

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Черемных Дарья Андреевна

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

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научная специальность 4.3.3. Пищевые системы

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Губаненко Галина Александровна

Красноярск – 2025

Оглавление

Введение	5
Глава 1 Критический анализ ресурсного потенциала, технологий и направлений использования папоротника	11
1.1 Химический состав папоротника как системообразующий фактор функциональных свойств	11
1.2 Экологическое состояние районов промышленной заготовки папоротника на территории Красноярского края	15
1.3 Сбор, переработка и использование папоротника <i>Pteridium aquilinum</i>	25
1.4 Современные методы сушки растительного сырья в производстве снеков	33
1.5 Совершенствование ассортимента сахаристых кондитерских изделий путем использования продуктов переработки растительного сырья	38
Выводы по первой главе	45
Глава 2 Организация эксперимента, объекты и методы исследования	47
2.1 Общая схема исследований	47
2.2 Объекты и методы исследований	49
2.2.1 Методы исследований свежего папоротника и продуктов его переработки	51
2.2.2 Методы исследования ириса	53
Глава 3 Комплексная оценка качества и безопасности папоротника, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края	56
3.1 Анализ ассортимента продукции из папоротника, реализуемой на территории РФ	56
3.2 Влияние районов промышленной заготовки свежего папоротника на его химический состав и гигиенические показатели	62
3.2.1 Определение безопасного расстояния сбора свежего папоротника на основании гигиенических показателей	62
3.2.2 Состав летучих компонентов	65
3.2.3 Белок и аминокислоты	71

3.2.4 Жиры и жирнокислотный состав.....	73
3.2.5 Углеводы и другие соединения	76
3.2.6 Микро- и макроэлементы.....	78
3.2.7 Витамины	81
3.3 Разработка рекомендаций по сбору и переработке папоротника, обеспечивающих его качество и безопасность.....	82
Выводы по третьей главе	86
Глава 4 Разработка технологии производства продуктов переработки папоротника.....	88
4.1 Обоснование выбора способа сушки папоротника	88
4.2 Определение технологических параметров получения снеков из папоротника.....	99
4.3 Аппаратурно-технологическая схема производства продуктов переработки соленого папоротника	105
Выводы по четвертой главе	109
Глава 5 Формирование качества и безопасности новых видов продукции из папоротника.....	110
5.1 Показатели качества и безопасности продуктов переработки папоротника.....	110
5.2 Химический состав и отличительные признаки продуктов переработки папоротника.....	115
5.3 Обоснование срока годности при заданных условиях хранения, регламентируемые показатели качества, безопасности продуктов переработки папоротника.....	130
5.4 Анализ рынка ириса, представленного в ритейле г. Красноярск.....	135
5.5 Исследование потребительских предпочтений при выборе ириса (на примере г. Красноярск)	141
5.6 Разработка рецептуры и технологии ириса литого с использованием порошка из сублимированного папоротника	145

5.7 Регламентируемые показатели качества и безопасности ириса с порошком сублимированного папоротника	154
5.8 Расчет себестоимости и оценка экономической целесообразности внедрения разработанных продуктов переработки папоротника.....	157
Выводы по пятой главе	161
Заключение	163
Список литературы	166
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	197
ПРИЛОЖЕНИЕ А Методические рекомендации «МР 10.39.17-001-2025» по сбору и переработке папоротника.....	198
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема сбора и переработки папоротника	199
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акт о внедрении ООО «КомСервис Крайпотребсоюза»	200
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Технические условия «Снеки из сублимированного папоротника».....	201
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Технологическая инструкция «Снеки из сублимированного папоротника».....	202
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Технические условия «Порошок из сублимированного папоротника».....	203
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Технологическая инструкция «Порошок из сублимированного папоротника»	204
ПРИЛОЖЕНИЕ И Блок – схема технологического процесса ириса	205
ПРИЛОЖЕНИЕ К Технические условия «Ирис с порошком сублимированного папоротника»	206
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Технологическая инструкция «Ирис с порошком сублимированного папоротника»	207
ПРИЛОЖЕНИЕ М Акт о внедрении ООО «Завод Алёшина».....	208
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Акт о внедрении ООО «Ромбаба»	209

Введение

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 учёных, 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 внимание 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 г, фосфора на 34 мг, кальция на 15 мг, калия на 10 мг, магния на 4 мг, железо на 1,3 мг 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 Крайпотребсоюза». 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 Крайпотребсоюза». 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 Microsoft Office 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 макронутриентов;
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 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 проведение эксперимента, статистической обработки 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.

