

На правах рукописи



ЛЕВЧУК ТАМАРА ВИКТОРОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКОЛОПЛОДНИКА
ОРЕХА МАНЬЧЖУРСКОГО В ТЕХНОЛОГИИ
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Специальность: 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических
активных веществ (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Владивосток – 2021

Работа выполнена в Департаменте пищевых наук и технологий Школы биомедицины Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО ДВФУ).

Научный руководитель: **Левочкина Людмила Владимировна**, кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Артемова Елена Николаевна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»

Земляк Кирилл Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения ФГБОУ ВО «Хабаровский государственный университет экономики и права»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Камчатский государственный технический университет**» (ФГБОУ ВО КамчатГТУ)

Защита состоится «08» апреля 2021 г. в 12.00 часов на заседании Объединенного диссертационного совета Д 999.189.02 на базе ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» по адресу: 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ, корпус А, 11 уровень, зал заседаний диссертационных советов.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ДВФУ по адресу: 690090, г. Владивосток ул. Алеутская, 65-б или на сайте www.dvfu.ru, в Библиотечно-информационном комплексе ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» по адресу: 690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-б или на сайте www.dalrybvvtuz.ru.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690922, г. Владивосток, о. Русский, нп-Аякс-10, кампус ДВФУ, корпус А, каб. А1133, Объединенный диссертационный совет Д 999.189.02, e-mail: D_999.189.02@dvfu.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Учёный секретарь диссертационного совета
кандидат технических наук



В.А. Лях

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20), «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. №1364) и др., предусматривают увеличение доли отечественного производства продуктов массового потребления, создание широкого ассортимента привлекательных, безопасных пищевых продуктов, обогащенных жизненно важными компонентами, источником которых, в том числе является растительное сырьё.

Одним из перспективных видов растительного сырья, произрастающего в Приморском крае, является орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim). Орех маньчжурский имеет разнообразный химический состав и практически все части растения обладают целебными свойствами. Наибольший научный и практический интерес представляет околоплодник ореха маньчжурского. Уникальный химический состав околоплодника и наличие в нем биологических активных веществ объясняет его широкое применение, в том числе и в лечебных целях. Он обладает антиоксидантными, антибактериальными и противоопухолевыми свойствами. Околоплодник ореха маньчжурского, из-за содержания в нём красящих веществ, нашёл широкое применение как натуральный краситель в лёгкой промышленности. Однако в пищевом производстве до настоящего времени он практически не использовался. Это можно объяснить недостаточной изученностью его химического состава и свойствами, а также отсутствием разработок технологии продуктов его переработки.

В связи с этим, актуальность рассматриваемой проблемы в диссертационной работе направлена на решение важного вопроса удовлетворения потребностей населения в высококачественных безопасных продуктах питания. В первую очередь это относится к производству и использованию в технологии пищевых продуктов натуральных ингредиентов и

различных пищевых добавок, формирующих определенные потребительские свойства. В этом плане весьма перспективными являются растительные биоресурсы Дальнего Востока, исследование сырья Дальневосточного региона для определения возможности использования его в технологии продуктов питания, разработке технологии безопасных натуральных красителей, содержащих БАВ, несомненно, относится к актуальной задаче.

Степень разработанности темы. К более современным сведениям о свойствах и применении околоплодника ореха маньчжурского можно отнести работы: Н.В. Берловой, С.Н. Авеличевой, Г.В. Гукова, О.Ю. Рейф, Y.Y. Zhou, G.Chen, J.H. Huo, G. Park и других отечественных и зарубежных ученых. К сведениям о применении околоплодника ореха маньчжурского в технологии пищевых продуктов можно отнести работы дальневосточных учёных Т.В. Парфёновой, М.В. Палагиной, Т.К. Каленик, К.Г. Земляка, В.В. Черновой и др.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы заключалась в обосновании использования околоплодника ореха маньчжурского в качестве натурального красителя и источника биологических активных веществ в технологии продуктов питания.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Изучить основы биотехнологического потенциала околоплодника ореха маньчжурского путем определения особенностей его состава, в зависимости от степени зрелости ореха, с целью дальнейшего использования в пищевых технологиях в качестве добавки (натурального красителя);

2. Научно обосновать биотехнологию получения, изучить показатели качества и безопасности и определить направления пищевого применения добавки (натурального красителя) из околоплодника ореха маньчжурского;

3. Разработать научно-обоснованные технологии и рецептуры продукции с использованием добавки (натурального красителя) из околоплодника ореха маньчжурского;

4. Исследовать показатели качества и безопасности разработанных новых продуктов в процессе получения и хранения;

5. Разработать нормативную документацию на новые пищевые продукты, провести промышленную апробацию и определить экономическую целесообразность использования разработанной добавки в производстве продуктов.

Научная новизна работы:

Получены новые знания о зависимости состава и свойств околоплодника ореха маньчжурского от степени его зрелости. Установлено, что околоплодник обладает высокой антиоксидантной активностью, содержит биологические активные и красящие вещества. В околоплоднике ореха маньчжурского идентифицированы биологические активные вещества: рутин, кверцетин, юглон.

Получены данные о способах получения 2-х разных красителей (водного и сухого лиофилизированного порошка) из околоплодника ореха маньчжурского. Доказано, что применение ультразвуковой экстракции увеличивает выход красящих и биологических активных веществ. Новизна технических решений подтверждена патентами РФ на изобретение: «Способ получения водного красителя из растительного сырья» (Патент РФ №2601452 от 12.10.2016); «Способ получения красителя» (Патент РФ № 265194 от 25.04.2018).

Доказана целесообразность использования пищевой добавки (красителей) из околоплодника ореха маньчжурского в технологии производства сахаристых кондитерских изделий и десертов. Установлено, что введение красителей из околоплодника ореха маньчжурского в состав пищевых продуктов продлевает сроки годности, улучшает показатели качества и обогащает биологическими активными веществами. Новизна технических решений подтверждена патентами РФ на изобретение: «Мармелад» (Патент РФ № 26331897 от 28.10.2017); «Состав для производства леденцовой карамели» (Патент РФ.№ 2645348 от 21.02.2018); «Способ приготовления десертного продукта» (Патент РФ №2650562 от 16.04.2018); «Добавка в десертные продукты» (Патент №2653371 от 08.05.2018); «Десертный продукт № (Патент №2653880 от 15.05.2018).

