеличивается незначительно. С точки зрения сохранения биологически активных веществ процесс целесообразно проводить при более низкой температуре –

Водный и водно-спиртовой экстракты амаранта имеют насыщенный вишнево-красный цвет, устойчивый в широком диапазоне pH (от 2 до 12).

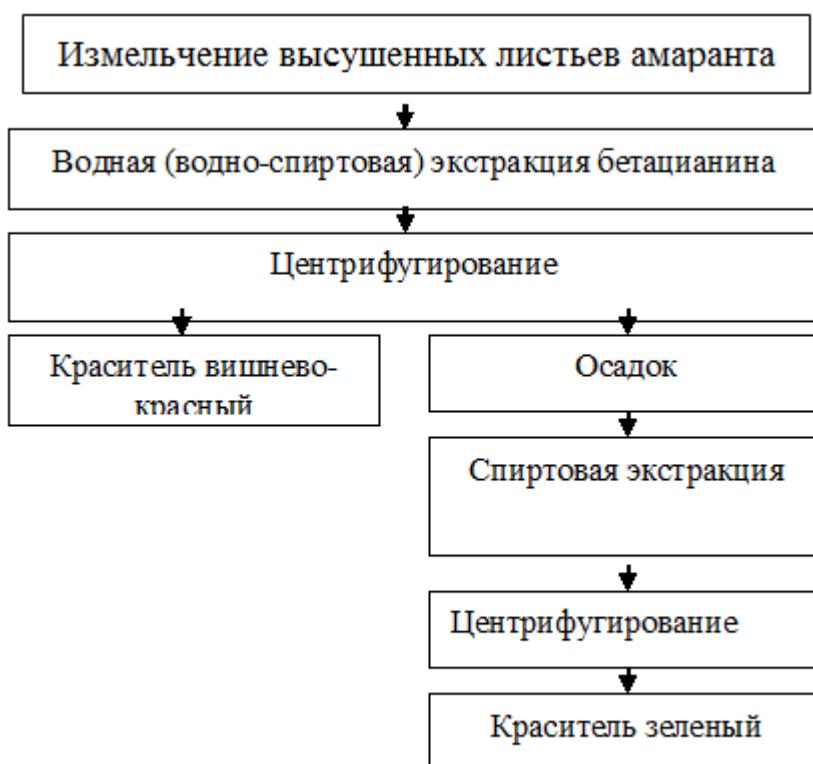
### 3.4 Исследование сохраняемости водно-спиртового экстракта амаранта

В процессе хранения установлено снижение интенсивности окраски водно-спиртового экстракта амаранта. Свет оказывает большее влияние на потерю интенсивности цвета по сравнению с температурой хранения. Что, вероятно, связано с окислением бетацианина амаранта вследствие разрушения его двойных связей. Сохранность свойств водно-спиртового экстракта листовой массы амаранта может быть гарантирована применением темной тары при температуре  $4\pm2$  °C в течение не более 3 недель.

### 3.5 Разработка способа получения спиртового экстракта из листовой массы амаранта

Помимо бетацианинов в листовой массе амаранта содержится хлорофилл. Экстрагирование хлорофилла возможно малополярными растворителями. В работе с этой целью выбран спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья. Установлены закономерности процесса в зависимости от температуры, гранулометрического состава, гидромодуля, продолжительности экстрагирования. Подтверждены ранее полученные закономерности влияния гранулометрического состава на эффективность процесса экстрагирования. Установлены: рациональное значение гидромодуля – 1:8 (в масс. долях), температуры – 50 °C, продолжительности процесса – 60 мин. Спиртовый экстракт представляет жидкость насыщенного зеленого цвета, устойчивый в зоне pH 4,0-12,0

Реализация последовательной избирательной экстракции пигментов листовой массы амаранта позволила разработать способ получения экстрактов в вишнево-красной и зеленой цветовой гамме (рис.6).



