

На правах рукописи

Черемных Дарья Андреевна

**РАЗРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА НОВЫХ ВИДОВ
ПРОДУКЦИИ ИЗ ПАПОРОТНИКА *PTERIDIUM AQUILINUM*,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**

Научная специальность 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Губаненко Галина Александровна

Официальные оппоненты: **Резниченко Ирина Юрьевна**,
доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Кузбасский государственный
аграрный университет имени В.Н. Полецкого»,
профессор кафедры «Биотехнология и
производство продуктов питания»

Симоненкова Анна Павловна,
кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Орловский государственный
университет» имени И.С. Тургенева,
зав. кафедрой технологии продуктов
питания и организации ресторанного дела

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»

Защита состоится «27» ноября 2025 г. в 13⁰⁰ на заседании диссертационного совета 35.2.018.023 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 90, тел.: +7(391)227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Присухина
Наталья Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Согласно Стратегии научно-технологического развития РФ до 2035 г., приоритетными направлениями развития являются расширение сырьевой базы, создание качественной и безопасной пищевой продукции, обладающей конкурентными преимуществами на внутреннем и внешнем рынках.

Растущий потребительский спрос на функциональные продукты, обогащенные эссенциальными нутриентами, актуализирует поиск новых видов сырья и технологических решений их переработки. В связи с этим повышается значимость использования локального дикорастущего растительного сырья для расширения рыночных предложений в сегменте продуктов здорового питания. Особый интерес в данном контексте представляет папоротник *Pteridium aquilinum*, произрастающий в Красноярском крае, который является источником микро- и макронутриентов.

Рынок продуктов из папоротника в России ограничен, более 57 % приходится на соленый полуфабрикат с высоким содержанием соли, который успешно экспортировался до 2020 года в страны Восточной Азии. В последние годы объем экспорта значительно уменьшился, а спрос на внутреннем рынке остается на низком уровне, что явилось основанием для разработки новых продуктов переработки папоротника.

Степень разработанности темы исследования. Ботанические и товароведные особенности папоротника орляка *Pteridium aquilinum*, его биология, ареал распространения, возможности использования в пищевой промышленности, а также аспекты его воздействия на организм человека являются предметом исследований ряда отечественных ученых, в числе которых Е.А. Ершова, С.А. Плотникова, И.Э. Цапалова, М.Д. Губина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский, Н.Н. Типсина, Е.В. Мельникова. Несмотря на накопленный научный и практический опыт, остаются не до конца решенными вопросы обеспечения качества и безопасности свежего сырья, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края. Выявлено незначительное количество данных по применению современных видов сушки при переработке папоротника, недостаточно внимания уделено расширению ассортимента продукции из папоротника в сегменте функциональных продуктов.

Цель исследования – разработка технологий и рецептур новых видов конкурентоспособных продуктов с доказанной пользой и отличительными признаками из папоротника *Pteridium aquilinum*, произрастающего в Красноярском крае.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

1) изучить влияние районов промышленной заготовки Красноярского края свежего папоротника на его химический состав и гигиенические показатели;

2) обосновать выбор способа сушки папоротника, определить оптимальные технологические параметры получения снеков с заданными свойствами посредством проведения полного факторного эксперимента, разработать технологию производства продуктов переработки папоротника;

3) определить регламентируемые показатели качества и безопасности, исследовать химический состав, пищевую ценность, отличительные признаки, обосновать срок годности при заданных условиях хранения снеков и порошка из папоротника;

4) проанализировать ассортимент продукции из папоротника, реализуемого на территории РФ, провести анализ рынка ириса, представленного в ритейле г. Красноярска, изучить потребительские предпочтения при выборе ириса;

5) исследовать влияние замены части сахара на порошок из сублимированного папоротника на качественные характеристики ириса литого: органолептические и физико-химические показатели, разработать рецептуру и технологию ириса с порошком из папоротника, определить его пищевую ценность, отличительные признаки;

6) рассчитать себестоимость и провести оценку экономической целесообразности внедрения разработанных продуктов переработки папоротника.

Научная новизна исследования. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 11, 13, 15, 16, 23, 28, 29 паспорта научной специальности 4.3.3.

1. Получены новые данные по составу 30 летучих соединений, из которых 28 формируют вкусоароматический профиль свежего папоротника, уточнены данные о его химическом составе в зависимости от района промышленной заготовки Красноярского края (Козульский, Курагинский, Шушенский). Качественный состав микро- и макронутриентов растения идентичен для всех образцов, количественное содержание компонентов чаще всего доминирует в сырье, собранном в Шушенском районе (п. 15, п. 28 паспорта специальности 4.3.3).

2. Впервые научно обоснована и экспериментально доказана эффективность сублимационной сушки в технологии снеков из соленого папоротника для формирования текстуры, внешнего вида, сохранения белка, способности к регидратации. Определены оптимальные технологические параметры получения снеков: продолжительность сублимационной сушки – 26 ч; вымачивание соленого папоротника – 6 ч; толщина слоя – 0,5 см; размер частиц (длина стебля) – 5 см. В результате разработанной технологии получены новые продукты: снеки с заданным составом и порошок в соотношении 85:15 (п. 11, п. 23 паспорта специальности 4.3.3).

3. Впервые показано, что сублимационная сушка соленого папоротника в выбранных условиях позволяет сохранить полный аминокислотный и жирнокислотный профиль, свойственный свежему сырью, получить новые продукты – снеки и порошок с доказанными функциональными свойствами

(степень удовлетворения уровня суточной потребности составляет: белок – 33 %; пищевые волокна – 133; пектин – 270; фосфор – 41; железо – 61; цинк – 31; витамин С – 35; витамин РР – 22; витамин А – 20 %), антирадикальной активностью, отличительными признаками высокое содержание белка, пищевых волокон, витамина С, фосфора, железа и цинка) и источник витаминов А и РР (п. 13, п. 16 паспорта специальности 4.3.3).