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны и утверждены стандарты организации использованием околоплодника ореха маньчжурского: СТО ДВФУ 02067942-007-2018 сухого красителя (лиофилизированный порошок); СТО ДВФУ 02067942-008-2018 желейного мармелада; СТО ДВФУ 02067942-006-2018 леденцовой карамели; СТО ДВФУ 02067942-005-2018 десерта «Нежное шоколадное облако». Технологии апробированы путем выпуска опытных партий в ИТЦ ШЭМ ДВФУ (г. Владивосток).

Методология и методы исследования. Методология диссертационного исследования основана на теоретических и эмпирических методах сравнительного анализа. Для реализации поставленных задач использовали общепринятые стандартные методы сбора и анализа информации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснование и экспериментальное подтверждение возможности использования околоплодника ореха маньчжурского как исходного сырья для получения добавки (натурального красителя);
2. Технология способов получения добавки (натурального красителя) из околоплодника ореха маньчжурского;
3. Научное обоснование применения добавки (натурального красителя) в технологии продуктов питания.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов исследований подтверждается повторностью проведенных экспериментов и воспроизводимостью полученных результатов, с использованием стандартных и общепринятых методик.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы представлены и обсуждены на VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» (North Charleston, USA, 2014г); II японско-российская интернациональная конференция (II JRIC SSD-2015 (г. Владивосток, 2015); Международной научной конференции «Инновации в биотехнологии Аква культуры и водных биоресурсов японского

моря» (г. Владивосток, 2016); XIV Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития производства пищевых продуктов: технологии, качество, экология, оборудование, менеджмент и маркетинг» (г. Уссурийск, 2020).

Личное участие автора. Представленная работа является обобщением научных исследований, проведенных с 2014 по 2020 гг. Автором осуществлено участие на каждом этапе выполнения диссертационной работы, при постановке экспериментальных работ, анализе полученных результатов исследований, подготовке материалов и публикаций диссертационной работы, разработке нормативной документации и апробации разработанных технологий в производственных условиях.

Публикации: По результатам исследований опубликовано 11 работ, в том числе: 1 статья в изданиях, индексируемых базами Scopus, 5 работ в изданиях, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 5 работ в сборниках научно-практических конференций, 7 патентах.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из: введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов исследований и их обсуждения, заключения, списка использованных источников и приложений. Текст диссертационной работы изложен на 151 страницах, содержит 33 рисунка, 38 таблиц и 8 приложений.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует п. 3, 5, 11, 12, 13 паспорта специальности 05.18.07 Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** дано обоснование актуальности темы, сформирована цель, задачи исследования и основные положения, выносимые на защиту, изложены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе обобщены литературные данные по теме диссертационного исследования, дана общая характеристика и перспектива использования ореха

маньчжурского, дано общее описание, особенности и использование пищевых красителей в производстве продуктов питания.

Во второй главе отражены организация и схема научного исследования, объекты научного исследования, методы исследования.

Схема выполнения исследований приведена на рисунке 1.



Рисунок 1– Общая схема проведения исследований

Объектами экспериментальных исследований являлись: околоплодник ореха маньчжурского молочной, технической и потребительской стадий зрелости, экстракты (жидкий на водной основе, сухой лиофилизированный порошок) из околоплодника ореха маньчжурского, продукты питания (желейный мармелад, леденцовая карамель, десерты) с использованием в рецептуре околоплодника ореха маньчжурского. Использовались материалы: для получения экстрактов из околоплодника ореха маньчжурского - органический растворитель: вода питьевая – СанПиН 2.1.4.1074-2001, этанол ГОСТ 12961-2011, : пищевой краситель Е 155; рис – ГОСТ Р 55289-2012; сливки питьевые 33 % жирности ГОСТ 52091-2003;

желатин листовой – ГОСТ 11293-89; ванилин кристаллический – ГОСТ 16599-71; сахар белый ГОСТ 33222-2015; кислота лимонная – ГОСТ 908-2004; какао-порошок натуральный – ГОСТ 108-76; агар пищевой – ГОСТ 16280-2002; яйца куриные пищевые – ГОСТ 31654-2012; патока крахмальная ГОСТ Р 52060-2003.

В работе были использованы стандартные и специальные методы исследований: органолептические, физико-химические, микробиологические, статистические. Органолептическая оценка проводилась в соответствии с ГОСТ Р 53104-2008, ГОСТ 6442-2014 Мармелад. Общие технические условия; СТО ДВФУ 02067942-008-2018; ГОСТ 6477-88 Карамель. Общие технические условия; СТО ДВФУ 02067942-006-2018. Идентификацию биологических активных веществ околоплодника ореха маньчжурского анализировали методом обращённо-фазной хроматографии на хроматографе Shimadzu LC-20. В качестве внешних стандартов были использованы рутин, юглон и кверцетин. Определение антиоксидантной активности (АОА) экстрактов из околоплодника ореха маньчжурского, проводилась по методу DPPH. Метод основан на восстановлении DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) антиоксидантом. Ультразвуковую экстракцию образцов из околоплодника ореха маньчжурского проводили с использованием ультразвуковой ванны Кристалл-2,5 (ОКТБ Кристалл, Россия) в течение 30 минут, при частоте воздействия 44 кГц и мощности ультразвукового воздействия 0,3 Вт. Определение размера частиц методом лазерной дифракции проводилось на приборе Analysette 22. Лиофильную сушку экстрактов околоплодника ореха маньчжурского проводили на приборе FreeZone 6 Liter Benchtop Freeze Dry Sistem. Определение реологических свойств сахаристых кондитерских изделий и десертов на основе экстракта околоплодника ореха маньчжурского определяли на приборе Fudon Rheo Meter (Rheotech Co., Ltd. Япония). Статистическую обработку данных проводили стандартными методами корреляционного и регрессионного анализа с использованием пакетов прикладных программ: «Microsoft Office», STATISTICA 13.

В третьей главе **«Обоснование и разработка биотехнологии получения экстрактов из околоплодника ореха маньчжурского»** проводилось

исследование околоплодника ореха маньчжурского в зависимости от стадии зрелости плода ореха, исследованы его физико-химические свойства, качественный и количественный состав, осуществлена разработка способов получения экстрактов, изучена их безопасность.

Для оценки возможности использования околоплодника маньчжурского ореха в качестве натуральной добавки был проведен сравнительный анализ на его содержание в общей массе плодов молочной, технической и потребительской стадий зрелости (рисунок 2).