Способ включает следующие стадии: измельчение высушенных до влажности 10-12 % листьев амаранта сорта Валентина до размера частиц не более 0,3 мм; водная (водно-спиртовая) экстракция бетацианина: экстрагент – вода, 50 %-ный водно-спиртовой раствор, гидромодуль 1:10, температура процесса соответственно 30, 50°C, продолжительность – 40-50 мин;

Рисунок 6 – Схема получения экстрактов

центрифugирование и выделение красного пищевого красителя (надосадочная жидкость); спиртовая экстракция хлорофилла из осадка: экстрагент - спирт этиловый ректифицированный, гидромодуль 1:8, температура 50 °C, продолжительность 60 мин; центрифugирование и выделение зеленого пищевого красителя (надосадочная жидкость).

### 3.6 Исследование сохраняемости спиртового экстракта амаранта

Спиртовый экстракт хранили в светлой и темной таре при температуре 4 ± 2 °C в течение 2 недель.

Проведенные исследования показали стабильность свойств спиртового экстракта листовой массы амаранта в течение 2 недель при температуре 4 ± 2 °C при хранении в темной таре.

### 3.7 Исследование антиоксидантной активности и содержания витаминов экстрактах

Учитывая состав водо- спирторастворимых соединений листьев амаранта было сделано предположение об антиоксидантной активности экстрактов. В исследованиях определяли суммарную антиоксидантную активность (табл. 1)

Таблица 1 – Содержание антиоксидантов в экстрактах амаранта

Проба экстракта	X, мг. экв. галловой к-ты / г сырого образца	ΔX, мг. экв. галловой к-ты / г сырого образца
Водно-спиртового	0,44	0,02
Спиртового	0,26	0,02

Как показали результаты исследований, водно-спиртовый экстракт из листовой массы амаранта обладает большей антиоксидантной активностью по сравнению со спиртовым, что, вероятно, связано с природой бетацианинов, относящихся к флавоноидам, известных своими антиоксидантными свойствами. Анализируя общий уровень антиоксидантной активности необходимо отметить, что водно-спиртовый экстракт амаранта имеет антиоксидантную активность на уровне яблок, свежевыжатых соков лимона и киви, экстрактов плодов боярышника.

Результаты определения содержания витаминов также подтвердили большую физиологическую ценность водно-спиртового экстракта (табл. 2)

Таблица 2 – Содержание витаминов в экстрактах, мг/кг

Проба экстракта	Содержание витаминов	
	B <sub>2</sub>	C
Водно-спиртового	0,83	2433,4
Спиртового	0,55	250,1

Полученные результаты позволили подтвердить целесообразность применения экстрактов из листовой массы амаранта сорта Валентина для повышения потребительских характеристик продукции, как с позиций органолептических, так и функциональных свойств.

### 3.8 Исследование микробиологических характеристик экстрактов из листовой массы амаранта

Планируемое направление применения экстракта для улучшения потребительских свойств кондитерских изделий обуславливает необходимость проведения исследований в области показателей безопасности. Учитывая

возможность появления рисков на различных этапах технологии, в качестве показателей безопасности были выбраны микробиологические характеристики (табл.3).

Таблица 3 - Микробиологическая оценка экстрактов по КМАФАнМ

Проба экстракта	Результаты испытаний, КОЕ/г
Водного	$1,7 \times 10^3$
Водно-спиртового	$<5,0 \times 10$

Описание колоний микроорганизмов водного экстракта представлено в табл. 4.

Таблица 4 – Культуральные признаки обнаруженных микроорганизмов

Количество колоний	Культуральные признаки				Морфологические признаки
	форма	край	цвет	блеск	
10	Круглая	Ровный	Светло-бежевый	Присутствует	Бактерии – палочки, не-подвижные, неспорообразующие, расположены в цепочках по 2–4 клетки
7	Круглая	Ровный	Белый	Отсутствует	Бактерии – кокки, расположение различное

Установлено, что микрофлора экстрактов из листовой массы амаранта представлена неспорообразующими палочковидными бактериями и микрококками. Анализ требований ТР ТС 029/2012 показал микробиологическую безопасность спиртового и водно-спиртового экстракта из амаранта. По отношению к водному экстракту окончательные выводы сделаны по результатам дополнительных микробиологических исследований готовой продукции на соответствие ТР ТС 021/2011.