4. Научно обоснована рецептура ириса литого с заменой 20 % сахара на порошок из сублимированного папоротника, обеспечивающего добавленную полезность сахаристого кондитерского изделия. Введение порошка позволяет снизить содержание простых углеводов на 11 %, увеличить количество пищевых волокон на 4,2 г, пектина – на 0,6, фосфора – на 34, кальция – на 15, калия – на 10, магния – на 4, железо – на 1,3 и цинка – на 0,5 мг (п. 29 паспорта специальности 4.3.3).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в применении научно обоснованного подхода к получению продуктов переработки папоротника на основе сублимационной сушки с целью формирования качества, безопасности и сохранности нутриентов, обеспечивающих доказанные отличительные признаки.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении Методических рекомендаций по сбору и переработке папоротника (МР 10.39.17-001-2025) в производственную деятельность ООО «КомСервис Крайпотребсоюз». Разработана технология получения продуктов переработки папоротника: снеки с заданным составом (влажность, органолептическая оценка, содержание белка) и порошок в соотношении 85:15. Разработана техническая и технологическая документация: ТУ 10.39.13-015-02067876-2025 «Снеки из сублимированного папоротника»; ТУ 10.39.13-016-02067876-2025 «Порошок из сублимированного папоротника». Результаты внедрены в производственную деятельность ООО «КомСервис Крайпотребсоюз». Разработана технология и рецептура ириса с порошком из сублимированного папоротника, техническая и технологическая документация: ТУ 10.82.23-017-02067876-2025 «Ирис с порошком сублимационного папоротника». Результаты внедрены в производственную деятельность ООО «Завод Алешина», Республика Хакасия, г. Абакан и ООО «Ромбаба», Красноярский край, г. Красноярск. Полученные результаты работы были внедрены в учебный процесс ФГАОУ ВО «СФУ» для подготовки магистров по направлениям 19.04.03 «Технология продукции и организации общественного питания» и 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья».

Методология и методы исследований. Методология исследования основана на анализе научно-технической литературы и нормативной документации. В диссертационной работе применены стандартные методы исследования: аналитические, органолептические, физико-химические, микробиологические, методы планирования эксперимента с использованием программного пакета MS Excel и Statistics.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) результаты оценки влияния районов промышленной заготовки Красноярского края на химический состав, в том числе летучие компоненты, показатели безопасности свежего папоротника орляк, подтверждающие потенциал использования регионального пищевого растения в качестве источника микро- и макроэлементов;

2) параметры процесса производства снеков и порошка из соленого папоротника;

3) результаты оценки качества, безопасности и изменений в процессе хранения снеков и порошка из папоротника, подтверждающие функциональные свойства и отличительные признаки;

4) результаты оценки технологической пригодности полученного порошка из папоротника в составе ириса литого, обладающего функциональными свойствами и отличительными признаками.

Степень достоверности. Подтверждена результатами экспериментальных исследований, большими объемами экспериментальных данных, обработанных методами расчета статистической достоверности измерений с использованием программного пакета Microsoft Office Excel и Statistics.

Апробация результатов. Основные положения исследования обсуждались на всероссийских и международных научно-практических конференциях: Севастополь (2019); Красноярск (2020, 2021, 2022, 2023, 2025); Барнаул (2021); Москва (2022)

Публикации. По материалам проведенного исследования было опубликовано 16 научных работ, в том числе 5 в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых изданий, рекомендованных для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций, и приравненных к ним.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 209 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков, 38 таблиц, 220 наименований использованных литературных источников.

Личный вклад соискателя заключается в определении цели и постановке задач исследования, планировании и проведении эксперимента, статистической обработке и интерпретации полученных данных. Отдельные этапы исследования были выполнены в соавторстве: с Г. А. Губаненко была разработана общая схема исследования, проведена интерпретация полученных данных; с А. А. Анискиной получены результаты по анализу летучих компонентов; с Л. А. Маюрниковой проведен совместный анализ вопроса биологической ценности белка папоротника; с И. Д. Зыковой изучена антирадикальная активность сублимированного папоротника.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, проанализирована степень разработанности проблемы, показаны научная новизна и практическая значимость, достоверность и уровень апробации, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен критический анализ научно-технической литературы и нормативной документации по теме исследования. Рассмотрен химический состав и пищевая ценность папоротника *Pteridium aquilinum*, изучено экологическое состояние отдельных районов Красноярского края (по статистическим данным). Систематизированы сведения о технологии сбора, переработке и использовании папоротника, изучены современные методы сушки растительного сырья. Проанализированы подходы к обогащению сахаристых кондитерских изделий, в частности ириса.

Во второй главе приведена общая схема исследования (рис. 1), определены объекты и методы исследований.

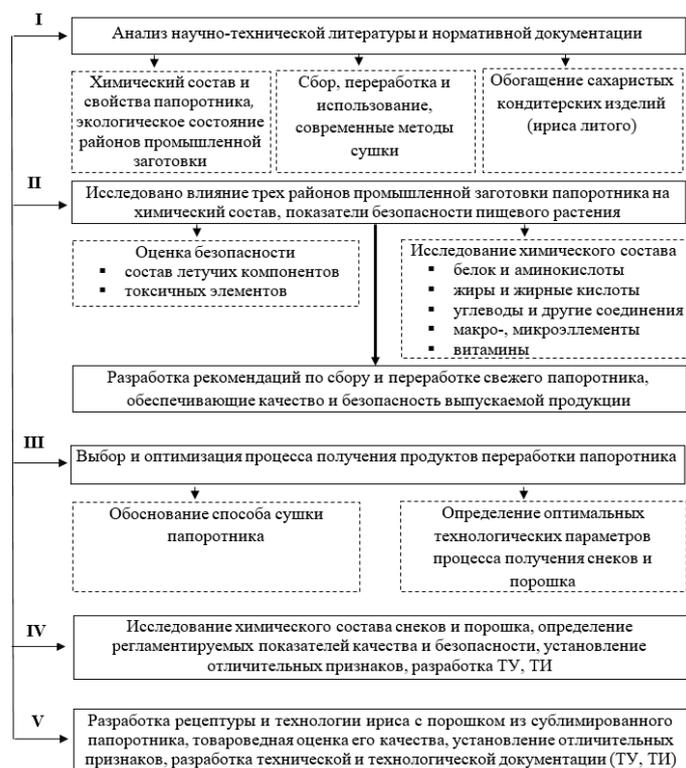


Рисунок 1 – Общая схема исследования

Объектами исследования на разных этапах работы являлись:

– свежий папоротник, собранный в районах, которые занимают наибольшую суммарную долю в формировании общего объема заготовки в структуре заготовительной деятельности Красноярского края (Козульский, Курагинский, Шушенский). Заготовку образцов для исследования проводили в мае и июне 2019–2024 гг., собирали стебель с нераспустившейся листовой пластинкой (вайя) размером до 30 см;

- подготовленный папоротник (соленый папоротник вымачивали в холодной воде при $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 6 ч, смену воды производили 3 раза, значение гидромодуля составляет 1 : 4);
- высушенный подготовленный папоротник двумя способами при щадящих температурных режимах для достижения влажности продукта 8–9 % (ИК-сушка в аппарате ПСК-1000-2020, Россия и сублимационная сушка в аппарате LP10, Корея);
- продукты переработки папоротника: снеки и порошок, полученные после сублимационной сушки в аппарате LP10 (рис. 2);
- ирис литой контрольный – образец № 1, приготовленный по авторской рецептуре и технологии; экспериментальный образец № 2 – ирис литой с заменой сахара 10%, № 3 – 20 %, № 4 – 30 % на порошок из сублимированного папоротника.