Рисунок 2 – Соотношение ботанических частей плода ореха маньчжурского в зависимости от стадии зрелости

Результаты исследования показали, что наибольшую часть ореха, занимает околоплодник в его молочной и потребительской стадии зрелости от 86 % до 55 % массы ореха, что подтверждает рациональность использования околоплодника ореха маньчжурского в пищевом производстве.

В работе были изучены изменения физико-химических свойств околоплодника ореха маньчжурского (таблица 1).

Установлено, что в околоплоднике технической и потребительской стадий зрелости происходит уменьшение массовой доли влаги, наблюдается нарастание экстрактивных (12,19 % и 14,84 %) и дубильных веществ (11,81 % и 14,00 %). Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что околоплодник маньчжурского ореха потребительской стадии зрелости представляет интерес в качестве объекта исследования как источник получения красящих веществ.

Таблица 1 – Зависимость физико-химических показателей околоплодника ореха маньчжурского от стадий вегетативной зрелости

Наименование показателей	Величина показателя в околоплоднике ореха маньчжурского различной стадии зрелости, % (время сбора)		
	молочная (июнь)	техническая (август)	потребительская (октябрь)
Влага	80,2 ± 1,3	75,5 ± 0,9	8,50 ± 0,9
Зола общая	2,18 ± 0,04	2,70 ± 0,05	3,60 ± 0,06
Зола нерастворимая в 10% HCl	0,011 ± 0,05	0,033 ± 0,005	0,042 ± 0,06
Экстрактивные вещества	7,80 ± 0,9	12,19 ± 0,9	14,8 ± 0,9
Дубильные вещества	9,06 ± 0,04	11,81 ± 0,04	14,00 ± 0,04

Далее в работе было изучено влияние степени вегетативной зрелости ореха на качественный и количественный состав околоплодника ореха маньчжурского (рисунок 3 и 4), таблица 2.

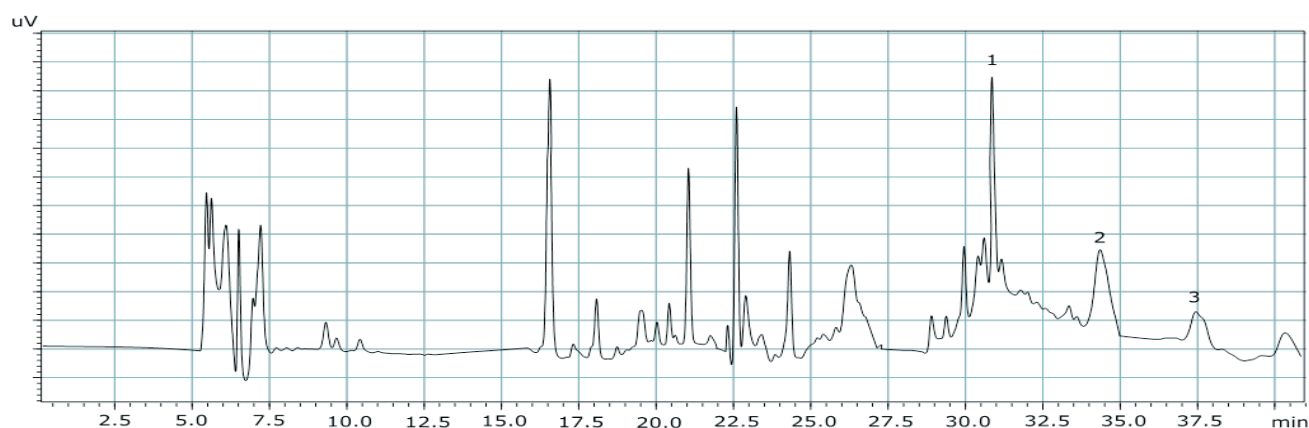


Рисунок 3 – Хроматограмма экстракта околоплодника ореха маньчжурского молочной стадии зрелости: 1 – рутин, 2 – юглон, 3 – кверцетин

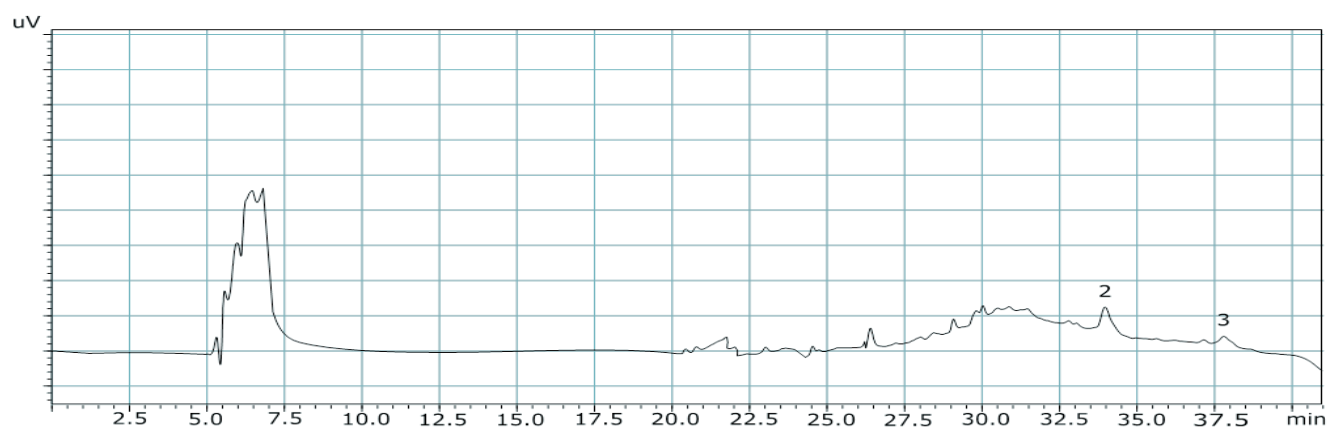


Рисунок 4 – Хроматограмма экстракта околоплодника маньчжурского ореха потребительской стадии зрелости: 2 – юглон, 3 – кверцетин

Таблица 2 – Количественное содержание БАВ в околоплоднике ореха маньчжурского молочной и потребительской стадии зрелости

Биологические активные вещества	Содержание компонента, мг/100 г	
	молочная	потребительская
Рутин	54,7	не обнаружен
Юглон	76,3	21,1
Кверцетин	11,2	9,5

Методом обращенно-фазовой хроматографии было установлено, что в зависимости от стадии зрелости плода меняется качественное и количественное содержание таких биологически активных веществ как: рутин, юглон и кверцетин. Созревание плода ореха до потребительской стадии зрелости приводит к частичному разрушению юглона и кверцетина и полному разрушению рутина. Наиболее устойчивым к процессам созревания оказался кверцетин, его содержание в экстрактах из околоплодника потребительской стадии зрелости уменьшается на 15 %, в то время как содержание юглона составило лишь 28 % от первоначального его количества. Таким образом, исследования показали, что в околоплоднике ореха маньчжурского идентифицированы биологические активные вещества: рутин, кверцетин, юглон, которые относятся к классу нафтохиноновых пигментов.