### 3.9 Оптимизация рецептуры зефира с красителем из амаранта

Для исследования влияния факторов на качество зефира с натуральным пищевым красителем из амаранта был применен полный факторный эксперимент  $2^2$ . В качестве основных факторов были выбраны:  $x_1$  – дозировка водно-спиртового экстракта из амаранта, как пищевого красителя в вишнево-красной цветовой гамме, г/100 г зефира;  $x_2$  – дозировка агара, г/100 г зефира. Критериями оценки выбраны:  $Y_1$  – комплексная оценка качества (КОК), балл;  $Y_2$  – плотность, г/см<sup>3</sup>;  $Y_3$  – цветность, усл.ед. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие данный процесс под влиянием факторов:

$$Y_1 = 95,021 + 3,767X_1 + 4,707X_2 - X_1X_2 - 3,174X_1^2 - 5,798X_2^2, \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,570 + 0,010X_1 - 0,048X_2 + 0,007X_1^2 + 0,072X_2^2, \quad (2)$$

$$Y_3 = 0,560 + 0,060X_1 - 0,010X_2 + 0,030X_1^2 + 0,010X_2^2, \quad (3)$$

Определение оптимальных значений факторов проводили методом «ридж-анализа». В оптимальной рецептуре использованы значения параметров, полученные для комплексной оценки качества: дозировка водно-спиртового экстракта 2,9 г/100 г зефира, агара – 1,8 г/100 г зефира.

По аналогии были получены образцы зефира с использованием в качестве красителя спиртового экстракта листовой массы амаранта в зеленой цветовой гамме. За рациональную принята дозировка спиртового экстракта амаранта – 2,0 г на 100 г готовой продукции.

Образцы зефира имеют розовый или светло-зеленый цвет, куполообразную форму, равномерную, мелкопористую структуру, не липкую поверхность, мягкую консистенцию, приятный слегка кисловатый сладкий вкус. По физико-химическим показателям соответствует требованиям ГОСТ 5441-2014. Рецептура зефира «Ванильный новый» апробирована в опытно-промышленных условиях и утверждена в установленном порядке.

### **3.10 Исследование показателей качества пастильных изделий с красителем на основе водно-спиртового экстракта в процессе хранения**

В качестве контроля был принят зефир бело-розовый, в рецептурный состав которого входит синтетический краситель кармуазин. Результаты исследований показали, что кондитерские изделия с синтетическими красителями более устойчивы при хранении по цвету. Хранение зефира с натуральным красителем из амаранта в течение 30 суток приводит к снижению цветности на 50 % вследствие разрушения двойные связи бетацианинов (рис.7). Что обуславливает необходимость хранения зефира в светонепроницаемых или затемненных упаковочных материалах.

### **3.11 Динамика показателей качества пастильных изделий с красителем на основе спиртового экстракта амаранта в процессе хранения**

Применение спиртового экстракта из амаранта в качестве красителя не меняет закономерностей и динамики влажности и плотности зефира в процессе хранения. При этом зефир имеет достаточно устойчивую зеленоватую окраску. Что, по-видимому, связано со способностью хлорофилла образовывать комплексы с белками. В целом проведенные исследования показали сохраняемость свойств зефира со спиртовым экстрактом листовой массы амаранта в пределах норм, регламентированных ГОСТ 6441-2014 в течение 4 недель.

### **3.12 Оптимизация рецептуры карамели с красителями из амаранта**

В работе исследовали возможность применения натуральных пищевых красителей из амаранта, полученных водно-спиртовой и спиртовой экстракцией, для производства многоцветной карамели.