Снеки



Порошок из папоротника

Рисунок 2 – Внешний вид продуктов переработки папоротника

В диссертационной работе применены стандартные методы исследования: аналитические, органолептические, физико-химические, микробиологические, методы планирования эксперимента с использованием программного пакета MS Excel и Statistics. Опрос проводили с использованием платформы Google Forms. Пищевая ценность продукции устанавливалась расчетным методом.

В третьей главе приведены результаты анализа структуры ассортимента продуктов переработки папоротника в РФ. Установлено, что заготовкой и переработкой папоротника занимаются 66 производителей, 65 % из которых сосредоточены в СФО. На рынке России 57 % занимает соленый папоротник с высоким содержанием соли, который успешно экспортировался до 2020 г. в страны Восточной Азии. Пандемия и кризисные явления 2020–2023 гг. привели к значительному снижению экспорта, а внутренний спрос остается на низком уровне, что явилось основанием для разработки новых продуктов переработки папоротника.

Проведенная оценка свежего папоротника, собранного в трех районах промышленной заготовки Красноярского края, посредством исследования состава летучих компонентов и токсичных элементов выявила безопасность растительного сырья исследуемых территорий при соблюдении установленного нами расстояния сбора не менее 500 м от транспортных магистралей.

Определили, что из 30 летучих соединений свежего папоротника 28 относятся к безопасным и разрешенным к использованию в пищевой промышленности по ТР ТС 029/2012, формирующим ароматический профиль. Два вещества (диметилсиландиол, фенантрен) не входят в перечень регламентируемых веществ в нормативных документах по безопасности пищевой продукции.

Получены новые данные о химическом составе свежего папоротника в районах Красноярского края. Содержание белка составило от 24 до 27 %, идентифицировано 15 аминокислот, в том числе 7 незаменимых. Массовая доля липидов варьируется от 4,2 до 6,4 г/100 г. Наибольшее количество белков, аминокислот, липидов и жирных кислот отмечено в образцах из Шушенского района. Выявленную закономерность для данного места сбора можно объяснить оптимальными условиями произрастания – относительная полнота древостоев (0,3–0,6) способствует их накоплению. Количественный состав аминокислот и жирных кислот представлен в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Суммарное содержание аминокислот в свежем папоротнике, г/100 г

Район заготовки	Заменимые	Незаменимые	Общая сумма
Козульский	11,42± 0,34	8,02± 0,24	19,44± 0,58
Курагинский	11,78± 0,35	7,59± 0,23	19,37± 0,58
Шушенский	13,41± 0,40	9,49± 0,28	22,90± 0,69

Таблица 2 – Содержание основных классов жирных кислот в свежем папоротнике, г/100 г

Район заготовки	НЖК	МНЖК	ПНЖК
Козульский	1,69± 0,05	0,3± 0,0	2,2± 0,1
Курагинский	1,89± 0,06	0,3± 0,0	2,2± 0,1
Шушенский	2,6± 0,1	0,5± 0,0	3,2± 0,1

В липидных экстрактах была идентифицирована 21 жирная кислота. Во всех образцах доминировали пальмитиновая (29–31 %), линолевая (22–25 %), арахидоновая (12,3–15,5 %) кислоты. Жирные кислоты классифицированы по возрастанию числа углеродных атомов: от 14 (миристиновая кислота) до 26 (гексакозановая кислота). Основную долю составляют кислоты с 16 и 18 атомами углерода (рис. 3).

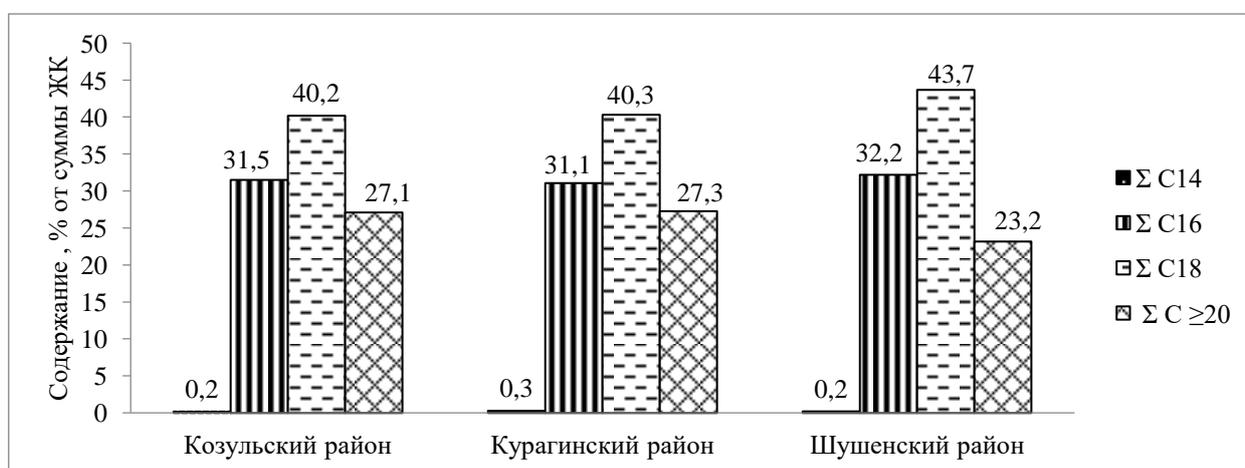


Рисунок 3 – Группы жирных кислот в зависимости от числа углеродных атомов, %

В папоротнике определены гомополисахариды (целлюлоза – до 29 %, пектин – 8 %, крахмал – 4 %), гетерополисахариды (гемицеллюлоза – 3 %) и сложный сополимер ароматических мономеров – лигнин до 16 %. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание некоторых углеводов и других соединений в свежем папоротнике, % от а.с.с.

Углеводы и другие соединения	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
Целлюлоза	23,25±0,70	29,06±0,87	27,16±0,81
Гемицеллюлоза	3,22±0,09	3,34±0,10	3,27±0,09
Пектин	8,41±0,25	8,19±0,24	7,85±0,26
Крахмал	4,51±0,14	3,98±0,12	4,33±0,13
Лигнин	15,31±0,46	15,84±0,48	15,73±0,47

Высокое содержание лигнина обуславливает необходимость заготовки побегов папоротника длиной не более 30 см и переработки в течение 3 ч после сбора. Несоблюдение этих условий приводит к усиленному накоплению лигнина, одревеснению клеточных стенок, повышению жесткости растительных тканей и потере вкусовых качеств.