Исследована антиоксидантная активность (АОА) экстрактов из околоплодника ореха маньчжурского (таблица 3).

Таблица 3 – Значения антиоксидантной активности экстрактов околоплодника ореха маньчжурского в зависимости от условий заготовки и стадии зрелости

Стадия зрелости	Способы заготовки исследуемых образцов	АОА мкг аскорбиновой кислоты/мл
Молочная	Свежий	1251,67
	Высушенный при t = 23 °С	1141,18
	Высушенный при t = 80 °С,	463,34
	Замороженный до t = – 18 °С	1102,97
Потребительская	Свежий	543,54
	Высушенный при t = 23 °С	389,74
	Высушенный при t = 80 °С	149,36
	Замороженный до t = 18 °С	286,52

Установлено, что наибольшей антиоксидантной активностью, мкг аскорбиновой кислоты/мл: обладает околоплодник ореха маньчжурского, собранный в молочной стадии зрелости (1251,67), в потребительской стадии зрелости, значительно меньше по сравнению с молочной, и составляют у свежего околоплодника (543,54). Проявление антиоксидантных свойств зависит от условий заготовки и стадии зрелости околоплодника ореха маньчжурского.

На основании выше сказанного, околоплодник ореха маньчжурского рекомендуется для получения натурального красителя, с целью дальнейшего использования в пищевых системах.

Следующим этапом исследования осуществлена разработка получения натурального красителя из околоплодника ореха маньчжурского.

Подбор оптимальных параметров экстракции заключался в определении вида экстрагента, гидромодуля, температуры экстракции. Данные, по определению гидромодуля, при экстракции красящих веществ из околоплодника в зависимости от вида экстрагента представлены на рисунке 5.

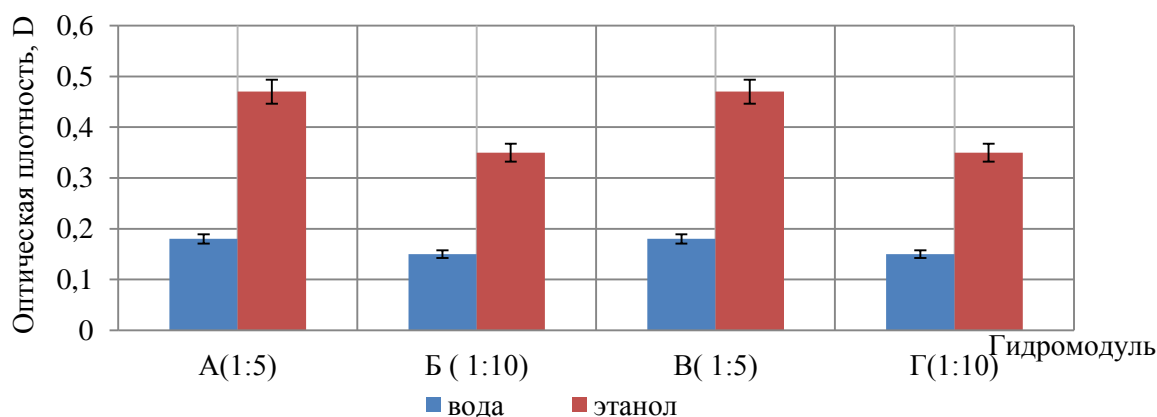


Рисунок 5 – Оптическая плотность красящих веществ из околоплодника ореха маньчжурского: А, Б – молочной; В, Г – потребительской стадии зрелости

В ходе эксперимента было выяснено, что при соотношении жидкой и твердой фаз 1:1 сырье (измельченный околоплодник ореха маньчжурского) полностью находится в экстрагенте, но по истечении уже 10 мин возникают сложности при фильтровании, поэтому был выбран гидромодуль 1:5; 1:10. Установлено, что спиртовая экстракция эффективнее, чем водная практически в 3

раза. Отмечено, что в потребительской стадии зрелости, так же наблюдается увеличение экстракции красящих веществ.

Анализ полученных данных показал, что оптимальным соотношением сырья и экстрагента при экстракции красящих веществ из околоплодника ореха маньчжурского молочной и потребительской стадии зрелости является гидромодуль 1:5, для дальнейших исследований был выбран водный экстракт околоплодника ореха маньчжурского.

Далее экстрагирование околоплодника ореха маньчжурского проводилось в зависимости от температуры (рисунок 6).

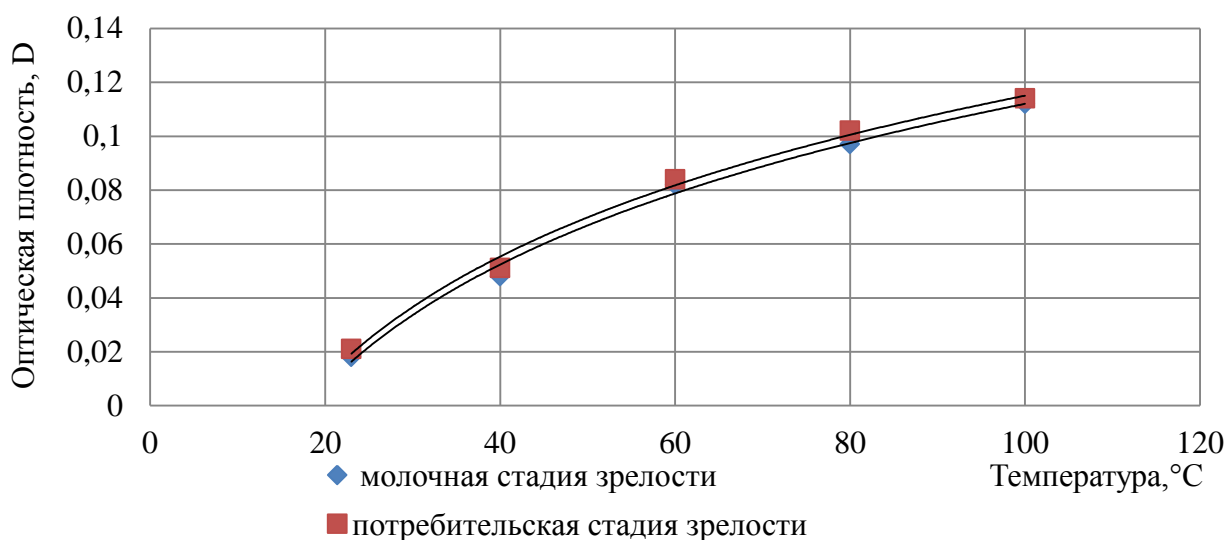


Рисунок 6 – Оптическая плотность красящих веществ из околоплодника молочной и потребительской стадии, извлекаемых при разных температурах, 480нм