Глава 1 Критический анализ ресурсного потенциала, технологий и направлений использования папоротника

1.1 Химический состав папоротника как системообразующий фактор функциональных свойств

Орляк обыкновенный *Pteridium aquilinum* – крупный многолетний папоротник, достигающий высоты до 150 см. Листья папоротников, получившие особое название «вайи», дважды–трижды перистые, имеют зеленую окраску, но встречаются с бурофиолетовым оттенком или с темными продольными полосками. Вид отличается широкой географической распространенностью и встречается на всех континентах, за исключением Антарктиды. Произрастает в различных типах леса, но наибольшей численности достигает в светлых насаждениях с преобладанием сосны, березы, лиственных деревьев и т.п. Благодаря сочетанию вегетативного и спорового размножения легко разрастается на местах вырубки, а также населяет заросли на месте лесных пожаров [67; 123; 165; 168].

Папоротник *Pteridium aquilinum* является пищевым растением и характеризуется высокой пищевой ценностью за счет содержания биологически активных веществ. Исследования химического папоротника в отечественной науке ведутся уже несколько десятилетий. Одним из значимых исследователей в этой области является Цапалова И.Э., на основании результатов исследований которой в 1991 году была издана первая в стране монография «Съедобные папоротники и их рациональное использование» [160]. Автор указывает, что в папоротнике Алтая содержится: белка – 26,44 %; сахаров – 18,66 % (в том числе глюкозы – 12,26 %, фруктозы – 5,72 %, сахарозы – 0,49 % и рибозы – 0,22 %); крахмала – 2,75 %; гемицеллюлозы – 5 %; пектиновых веществ – 6,90 %; целлюлозы – 12,48 %; лигнина – 11,71 %; дубильных веществ – 2,10 %; липидов – 4,57 %. В публикации Цапаловой И.Э., Плотниковой Т.В. в орляке выявлено 17

аминокислот, из которых 38,6 % составляют незаменимые. Среди заменимых аминокислот преобладают глутаминовая и аспарагиновая, а среди незаменимых – лейцин и лизин [121; 160; 168]. В монографии приведены данные о содержании каротина – 1,5 мг/100 г, токоферолов – 2,67 мг/100 г, рибофлавина – 0,06 мг/100 г и никотиновой кислоты – 0,29 мг/100 г.

Более поздние исследования расширили и уточнили сведения о химическом составе папоротника орляка, произрастающего на других территориях. Так, Е. В. Мельникова в ходе трехлетнего цикла исследований (2010–2012 гг.) изучила состав папоротника, заготовленного в Красноярском крае. Показано, что содержание витаминов варьируется в зависимости от года заготовки: каротинов 0,67–0,73 мг/100 г; токоферола 1,8–1,93 мг/100 г; аскорбиновой кислоты 27,60–29,00 мг/100 г; рибофлавина 0,51–0,56 мг/100 г и хлорофилла 1,41–1,48 %. Содержание азотосодержащих веществ колеблется в пределах: азот общий 5,58–7,45 мг; белковый 4,78–6,59 мг; аминный 0,21–0,37 мг; летучие основания 0,19–0,42 мг и содержание сырого протеина составляет 29,89–41,10 мг [104]. В папоротнике из Красноярского края обнаружено 15 аминокислот, включая 6 незаменимых, при этом аминокислотный скор большинства из них превышает 100 %, за исключением метионина+цистина. Установлено содержание сахаров (19,01–20,21 %), в том числе редуцирующих веществ (16,26–17,77 %), сахарозы (1,77–2,79 %), сахароспиртов (0,26–0,32 %). Крахмал обнаружен в количестве 4,40–5,49 %, клетчатка 25,90–31,75 %, лигнин 17,04–19,90 % и гемицеллюлоза 2,72–3,16 %. Минеральный состав побегов включает фосфор (75 мг), кальций (110 мг), магний (14 мг), медь (6,80 мг), никель (2,40 мг), сера (100 мг), марганец (0,60 мг), натрий (49 мг) и калий (310 мг) [100].