В ходе исследования химического состава папоротника было выявлено наличие 5 макро- и 11 микроэлементов (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание и состав макро- и микроэлементов в свежем папоротнике

Элемент	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
Макроэлементы, мг/100 г			
Кальций	164,15±4,92	142,62±4,28	142,45±4,27
Калий	4170,14±125,10	3030,78±90,92	3187,16±95,61
Магний	232,41±6,97	253,05±7,59	199,43±5,98
Фосфор	505,11±15,15	585,17±17,56	505,08±15,15
Сера	447,68±13,43	556,53±16,70	520,92±15,63
Микроэлементы, мг/100 г			
Медь	2,22±0,07	1,82±0,05	1,42±0,04
Железо	11,03±0,33	9,25±0,28	12,52±0,38
Марганец	2,72±0,08	3,03±0,09	1,87±0,06
Цинк	6,72±0,20	7,07±0,21	6,68±0,20
Алюминий	3,26±0,09	1,62±0,05	1,29±0,04
Бор	2,18±0,07	1,81±0,05	2,06±0,06
Барий	1,98±0,06	1,17±0,04	2,11±0,06
Хром	0,18±0,01	0,10±0,00	0,08±0,00
Галий	0,03±0,00	0,04±0,00	0,02±0,00
Никель	1,17±0,04	0,65±0,02	0,36±0,01
Стронций	0,47±0,01	0,46±0,01	1,52±0,05

Наибольшее суммарное количество всех элементов обнаружено в образце из Козульского района, что объясняется особенностями почвенного покрова данной территории. Супесчаная почва данной территории с повышенным содержанием глинистых частиц обладает высокой способностью удерживать элементы, способствуя их аккумуляции в растениях. Содержание элементов в образцах из Шушенского и Курагинского районов оказалось сопоставимым и статистически не отличалось, демонстрируя схожие геохимические условия этих территорий.

В папоротнике было выявлено присутствие витаминов А, С и РР (табл. 5). Содержание в сырье витамина С достигает до 30 мг/100 г, витамина А – 192 мкг/100 г, РР – 5 мг/100 г.

Таблица 5 – Содержание витаминов в образцах свежего папоротника

Витамин	Район		
	Козульский	Курагинский	Шушенский
Витамин С, мг/100 г	30,88±0,92	24,67±0,74	27,75±0,83
Витамин А, мкг/100 г	188,38±5,65	192,21±5,77	179,48±5,40
Витамин РР, мг/100 г	5,33±1,16	5,49±0,15	4,97±0,14

Таким образом, установленные незначительные различия в химическом составе растения в зависимости от района заготовки Красноярского края обусловлены различиями в природно-климатических условиях территорий. На основании изученного химического состава с целью стандартизации требований к качеству и безопасности при заготовке и консервировании разработаны МР 10.39.17-001-2025.

В четвертой главе для выбора метода сушки подготовленного папоротника применяли сублимационную и инфракрасную сушку. Технологические параметры (толщина слоя – 1,5 см, длина частиц – 5 см, влажность готовой продукции – 9 %) установлены на основе ранее проведенных экспериментов, действующей НД и конструктивных возможностей оборудования. Оценивали внешний вид, текстуру и содержание белка. Наилучшие результаты показали: образец сублимационной сушки (12 °С, 24 ч) и образец ИК-сушки (50 °С, 18 ч). Результаты эксперимента представлены на рисунке 4.



Папоротник после
высушивания ИК



Папоротник после высушивания
в сублимационном аппарате

Рисунок 4 – Внешний вид высушенного папоротника

Для обоснования выбора сушки оценивали органолептические показатели по 5-балльной шкале с учетом весовых коэффициентов. Наибольшие коэффициенты назначены текстуре (0,35) и вкусу (0,35) как ключевым для категории «снеки», «чипсы».

Вся фокус-группа отметила воздушную, хрустящую текстуру, удобную форму, свойственный папоротнику вкус и запах с травянистым ароматом. Сублимационная сушка формирует отличительные свойства, открывая перспективы его использования в качестве снеков.

Установлена возможность восстановления высушенного папоротника до состояния, близкого к нативному. Динамика регидратации в зависимости от вида сушки и технологических параметров представлена на рисунке 5.

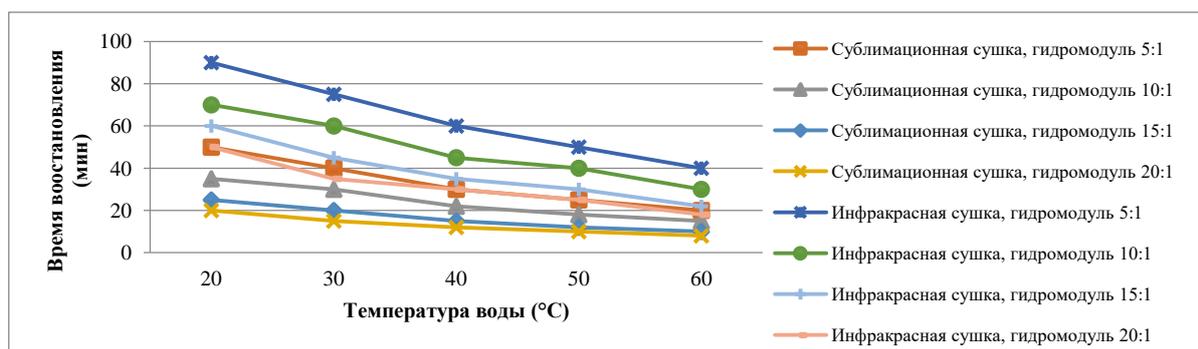


Рисунок 5 – Динамика регидратации высушенного папоротника в зависимости от вида сушки и технологических параметров

Сублимированный папоротник может использоваться как снеки или после восстановления как ингредиент для приготовления кулинарной продукции. Восстановление текстуры продукта возможно при T воды $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 20 мин.

Результаты исследования влияния параметров сушки на органолептические показатели, содержание белка, способность к регидратации показали значительное преимущество сублимационной сушки.

Для установления технологических параметров производства снеков из папоротника с заданными характеристиками проведен полный факторный эксперимент, и получены математические модели для основных исследуемых факторов. Уровни и шаги варьирования входных параметров представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Уровни и интервалы варьирования исследуемых факторов (технологических параметров)

Технологический параметр	Обозначение	Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
			-1	0	+1
Продолжительность сублимационной сушки, ч	x_1	13	13	26	39
Вымачивание соленого папоротника, ч	x_2	3	6	9	12
Толщина слоя, см	x_3	0,5	0,5	1	1,5
Размер частиц (длина стебля папоротника), см	x_4	2	1	3	5

На рисунке 6 показаны зависимости влияния управляемых факторов (технологических параметров) на контролируемые факторы процесса.