Из рисунка видно, что повышение температуры приводит к увеличению выхода красящих веществ, наибольшая степень извлечения происходит при температуре 100 °C.

На основании исследований качественных и количественных параметров процесса экстракции околоплодник ореха маньчжурского разработана технологическая схема водного красителя, представленная на рисунке 7.

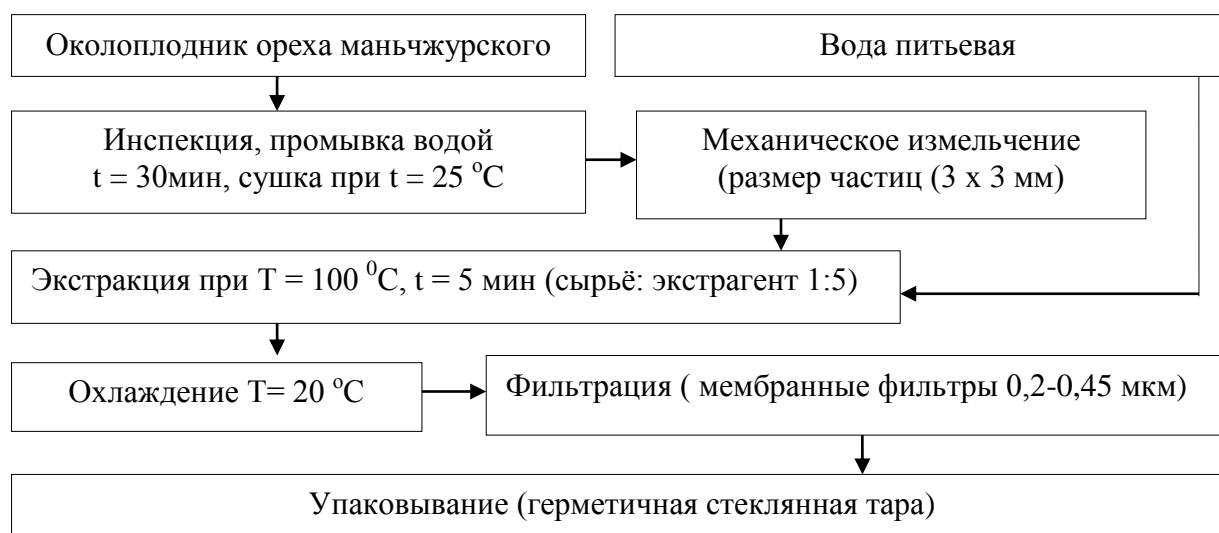


Рисунок 7 – Технологическая схема водного красителя из околоплодника ореха маньчжурского

Далее были изучены методы интенсификации и условия экстрагирования красящих веществ, содержащихся в околоплоднике ореха маньчжурского, которые позволят получать экстракты с высокой долей сухих и биологических активных веществ. Установлено, что наиболее эффективным является использование ультразвуковой экстракции околоплодника, выход сухого вещества составляет 33,4 % (таблица 4).

Таблица 4 – Массовая доля сухого вещества в образцах экстрактов околоплодника ореха маньчжурского в зависимости от условий экстракции

Исходный образец ореха, 5 г	№ образца	Метод экстракции	Содержание СВ в экстракте, %
Сухой орех потребительская стадия	1	Кипячение в воде, 5 мин.	16,7±0,5
	2	Настаивание в этаноле (98 %), 1 сут.	3,5±0,2
	3	УЗ-экстракция, 30 мин., вода	23,4±0,2
	4	УЗ-экстракция, 30 мин., этанол	6,5±0,1
Мороженый орех, молочная стадия	5	Кипячение в воде, 5 мин.	3±0,3
	6	Настаивание в этаноле (98 %), 1сут.	2,4±0,1
	7	УЗ-экстракция, 30 мин., этанол	5,8±0,4
	8	УЗ-экстракция, 30 мин., вода	33,4±0,1

Результаты исследования демонстрируют, что при экстрагировании красящих сухих веществ из околоплодника ореха маньчжурского с применением

ультразвуковой обработки при частоте воздействия 44 кГц и мощности ультразвукового воздействия 0,3 кВт процесс экстрагирования можно завершить за 30 мин. При этом степень извлечения и сохранности сухих веществ повышается по сравнению с традиционными методами до 33,4 %.

С целью сохранения сухих и биологических активных веществ, далее полученный экстракт из околоплодника ореха маньчжурского подвергался лиофильной сушке, сушку вели до содержания сухих веществ 90-94 %, сухой экстракт измельчали до порошкообразного состояния. Методом статической лазерной дифракции, была определена степень измельчения полученного лиофилизированного порошка. Установлено, что общее содержание частиц в диапазоне 0,1-50 мкм больше 70 %, размер частиц сухого порошка околоплодника ореха маньчжурского не превышает 50 мкм, что подтверждает его высокую степень дисперсности.

Таким образом, был получен сухой лиофилизированный краситель из околоплодника ореха маньчжурского по следующей схеме: сбор околоплодника молочной стадии зрелости – подготовка сырья – экстракция ультразвуком при частоте 44 кГц, $t = 30$ мин. – фильтрация – лиофильная сушка (минус 40-45 °С) – измельчение (0,1-50 мкм) – упаковывание, хранение.

Математическое моделирование позволило установить зависимость массовой доли сухих веществ (z) натуральных красителей из околоплодника ореха маньчжурского традиционным методом в виде уравнений:

$$z = 0,0012 + x - 0,007 y + 0,9117 y + 0,0719 x^2 - 0,1171 x y - 0,0611 y^2, \quad (1)$$

где x – время экстрагирования, мин;

y температура экстрагирования, °С.