В качестве основных факторов выбраны:  $x_1$  – дозировка красителя из амаранта, г/100 г карамели;  $x_2$  – дозировка лимонной кислоты, г/100 г карамели. Критериями оценки влияния различных дозировок рецептурных компонентов на качество карамели были выбраны:  $Y_1$  – комплексная оценка качества (КОК), балл;  $Y_2$  – цветность, усл. ед.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие показатели качества карамели под влиянием исследуемых факторов:

- дозировки водно-спиртового экстракта амаранта и кислоты (4,5):

$$Y_1 = 94,52 + 4,02X_1 + 7,445X_2 - 2,236X_1^2 - 6,11X_2^2, \quad (4)$$

$$Y_2 = 0,277 + 0,132X_1 + 0,010X_2 - 0,006X_1X_2 + 0,055X_1^2 + 0,011X_2^2, \quad (5)$$

- дозировки спиртового экстракта амаранта и кислоты (6,7):

$$Y_1 = 91,52 + 3,59X_1 + 3,184X_2 + 1,562X_1X_2 - 0,69X_1^2 - 2,939X_2^2, \quad (6)$$

$$Y_2 = 0,117 + 0,030X_1 + 0,012X_2 + 0,032X_1X_2 + 0,023X_1^2 + 0,011X_2^2, \quad (7)$$

По результатам оптимизации обоснованы значения параметров полученные для цветности карамели: в красной цветовой гамме – дозировка красителя 4,1 г/100 г карамели, лимонной кислоты – 0,54 г/100 г карамели; в зеленой цветовой гамме – дозировка красителя 4,3 г/100 г карамели, лимонной кислоты – 0,62 г/100 г карамели.

Карамель при добавлении водно-спиртового экстракта амаранта в карамельную массу приобретает насыщенный красный цвет, спиртового экстракта амаранта – зеленый. Имеет правильную форму, ровную, не липкую поверхность, приятный слегка кисловатый сладкий вкус. По физико-химическим показателям соответствует требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 6477-88. Рецептуры карамели «Яблоко здоровья» и «Малиновая радость» апробированы в опытно-промышленных условиях и утверждены в установленном порядке.

### **3.13 Исследование антиоксидантных свойств и содержания витаминов в сахаристых кондитерских изделиях с красителями из листовой массы амаранта**

В исследованиях определяли суммарное содержание антиоксидантов в карамели и зефире с красителями из амаранта в сравнении с продукцией, присутствующей на потребительском рынке (табл. 5).

Таблица 5 – Антиоксидантная активность сахаристых кондитерских изделий

№	Наименование пробы кондитерских изделий	X, мг-экв. галловой к-ты / г сырого образца	ΔX, мг-экв. галловой к-ты / г сырого образца
1	Карамель «Малиновая радость»	0,051	0,003
2	Карамель «Яблоко здоровья»	0,042	0,002
3	Зефир с водно-спиртовым экстрактом (в розовой цветовой гамме)	0,088	0,004
4	Зефир со спиртовым экстрактом (в зеленой цветовой гамме)	0,056	0,003
5	Карамель Дюшес	0,015	0,001

Разработанные изделия обладают антиоксидантной активностью, которую можно связать со свойствами бетацианинов, хлорофилла и экстрагируемого при спиртовом извлечении витамина С. Изделия с красителями из амаранта по антиоксидантной активности превышают традиционные.

### **3.14 Исследование микробиологических характеристик сахаристых кондитерских изделий с красителями из листовой массы амаранта**

Кондитерские изделия по показателю общей обсемененности не превышают допустимых уровней, установленных ТР ТС 021/2011.

Таблица 6 - Микробиологическая оценка кондитерских изделий по показателю КМАФАнМ (КОЕ/г)

Наименование пробы кондитерских изделий	Результаты испытаний	Допустимые уровни (ТР ТС 021/2011)
Карамель на основе водного экстракта	$4,0 \times 10^2$	не более 500
Карамель на основе водно-спиртового экстракта	$5,5 \times 10$	не более 500

Зефир на основе водного экстракта	$<1,0 \times 5$	не более $5 \times 10^3$
-----------------------------------	-----------------	--------------------------

Изделия с водно-спиртовым экстрактом отличаются лучшими микробиологическими характеристиками, что подтверждает приоритет использования водно-спиртовой экстракции для получения и дальнейшего применения красителя вишнево-красного цвета.