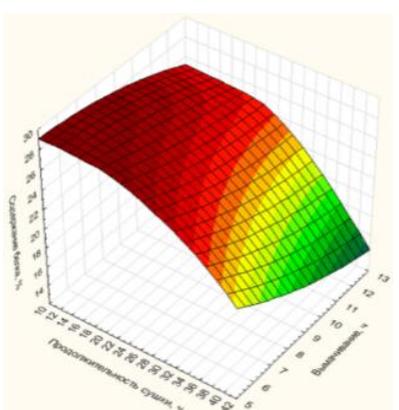
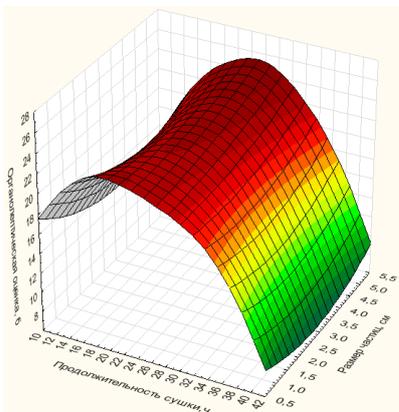
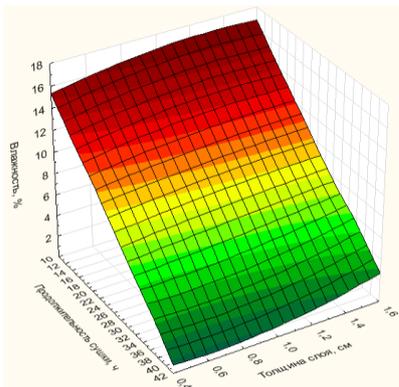
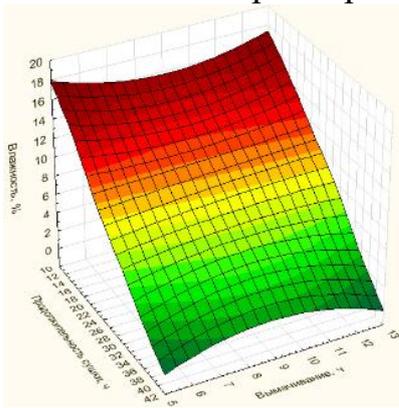


Рисунок 6 – Влияние управляемых факторов на контролируемые факторы процесса

В результате обработки данных получили регрессионные модели зависимости показателей качества:

1. Показатель влажности готового продукта: $Y_1 = 19.279 - 0.47X_1 + 0.028X_2 + 1.24X_3 + 0.122X_4$.

2. Органолептические свойства: $Y_2 = 2.578 - 0.047X_1^2 + 2.1X_1 - 6.46X_3 + 0.15X_1X_3 + 0.73X_3^2$.

3. Содержание белка: $Y_3 = 30.222 + 0.359X_1 - 0.0108X_1^2 - 0.611X_2 + 0.0185X_2^2 - 0.0128X_1X_2$.

Для решения задачи по определению оптимальных параметров процесса должны выполняться следующие условия: $Y_1 \rightarrow \min$; $Y_2 \rightarrow \max$; $Y_3 \rightarrow \max$.

В результате были определены оптимальные технологические параметры процесса производства снеков из папоротника: сублимационной сушки $X_1 = 26$ ч, вымачивание соленого папоротника $X_2 = 6$ ч, толщина слоя $X_3 = 0,5$ см, размер частиц (длина стебля) $X_4 = 5$ см, при которых достигаются значения заданных показателей качества: влажность продукта $Y_1 = 8,4$ %, органолептическая оценка $Y_2 = 24,8$ %, содержание белка $Y_3 = 27$ %.

На основании проведенных исследований разработана аппаратурно-технологическая схема, включающая этапы технологического процесса получения продуктов переработки папоротника (снеков и порошка), обеспечивающие качество и безопасность готовых продуктов (рис. 7).

На этапах сушки и фасовки снеков образуется некондиционное сырье (длина стебля менее 5 см), которое подвергается измельчению, в результате получается дополнительный продукт переработки – порошок.

Разработанная технология переработки папоротника позволяет получить два продукта: снеки и порошок в соотношении 85 : 15 % соответственно.