С применением ультразвуковой обработки уравнение выглядит следующим образом:

$$z = 0,0012 + x - 0,023 y + 0,9217 y + 0,0729 x^2 - 0,1372 x y - 0,0631 y^2, \quad (2)$$

Математический анализ представленных уравнений позволил определить оптимальные параметры, при которых в экстрактах обеспечивается максимальный выход красящих веществ. При использовании традиционного

метода экстракции оптимальные параметры составили: гидромодуль 1:5, продолжительность процесса экстракции 5 мин; температура процесса 100 °С. Выход сухих веществ составлял 16,4 %. Для экстракции при воздействии ультразвука оптимальные режимы составили: гидромодуль 1:5, продолжительность процесса экстракции 30 мин, температура процесса 40 °С. Выход сухих веществ составлял 33,4 %.

Таким образом, было получено два красителя: жидкий и сухой (лиофилизированный порошок). Органолептические и физико-химические показатели красителей из околоплодника ореха маньчжурского, содержание БАВ приведены в таблице 5 и 6.

Таблица 5 – Органолептические и физико-химические показатели красителей из околоплодника ореха маньчжурского

Показатели	Жидкий краситель	Сухой краситель
Внешний вид	окрашенная жидкость	порошок
Цвет	темно-коричневый	темно-коричневый
Вкус	горький	горький
запах	травянистый	травянистый
Содержание сухих веществ, %	16,4	33,4
Влажность, %	100	6-8
Растворимость, %	100	100
Активная кислотность, pH	6,8	7,2
Устойчивость к воздействию света, температуры, в течении 12 мес.	стабилен	стабилен
Антиоксидантная активность, мкг аскорбиновой кислоты/мл	149,36	463,34

Таблица 6 – Содержание биологических активных веществ

Наименование БАВ	Жидкий краситель	Сухой краситель
Рутин, мг/100 г	0,2	54,4
Кверцетин, мг/100 г	9,5	11,2
Витамин С, мг/100 г	17,6	2516,5
Йод, мг/кг	0,7	0,75
Юглон, мг/100 г	21,1	76,3

Одним из требований, предъявляемым к пищевым красителям, является их безопасность. Для определения относительной биологической ценности (ОБЦ),

безопасности применяли тест-культуру *Tetrahymena pyriformis*. В таблице 7 приведены результаты оценки роста *T. pyriformis* в пробе жидкого красителя из околоплодника ореха маньчжурского (образец № А); сухого лиофилизированного порошка (образец № Б).

Таблица 7 – Оценка роста и развития инфузории в исследуемых образцах

Исследуемый образец	Время генерации инфузории (сутки)					ОБЦ
	0	1	2	3	4	%
№ А (жидкий краситель)	5	10	35	69	76	85,3
№ Б (сухой краситель)	5	15	40	75	80	89,8
№ 3 (казеин)	5	21	43	79	89	100,0

За контрольный образец был принят молочный белок казеин, так как казеин обладает 100 % биологической усвояемостью. Из таблицы видно, что процентное отношение числа (в %) выросших инфузорий по отношению к контролю в образцах № А, № Б составило 85,3 % и 89,8 %, что говорит о том, что сухие вещества, входящие в состав красителей, положительно влияют на рост и размножение *T. pyriformis*. В исследуемых образцах не было замечено угнетения подвижности *T. pyriformis*, гибели единичных особей или их деформации, поэтому можно сделать заключение, что исследуемые образцы являются безопасными и могут быть использованы в качестве натуральной добавки в производстве продуктов питания.

По результатам исследования содержание токсичных элементов в исследуемых образцах находятся в пределах нормы в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»

В главе 4 «Разработка рецептур и технологии сахаристых кондитерских изделий и десертов с использованием красителя из околоплодника ореха маньчжурского» обоснованы технологические решения и рецептуры производства сахаристых кондитерских изделий, десертов с использованием околоплодника ореха маньчжурского, в качестве натурального красителя.

На основании проведенных исследований разработаны рецептуры и технологические схемы сахаристых кондитерских изделий и десертов (рисунок 8).