### **3.15 Аппаратурно-технологические схемы производства натуральных пищевых красителей из амаранта и многоцветных кондитерских изделий**

В работе предложена аппаратурно-технологическая схема производства красителей из амаранта и модифицированные линии производства зефира и карамели с красителями из амаранта. Особенность предложенных в работе способов и технологий заключается в возможности их реализации на функционально скомпонованном по стадиям процесса существующем оборудовании.

### **3.16 Оценка уровня потребительских свойств пастильных изделий с натуральными пищевыми красителями из листовой массы амаранта с использованием методов классификации**

С целью прогнозирования реакции потребителей на новые рецептуры зефира и разработки маркетинговых мероприятий для продвижения зефира с амарантом была поставлена задача определения ближайших аналогов опытных образцов. Предварительно разработана 100-балловая шкала оценки качества зефира с характеристикой уровней качества. Экспертно проведена дегустация 15 зашифрованных образцов зефира, отобранных в торговле и 2 опытных. Для решения задачи использован метод k-средних в предположении, что потребитель интуитивно разделяет все представленные на рынке изделия на два класса: «хорошие» или «определенко куплю», и «плохие» или «не куплю». Предложен алгоритм решения задачи, включающий нормирование оценок показателей, разбиение образцов на два класса («плохих» и «хороших» методом k-средних), повторную кластеризацию, разбиение класса с образцами зефира с амарантом с целью определения ближайших соседей. Установлено, что к аналогам экспериментальных образцов зефира относится продукция, серийно вырабатываемая известными кондитерскими предприятиями, что позволяет предположить достаточно успешное продвижение разработанной продукции на потребительском рынке.

Проведенный экономический расчет показал снижение себестоимости и отпускной цены карамели с водно-спиртовым экстрактом в сравнении с красителем Понсо 4R соответственно на 560 и 830 руб/т. В случае применения спиртового экстракта в сравнении с красителем Хлорофилл снижение себестоимости и отпускной цены карамели составляет соответственно 370 и 570 руб/т.

## **ВЫВОДЫ**

1. Исследован региональный потребительский рынок кондитерских изделий. Установлена тенденция повышения доли натуральных красителей и приоритет красителей в красной и желто-оранжевой цветовой гамме. Определена невысокая степень удовлетворенности потребителей качеством кон-

дитерских изделий - 56,3 %. Отмечено, что 60 % респондентов отдают предпочтение натуральным по происхождению красителям, несмотря на ухудшение внешнего вида продукции

2. Изучены закономерности процесса экстрагирования бетацианина и хлорофилла из листовой массы амаранта сорта Валентина. Установлены рациональны параметры способа получения экстрактов, как пищевых красителей: измельчение высушенных до влажности 10-12 % листьев амаранта сорта Валентина до размера частиц не более 0,3 мм; водная (водно-спиртовая) экстракция амарантина при гидромодуле 1:10, температуре 40 - 50 °C, продолжительности – 40-50 мин; спиртовая экстракция хлорофилла из осадка при гидромодуле 1:8, температуре 50 °C, продолжительности 60 мин .

3. Получены водный и водно-спиртовой экстракты листовой массы амаранта сорта Валентина, как пищевые красители в вишнево-красной цветовой гамме, спиртовой экстракт – как краситель в зеленой цветовой гамме. Установлена pH устойчивость водного и водно-спиртового экстракта амаранта в интервале 1,8-12,0, спиртового экстракта – 4,0-12,0.

4. Доказана стабильность свойств водно-спиртового и спиртового экстрактов листовой массы амаранта в течение 2-3 недель при температуре 4±2 °C в затемненных условиях.