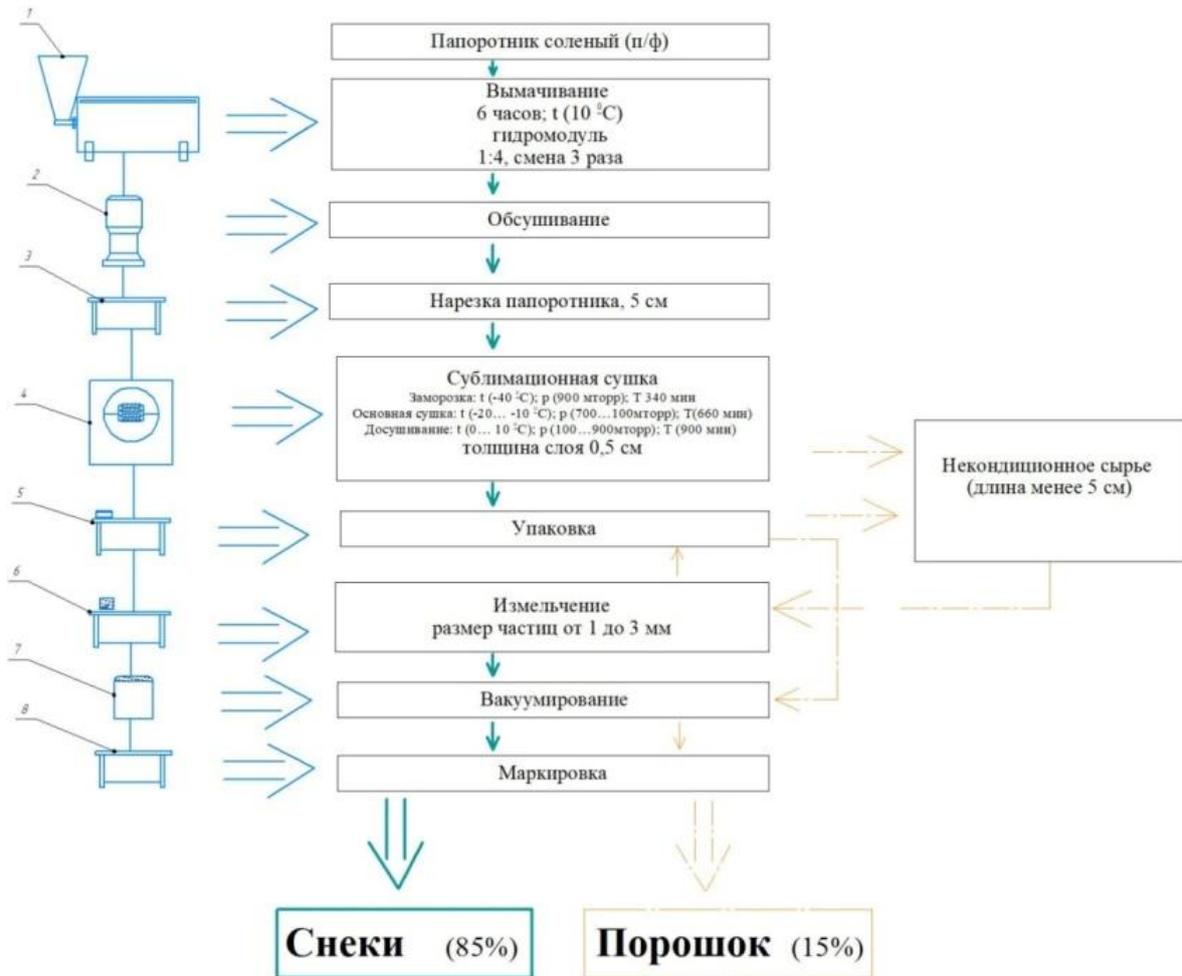


Рисунок 7 – Аппаратурно-технологическая схема процесса производства снеков и порошка из папоротника: 1 – производственная ванна, оборудованная системой дозированной подачи воды; 2 – центрифуга; 3 – производственный стол; 4 – сублимированный аппарат; 5 – стол производственный с весами; 6 – стол производственный с измельчителем; 7 – вакууматор; 8 – стол производственный

В пятой главе представлены результаты исследования органолептических и физико-химических показателей продуктов переработки папоротника, перечень показателей выбран в соответствии с ГОСТ 32065 «Овощи сушеные». Установленные характеристики снеков и порошка из сублимированного папоротника служат основой для стандартизации продукции. Регламентированы физико-химические показатели: массовая доля влаги (не более 9 %) для хрустящей, воздушной текстуры; массовая доля поваренной соли (не более 2 %) для формирования вкуса; показатель способности к восстановлению при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результаты анализа показателей безопасности свидетельствуют о соответствии снеков и порошка из папоротника требованиям ТР ТС 021/2011.

Исследование химического состава снеков и порошка из папоротника показало высокое содержание белка (25–24 г/100 г), 15 аминокислот, 44 % из которых – незаменимые (доминируют лейцин и фенилаланин+тирозин). Высокий коэффициент различия аминокислотного скора (70 %) и низкая биологическая ценность (30 %) указывают на дисбаланс аминокислотного

состава. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (77 дол. ед.) свидетельствует о способности организма эффективно усваивать значительную часть аминокислот.

В жирнокислотном составе продуктов переработки преобладают пальмитиновая (до 35,7 %) и линолевая (до 21 %) кислоты. В меньших количествах (от 6 до 10 %) присутствуют арахидоновая, α -линоленовая и олеиновая кислоты. Остальные ЖК находятся в незначительном количестве.

В снеках и порошке сохраняются витамины С, А и РР на 69, 83 и 79 % соответственно от исходного свежего сырья, а также 13 из 16 макро- и микроэлементов (стронций, галлий и хром не выявлены).

Исследование антирадикальной активности (АРА) водных экстрактов сублимированного папоротника с помощьюДФПГ-теста позволило установить, что все исследуемые образцы проявляют АРА (рис. 8).

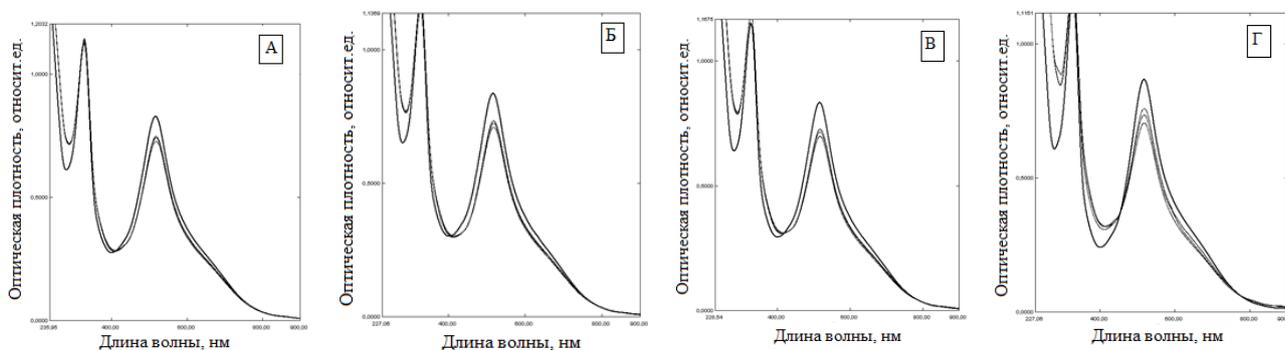


Рисунок 8 – Спектр радикала ДФПГ в этаноле и его изменение после добавления 100 мкл экстрактов в течение 30 мин: А – настаивание в воде (20 °С, 1 ч); Б – настаивание в воде (50 °С, 1 ч); В – настаивание в воде (80 °С, 1 ч); Г – настаивание в воде (100 °С, 1 ч)

Содержание пищевых веществ в снеках, порошке из папоротника и степень удовлетворения рекомендуемого уровня суточного потребления (РСП) согласно ТР ТС 022/2011 представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Содержание пищевых веществ в снеках, порошке из папоротника и степень удовлетворения рекомендуемого уровня их суточного потребления

Пищевое вещество	РСП по ТР ТС 022/2011	Содержание		Степень удовлетворения от РСП по ТР ТС 022/2011, %	
		Снеки	Порошок	Снеки	Порошок
1	2	3	4	5	6
Белки, г	75	25,0	24,0	33	32
Жиры, г	83	2,8	2,6	3	3
Углеводы, г	365	46,4	45,1	13	12
Пищевые волокна, г	30	40,01	38,41	133	128
Пектин, г	2*	5,39	5,17	270	259
Энергетическая ценность, кДж/ккал	10467/2500	1302/311	1256/300	12	12
Кальций, мг	1000	129,6	124,4	13	12

1	2	3	4	5	6
Фосфор, мг	800	325,0	312,1	41	39
Железо, мг	14	8,6	8,3	61	59
Магний, мг	400	41,2	39,6	10	10
Цинк, мг	15	4,7	4,5	31	30
Калий, мг	3500	92,5	88,8	3	3
Витамин А, мкг	800	159,61	153,23	20	19
Витамин С, мг	60	21,24	20,39	35	34
Витамин РР, мг	20*	4,33	4,16	22	21

* Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04.