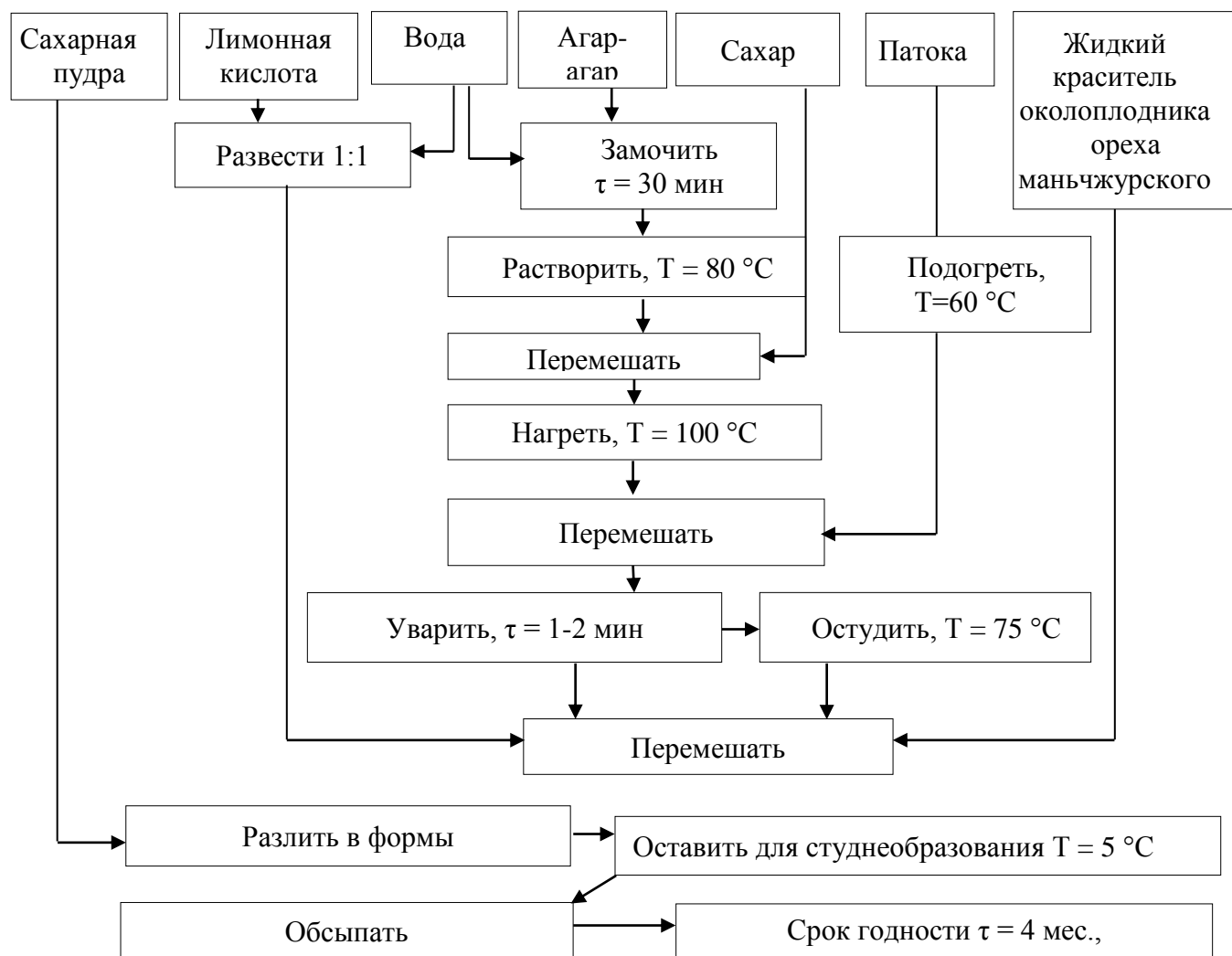


Рисунок 8 – Технологическая схема приготовления желейного мармелада жидким красителем из околоплодника ореха маньчжурского

Для производства желейного мармелада был выбран водный краситель из околоплодника ореха маньчжурского. Краситель вносили на стадии приготовления агар-паточного сиропа в количестве от 1 до 7 % к массе продукта. Для приготовления леденцовой карамели по традиционной технологии применяли сухой лиофилизированный краситель в дозировке 0,1-0,4 % к массе продукта. Для объективной оценки изменения органолептических показателей образцов сахаристых кондитерских изделий от содержания в нем красителя был применен дескрипторно-профильный метод. Установлено, что оптимальное внесение водного красителя в мармелад составляет 3-5 %, в леденцовую карамель сухого лиофилизированного порошка составляет 0,2-0,3 % к массе продукта, в десерты составляет 1,3-1,6 %.

В главе 5 «Оценка качества и безопасности сахаристых кондитерских изделий и десертов с использованием околоплодника ореха маньчжурского»

представлены результаты оценки качества разработанных изделий по органолептическим, физико-химическим показателям, пищевой и энергетической ценности.

При исследовании органолептических характеристик изучали показатели, традиционные для сахаристых кондитерских изделий и десертов: внешний вид и консистенцию, цвет, вкус и запах, состояние поверхности с добавлением натурального жидкого красителя и сухого лиофилизированного порошка из околоплодника ореха маньчжурского в сравнении с традиционным. По результатам органолептической оценки установлено, что все опытные образцы: разработанные сахаристые кондитерские изделия и десерты, идентичные традиционным и соответствуют нормативной документации. Физико-химические показатели соответствовали ГОСТ 6442-2014. Мармелад. Общие технические условия, ГОСТ 6477-88. Карамель. Общие технические условия. По показателям безопасности образцы соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Использование в рецептуре красителей в определенном соотношении позволяет утверждать о наличии БАВ в разработанных продуктах (таблица 8).

Таблица 8 – Содержание биологических активных веществ в разработанных продуктах

Биологические активные вещества	Суточная норма, мг	Содержание компонента, мг/100 г			
		Желейный мармелад	Леденцовая карамель	Десерт «Мозаичный»	Десерт «Нежное шоколадное облако»
Рутин	30-50	2,75	0,01	0,70	0,87
Юглон	0,8-1,0	0,11	0,61	1,01	1,47
Кверцетин	25	0,091	0,18	0,47	0,66
Витамин С	90	0,8	0,51	32,7	40,2

С целью оценки экономической целесообразности производства красителей из околоплодника ореха маньчжурского были рассчитаны: себестоимость жидкого красителя и сухого лиофилизированного порошка, которая составила

250,20 руб. и 445,00 руб. за 1 кг, с учетом на издержки производства 20 % и себестоимость сахаристых кондитерских изделий на примере производства желеиногo мармелада. Разработанные технологии апробированы путем выпуска опытных партий в Инновационном технологическом центре Школы экономики и менеджмента ДВФУ (г. Владивосток).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам диссертационной работы можно сделать следующие выводы:

1. Оценка биотехнологического потенциала околоплодника ореха маньчжурского (*J. Mandshurica*) показала, что массовое соотношение частей плодов ореха изменяется в процессе вегетации. В структуре плодов орехов преобладает околоплодник, доля которого составляет от 86 % (молочная стадия зрелости) до 55% (потребительская стадия зрелости), что подтверждает рациональность его использования в пищевом производстве. Околоплодник содержит значительное количество биологических активных веществ, мг/100 г: рутин 54,7, кверцетин 11,2, юглон 76,3; обладает высокой красящей способностью, антиоксидантной активностью, мкг аскорбиновой кислоты/мл: 1251,67 (молочная стадия зрелости), 543,54 (потребительская стадия зрелости) и рекомендуется для использования в качестве натурального пищевого красителя и источника биологических активных веществ.

2. Обоснованы способы получения натуральных красителей из околоплодника ореха маньчжурского: жидкого красителя из околоплодника в потребительской стадии зрелости – экстракция водой при гидромодуле 1:5, температуре 100 °С, в течение 5 мин; сухого лиофилизированного красителя из околоплодника в молочной стадии зрелости - экстракция ультразвуком частотой 44 кГц в течение 30 мин, с последующим применением лиофильной сушки при температуре от минус 40 до минус 45 °С и измельчением до размера частиц 0,1-10 мкм. Определены направления пищевого применения натуральных

красителей в производстве сахаристых кондитерских изделий и десертов и доказана их безопасность

3. Разработаны научно-обоснованные технологии и рецептуры пищевой продукции с добавлением натуральных красителей из околоплодника ореха маньчжурского: желейного мармелада с жидким красителем (5 % к массе продукта), леденцовой карамели и десертов с сухим лиофилизированным красителем (0,2-0,3 % и 1,3-1,6 % соответственно), научная новизна которых подтверждена патентами РФ.