5. Изучены закономерности изменения потребительских свойств пастильной и карамельной масс при внесении экстрактов амаранта как пищевых красителей. Разработаны рецептуры многоцветных кондитерских изделий. Методами математического планирования и оптимизации установлены оптимальные дозировки красителей для зефира – 2,9 г/100 г зефира, 2,0 г/100 г зефира соответственно в розовой и зеленой цветовой гамме, для карамели - 4,1 г/100 г и 4,3 г/100 г карамели

5. Изучены закономерности изменения потребительских свойств пастильных изделий в процессе хранения. Установлена полная сохранность свойств зефира со спиртовым экстрактом амаранта в течение 4 недель, потеря цвета зефира с водно-спиртовым экстрактом в течение 1 месяца на 50 %. Установлено, что основным фактором, влияющим на снижение цвета зефира с натуральным красителем из амаранта, является световое воздействие. Показана необходимость хранения кондитерских изделий с водно-спиртовым экстрактом из амаранта в затемненных условиях.

6. Установлены антиоксидантные свойства экстрактов из амаранта и кондитерских изделий с использованием экстрактов в качестве красителей. Определено, что бетацианины обладают большей антиоксидантной активностью по сравнению с хлорофиллом.

7. Изучены микробиологические характеристики, как основные показатели безопасности экстрактов из амаранта и кондитерских изделий с экстрактами, как красителями. Установлено, что кондитерские изделия по показателю общей обсемененности не превышали допустимых уровней, установленных ТР ТС 021/2011. Микрофлора экстрактов из листовой массы амаранта представлена неспорообразующими палочковидными бактериями и микроплакобактериями.

8. Проведена оценка уровня потребительских свойств пастильных изделий с натуральными пищевыми красителями из листовой массы амаранта с использованием методов классификации. Установлено, что к аналогам экспериментальных образцов зефира относится продукция, серийно вырабатываемая кондитерскими предприятиями: Пензенской кондитерской фабрикой, кондитерской фабрикой «Кронштадтская», кондитерским предприятием «Славконд», г. Тверь и Московским буочно-кондитерским предприятием «Коломенское», что позволяет предположить достаточно успешное продвижение разработанной продукции на потребительском рынке.

9. Разработанные способы получения пищевых красителей и кондитерских изделий апробированы в опытно-промышленных условиях. На рецептурные составы утверждены технические документы.

**Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах**

**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ**

1. Дерканосова Н.М. Перспективы применения амаранта как пищевого красителя кондитерских изделий/ Н.М. Дерканосова, В.К. Гинс, М.С. Гинс, О.А.Лупанова//Товаровед продовольственных товаров.- 2013 г. – № 11. – С. 11- 15

2. Дерканосова Н.М. Пастильные изделия с натуральным красителем из амаранта/Н.М. Дерканосова, В.К. Гинс, О.А.Лупанова// Технологии и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. - №1(30). – С.55-59

3. Дерканосова Н.М. Разработка способа получения и применения натурального пищевого красителя/ Н.М. Дерканосова, В.К. Гинс, О.А.Лупанова, И.И.Андропова// Техника и технология пищевых производств. – 2015. - №1. – С.18-23

4. Гинс В.К. Отделочные полуфабрикаты мучных кондитерских изделий с натуральными красителями/В.К. Гинс, Н.М. Дерканосова, О.А.Лупанова, И.И.Андропова, А.А.Доронина// Хлебопродукты. – 2015. - № 9. – С. 46-49

**Монография**

5. Исследование факторов, формирующих и сохраняющих свойства пищевого красителя из амаранта: глава в коллективной монографии/ Н.М.Дерканосова, В.К.Гинс, О.А.Лупанова, И.И.Андропова// Обогащенные пищевые продукты: разработка технологий обеспечения потребительских свойств: коллективная монография. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2015. – С.156-187

**22 статьи и тезисов в журналах, материалах конференций и сборниках научных трудов.**

*Автор выносит искреннюю благодарность профессорам В.К. Гинс, М.С. Гинс за предоставление проб амаранта, консультирование и внимание, проявленное к настоящей работе*