Снеки и порошок из папоротника относятся к функциональным продуктам (содержание нутриентов превышает 15 % от РСП). В соответствии с ТР ТС 022/2011 продукция обладает отличительными признаками: высокое содержание (белок, пищевые волокна, витамин С, фосфор, железо, цинк), источник (витамины А, РР), что дает основание указывать их в маркировке продукции. Установлен срок годности снеков и порошка 12 месяцев при температуре не выше 20 °С, влажности воздуха не более 75 %.

Актуальность разработки нового вида ириса обусловлена свободной рыночной нишей. Анализ ассортимента в ритейлах г. Красноярска выявил его ограниченность в сегменте изделий с натуральными ингредиентами. В результате изучения потребительских предпочтений установлено, что наибольший интерес вызывает тягучий (мягкий) ирис с растительными добавками: (35 %) орехи, травы или специи (25 %) и кислые ягоды (5 %).

Современные тренды формируют спрос на продукцию с нестандартными вкусовыми решениями. В связи с этим обосновано использование порошка из папоротника в качестве натуральной добавки, создающей новый «сладко-соленый» вкус и повышающей пищевую ценность ириса, ориентированного на тренд «контрастные вкусы» и региональную идентичность.

В качестве контроля использовали авторскую рецептуру ириса. В экспериментальных образцах 10–30 % сахара заменяли на порошок из папоротника. На основании комплексной оценки органолептических и физико-химических показателей установлена рациональная дозировка 20 % (образец № 3). Полученный ирис характеризуется сливочной сладостью и умеренной соленостью. Результаты сравнительной оценки пищевой ценности ириса приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты сравнительного анализа пищевой и энергетической ценности контрольного образца и ириса с порошком из папоротника

Пищевое вещество	РСП по ТР ТС 022/2011	Содержание		Степень удовлетворения от РСП по ТР ТС 022/2011, %	
		Контрольный образец	Образец № 3	Контрольный образец	Образец № 3
1	2	3	4	5	6
Белки, г	75	1,8	4,4	2	6
Жиры, г	83	33,4	34,1	40	41
Углеводы, г	365	54,2	48,06	15	13

1	2	3	4	5	6
Пищевые волокна, г	30	–	4,2	–	14
Пектин, г	2*	–	0,6	–	30
Энергетическая ценность, кДж/ккал	10467/2500	2195/525	2157/516	21	21
Калий, мг	3500	159	169	5	5
Кальций, мг	1000	140	155	14	16
Магний, мг	400	18	22	5	6
Фосфор, мг	800	105	139	13	17
Железо, мг	14	0,9	2,2	6	16
Цинк, мг	15	–	0,5	–	3
Витамин А, мкг	800	41	58	5	7
Витамин С, мг	60	–	2,2	–	3
Витамин РР, мг	20*	2,5	3,1	13	16

* Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04.

Таким образом, замена сахара порошком из папоротника снижает содержание простых углеводов на 11 %. Образец ириса № 3 удовлетворяет суточную потребность в пектине – 30 %; фосфоре – 17; кальции – 16; железе – 16; витамине РР – 16 %, что соответствует функциональному продукту. Согласно ТР ТС 022/2011, продукт может маркироваться как «источник витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон».

Проведены расчеты основных технико-экономических показателей производства продукции из папоротника. Срок окупаемости составляет: для снека и порошка – 2 г. 2 мес.; для ириса с папоротником – от 1 г. 5 мес. до 2 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы были решены поставленные задачи, на основании чего сделаны следующие выводы:

1. Получены уточняющие данные о химическом составе свежего папоротника в зависимости от района промышленной заготовки Красноярского края (Козульский, Курагинский, Шушенский) свидетельствующие, что качественный состав микро- и макронутриентов растения идентичен для всех образцов, количественное содержание компонентов чаще всего доминирует в сырье, собранном в Шушенском и Козульском районах, что объясняется природно-климатическими условиями территории. Проведенная оценка качества свежего папоротника посредством исследования состава летучих компонентов и токсичных элементов выявила безопасность пищевого растения во всех районах заготовки в случае соблюдения установленного нами требования: безопасное расстояние сбора пищевого растения должно составлять не менее 500 м от транспортных магистралей. Впервые выявили, что из 30 летучих соединений 28 относятся к безопасным и разрешенным к использованию в пищевой промышленности в соответствии с требованиями ТР ТС 029/2012, которые формируют вкус и аромат.

2. На основании проведенного исследования по изучению влияния способов сушки (ИК-сушка, сублимационная), технологических параметров (температуры, продолжительности) на органолептические показатели, сохранность белка, способность к регидратации высушенного папоротника можно сделать вывод о значительном преимуществе по показателям качества папоротника сублимационной сушки. Определены оптимальные технологические параметры процесса получения снеков: продолжительность сублимационной сушки – 26 ч, время вымачивания соленого папоротника – 6 ч, толщина слоя папоротника – 0,5 см, размер частиц (длина стебля папоротника) – 5 см. В указанных технологических режимах достигаются заданные показатели качества снеков: влажность продукта $Y_1 = 8,4 \%$, органолептическая оценка $Y_2 = 24,8 \%$; содержание белка $Y_3 = 27 \%$. Разработанная технология производства продуктов переработки из папоротника позволяет получить два продукта – снеки и порошок в соотношении 85:15.