4. Исследование качества и безопасности разработанных продуктов питания показало, что введение красителей из околоплодника ореха маньчжурского в состав пищевых продуктов продлевает сроки годности (желейный мармелад до 4 мес., леденцовой карамели до 8 мес., десертов до 6 сут.), улучшает показатели качества и обогащает биологическими активными веществами, мг/100г: кверцетин 0,091-0,66, юглон 0,11-1,047, витамин С 0,8-40,2.

5. На новые пищевые продукты разработана и утверждена нормативная документация: стандарты организации (СТО ДВФУ): «Сухой краситель с использованием околоплодника ореха маньчжурского» (№ 02067942-007-2015); «Желейный мармелад» (№ 02067942-008-2018); «Леденцовая карамель» (№ 02067942-006-2015); Десерт «Нежное шоколадное облако» (№ 02067942-005-2018). Воспроизводимость разработанных технологий обоснована и доказана путем выпуска опытных партий в Инновационном технологическом центре Школы экономики и менеджмента ДВФУ (г. Владивосток).

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК

1. **Левчук, Т.В.** Обоснование пищевого использования околоплодника ореха маньчжурского / Т.В. Левчук, Н.Ю. Чеснокова, Л.В. Лёвочкина, Н.В. Масалова // Пищевая промышленность. – 2015. №12. С.52-54.

2. **Левчук, Т.В.** Исследование безопасности и относительной биологической ценности напитков на основе экстракта околоплодника ореха

маньчжурского / Т.В. Левчук, Н.Ю. Чеснокова, Л.В. Левочкина // Техника и технология пищевых производств.–2016. – Т. 40, № 1. – С.96-102.

3. **Левчук, Т.В.** Комплексное исследование околоплодника ореха маньчжурского/ Т.В. Левчук, Н.Ю. Чеснокова, Л.В. Левочкина, Н.С. Полоник, А.А. Кузнецова // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2017. – №1 (46). – С. 83-90.

4. **Левчук, Т.В.** Разработка сахаристых кондитерских изделий с использованием экстрактов околоплодника ореха маньчжурского /Т.В. Левчук, Н.Ю. Чеснокова, Л.В. Левочкина, М.А. Ганзюк //Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 48-54.

5. **Левчук, Т.В.** Разработка и оценка качества леденцовой карамели с использованием натурального красителя из околоплодника орех маньчжурского / Т.В. Левчук, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова, А.А. Кузнецова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8, №4 (48) – С.124-130.

Статьи в изданиях, входящих в базы данных Scopus

6. **Levchuk, T.** Methods of Intensifying Extraction of Colorants from the Pericarp of Manchurian Walnut. / Levchuk T, Polonik N, Chesnokova N, Levochkina L. //Journal of Pharmaceutical and Sciences and Research.– 2018. – Vol. 10(3). – P. 665-667.

Статьи и материалы конференций:

7. **Левчук, Т.В.** Использование экстрактов ореха маньчжурского в производстве безалкогольных напитков / Т.В. Левчук, Л.В. Левочкина // Современные тенденции в сельском хозяйстве III Междунар. науч. интернет-конф. Материалы. ИП Синяев Д. Н., Казань, 9-10 октября 2014. – С. 72-74.

8. **Левчук, Т.В.** Разработка новых видов соусов на основе околоплодника ореха маньчжурского /Т.В. Левчук, Е.А. Колотуша, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова // Альманах мировой науки, Москва, 30 ноября 2015. – №21(2). – С. 128-130.

9. **Levchuk, T.V.** Antioxidant activities of Manchurian walnut-pericarp-based extracts. /T.V. Levchuk, L.V. Levochkina, N. Yu. Chesnokova, A.A. Kuznetsova //

Proceedings of the 1st and the 2nd Japanese and Russian international conference on socially significant human diseases: Medical, Environmental, Technical, Problems, and these Solutions, Vladivostok, 25-28 мая 2015. P. 109-111.

10. **Левчук, Т.В.** Изучение возможности использования околоплодника ореха маньчжурского в качестве натурального красителя в пищевых системах / Т.В. Левчук, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова, М.А. Ганзюк // *Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы VII междунар. научн.- практ. конф.*, Владивосток, 21-22 декабря 2016. – С. 113-115.

11. **Левчук, Т.В.** Безопасность и оценка качества сахаристых кондитерских изделий и десертов с использованием натурального красителя из околоплодника ореха маньчжурского /Т.В. Левчук, Л.В. Левочкина, С.Д. Игнатьева. // *Актуальные вопросы развития производства пищевых продуктов: технологии, качество, экология, оборудование, менеджмент и маркетинг/*. Материалы XIV Национальной (Всероссийской) науч.- практ. конф., Уссурийск, 20-21 февраля 2020. – С. 129-134.

Патенты Российской Федерации:

12. Пат. 2601452 РФ. Способ получения водного красителя из растительного сырья / **Т.В. Левчук**, Л.В. Левочкина., Н.Ю. Чеснокова; патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл. 03.06.2015, опубл.11.10.2016. Бюл. № 31.

13. Пат. 2652194 РФ. Способ получения красителя / **Т.В. Левчук**, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова; патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл. 03.06.2015, опубл.11.10.2016 Бюл. № 12.

14. Пат.2631897 РФ. Мармелад / **Т.В. Левчук**, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова; патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл. 19.12.2016, опубл.28.09.2017. Бюл. № 28.

15. Пат.2645348 РФ. Состав для производства леденцовой карамели / Н.Ю. Чеснокова, Л.В. Левочкина, **Т.В. Левчук**; патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл. 03.06.2015; опубл.11.10.2016. Бюл. № 6.

16. Пат. 2650562 РФ. Способ приготовления десертного продукта /Е.А. Колотуша, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова, **Т.В. Левчук**;

патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл.07.08.2017, опубл.16.04.2018. – Бюл. № 11.

17. Пат. 2653371 РФ. Добавка в десертные продукты / **Т.В. Левчук**, Е.А. Колотуша, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова; патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл.07.08.2017, опубл.08.05.2018. Бюл. № 13.

18. Пат. 2653880 РФ. Десертный продукт / Е.А. Колотуша, Л.В. Левочкина, Н.Ю. Чеснокова, **Т.В. Левчук**; патентообладатель Дальневост. фед. ун-т. – Заявл. 07.08.2017, опубл.15.05.2018. Бюл. № 14.