3. Установлены характеристики органолептических показателей для снеков и порошка из сублимационного папоротника. Введены новые физико-химические показатели продуктов: массовая доля влаги – не более 9 %, для обеспечения характерной хрустящей воздушной текстуры продукта; массовая доля поваренной соли – не более 2 %, которая формирует легкую соленость и своеобразный вкус данной продукции. Показатель развариваемость заменен на способность к восстановлению нативных свойств при температуре 20 °С, исключены: массовая доля диоксида серы и массовая доля металлических и минеральных примесей (песка). Получены новые данные по химическому составу снеков и порошка из папоротника, позволяющие сделать выводы, что количество белка, витаминов, некоторых минеральных компонентов в снеках и порошке позволяет отнести их к функциональным продуктам, так как их содержание превышает более 15 % от рекомендуемого уровня суточного потребления: белок – 33–32 %, витамин С – 35–34, витамин РР – 22–21, витамин А – 19–20, железо – 61–59, фосфор – 41–39, цинк – 31–30 %. Установили, что разработанные продукты обладают антирадикальной активностью, отличительными признаками, что дает основание для указания их в маркировке продукции: высокое содержание белка, пищевых волокон, витамина С, фосфора, железа и цинка, а также они являются источником витаминов А и РР. Определены значения регламентируемых показателей качества и безопасности снеков и порошка, на них разработаны техническая и технологическая документация. Обоснован срок хранения для снеков и порошка на основе исследования изменения показателей качества и безопасности в процессе хранения в полимерной упаковке при температуре не выше 20 °С и относительной влажности воздуха не более 75 % – 12 месяцев.

4. В России заготовкой и переработкой папоротника занимаются 66 производителей, 65 % из которых сосредоточены в Сибирском федеральном округе. На рынке долю 57 % занимает соленый папоротник с высоким содержанием поваренной соли, который успешно экспортировался до 2020 года в страны Восточной Азии. В последние годы объем экспорта значительно

уменьшился, а спрос на внутреннем рынке остается на низком уровне, что явилось основанием для разработки новых продуктов переработки папоротника, которые могут выступать как региональные «гастрономические специалитеты». В результате анализа ассортимента, состава ириса, представленного в ритейле г. Красноярска, выявлена ограниченность выбора, особенно в сегменте изделий с натуральным составом, растительными добавками. С целью оценки потенциальной привлекательности для потребителя присутствия трав, специй в составе ириса проведен опрос, результаты которого показали, что в настоящий момент у населения формируется запрос на продукты с необычным сочетанием: сладкое и соленое, горькое и пряное и другое.

5. Определена рациональная дозировка 20 % замены сахара на порошок сублимированного папоротника в рецептуре ириса, разработана технология его приготовления. Установлены значения регламентируемых органолептических, физико-химических показателей и показателей безопасности. Разработана технологическая и техническая документация.

6. Рассчитаны основные технико-экономические показатели новых видов продукции из папоротника. Расчетный срок окупаемости составляет 2 года 2 месяца для снеков и порошка, от 1 года 5 месяцев до 2 лет – для ириса с порошком из сублимированного папоротника.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах

1. Биологическая ценность белка папоротника (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn / Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 2. – С. 417–425.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, RSCI

2. Папоротник орляк обыкновенный (*Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn) как альтернативное сырье в производстве мясных изделий / Е. А. Рыгалова, Е. А. Речкина, Г. А. Губаненко, Н. А. Величко, Д. А. Черемных // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2. – С. 151–160.

3. Летучие соединения свежего *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, произрастающего на территории Красноярского края / Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, А. А. Анискина [и др.] // Ползуновский вестник. – 2022. – № 2. – С. 57–64.

4. Состояние и перспективы развития производства продукции из папоротника / Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 5(194). – С. 217–224.

5. Порошок из сублимированного папоротника в технологии ириса / Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2025. – № 6. – С. 304–318.

Публикации в других научных изданиях

6. Study of safety indicators of salted Bracken Fern *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn harvested in the Krasnoyarsk Krai / D. A. Cheremnykh, G. A. Gubanenko,

E. A. Rechkina [et al.] // E3S Web Conf. Volume 296, 2021st International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT 2021) (Scopus).

7. Маркетинговые исследования рынка ириса, реализуемого в Красноярске / **Д. А. Черемных**, Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина [и др.] // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2024. – № 2(32). – С. 60–69.

8. **Черемных, Д. А.** Использование папоротника орляк, произрастающего на территории Красноярского края / **Д. А. Черемных**, Г. А. Губаненко // Инновационные технологии пищевых производств: сборник тезисов докладов II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, 12–13 декабря 2019 г. – Севастополь: СевГУ, 2020. – С. 166–167.

9. **Черемных, Д. А.** Применение и пищевая ценность папоротника Орляк / **Д. А. Черемных**, Г. А. Губаненко // Проблемы развития рынка товаров и услуг: перспективы и возможности субъектов РФ: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Красноярск, 14–16 мая 2020 года / Сибирский федеральный университет. – Красноярск: СФУ, 2020. – С. 437–440.

10. **Черемных, Д. А.** Возможность использования соленого папоротника орляка / **Д. А. Черемных** // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 25–27 мая 2020 г. Том 1. – Кемерово: КемГУ, 2020. – С. 70–72.

11. **Черемных, Д. А.** Исследование показателей безопасности свежего папоротника Орляк *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn / **Д. А. Черемных**, Г. А. Губаненко // Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК: материалы международной научной конференции, Красноярск, 24 ноября 2021 года. – Красноярск: КрасГАУ, 2021. – С. 40–42.

12. Изучение антирадикальной активности водных экстрактов сублимированного папоротника Орляка / Г. А. Губаненко, **Д. А. Черемных**, Л. В. Наймушина [и др.] // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов IX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии», Кемерово, 17–19 мая 2021 г. Том 1. – Кемерово: КемГУ, 2021. – С. 40–42.

13. **Черемных, Д. А.** Аминокислотный скор свежих образцов *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn / **Д. А. Черемных**, Е. С. Осипова // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 23–25 марта 2022 г. – Красноярск: КрасГАУ, 2022. – С. 398–401.

14. **Черемных, Д. А.** Научно-обоснованные рекомендации по заготовке безопасного растительного сырья, на примере *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn / **Д. А. Черемных** // Проспект Свободный-2022 (по научным направлениям секций ИТиСУ СФУ): сборник материалов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной Международному году

фундаментальных наук в интересах устойчивого развития, Красноярск, 25–30 апреля 2022 г. – Красноярск: СФУ, 2022. – С. 85–90.

15. Применение папоротника Орляк для новых видов пищевой продукции / **Д. А. Черемных**, Г. А. Губаненко, Н. С. Зайцева, Е. С. Осипова // Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК: материалы II Международной научной конференции, Красноярск, 15 декабря 2022 г. – Красноярск: КрасГАУ, 2023. – С. 111–114.

16. Элементарный состав, как показатель качества и безопасности «хрустящих снеков» из папоротника / **Д. А. Черемных**, Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина, В. С. Боев // Совершенствование рационов питания населения, фудомика, обеспечение качества и безопасности пищевой и кулинарной продукции: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 12–13 декабря 2023 г. – Москва: Русайнс, 2024. – С. 226–232.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 22.09.2025. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 390

Редакционно-издательская служба Красноярского государственного аграрного университета

660017, Красноярск, ул. Ленина, 117