Комплексное исследование микро- и макроэлементарного состава папоротников, произрастающих в одинаковых экологических условиях Томской области и Алтайского края, представлено в работе [158]. Анализировались кочедыжник женский, страусник обыкновенный, орляк обыкновенный, папоротник мужской. Особое внимание уделено орляку обыкновенному, в листьях которого зафиксировано наибольшее содержание кремния (0,46 %),

играющего важную роль в повышении устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам, а также в улучшении усвоения питательных веществ и фотосинтетической активности [33; 158]. Авторы разделили химические элементы на три группы: биогенные (K, Ca, Co, Fe, Na, Zn), с преобладающим токсическим действием (Ag, Ba, Br, Cr, Sr) и токсиканты (As, Sb, Th, U). Содержание железа, в зависимости от вида папоротника, варьирует в пределах от 0,08–0,45 %, натрия до 0,14 %, калия до 19,10 %. Концентрации токсичных и радиоактивных элементов не превышают допустимых уровней, что указывает на экологическую чистоту сырья и дает возможность дальнейшего изучения папоротников для внедрения их в медицинскую практику.

Характеристика химического состава свежего, соленого и замороженного папоротника орляка представлена в работе [72; 164]. Содержание в свежих побегах папоротника аскорбиновой кислоты находится в пределах 11–34 мг, токоферола до 2 мг, рибофлавина до 0,54 мг и каротиноидов до 0,71 мг. Авторы продемонстрировали, что хранение папоротника в соленом виде уступает замороженным образцам по сохранению витаминов. Анализ аминокислотного состава показал, что в свежих побегах концентрации отдельных аминокислот значительно выше, чем в переработанном. Так, содержание аспарагиновой кислоты в свежем папоротнике составляет 77,08 мг/г, тогда как в соленом и замороженном виде в 7 раз меньше – 11,84 мг/г. Подобные закономерности выявлены для изолейцина, лейцина, валина и аргинина, где их содержание в свежем сырье достигает 45,83 мг/г, 33,33 мг/г, 56,25 мг/г, 22,37 мг/г, соответственно. Жирнокислотный состав замороженного орляка включает значительные доли пальмитиновой (24,86 %), линолевой (26,02 %), α -линоленовой (11,88 %), γ -линоленовой (3,13 %) и арахидоновой (14,83 %) кислот, а также ряд минорных соединений, включая эссенциальные жирные кислоты. В результате проведенных исследований авторы сделали вывод, что хранение орляка в замороженном виде имеет ряд преимуществ (сохранение витаминов и жирных кислот практически в том же количестве, как и в свежем сырье) по сравнению с другим методом консервирования (соленье).

Исследована суммарная антиоксидантная активность (САОА) водных экстрактов 8 сушеных образцов папоротника (*Pteridium aquilinum*), заготовленных в разные годы. Показано, что уровень САОА может значительно варьироваться в зависимости от года сбора сырья: максимальное значение (8,14 г рутина на 100 г абсолютно сухого образца папоротника-орляка) зарегистрировано для образца 2007 года, минимальное (4,45 г рутина на 100 г абсолютно сухого образца папоротника-орляка) для образца 2015 года [88].

В папоротниках *Matteuccia struthiopteris*, *Pteridium aquilinum*, *Osmundastrum asiaticum* из Приморского края и Амурской области, собранных на расстоянии около 850 км друг от друга, определяли содержание жирных кислот. Содержание общих липидов колебалось от 0,8–0,9% от сырой массы у *O. Asiaticum* и до 1,0–1,2% у *P. aquilinum*. Содержание липидов в орляке обыкновенном выше, чем у двух других видов. Жирные кислоты молодых листьев включали насыщенные (14:14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0, 22:0, 24:0, 26:0), моноовые (16:1n-9, 16:1n-7, *t*-16:1n-13, 18:1n-9, 18:1n-7, 18:1n-5, 20:1n-9), полиеновые (16:2n-6, 18:2n-6, 20:2n-6, 16:3n-3, 18:3n-6, 18:3n-3, 18:3n-3, 20:3n-6, 20:4n-6, 20:5n-3). Папоротник *P. Aquilinum* имел самое высокое соотношение n-6/n-3 жирных кислот (2,6/3,2) [111; 207].

В зарубежной литературе отмечается, что папоротник *Pteridium aquilinum* содержит биологически активные вещества и обладает иммуномодулирующими, антиканцерогенными, антибактериальными, противовоспалительными и антиоксидантными свойствами [198; 216; 217]. Наряду с этим, существует многочисленный ряд исследований о том, что растение токсично из-за содержания птаквилозида – норсесквитерпенового глюкозида, проявляющего канцерогенное действие по отношению к животным и человеку. Прямое воздействие на человека оказывает употребление папоротника в пищу, а также через молоко животных, питавшихся папоротником, что подтверждено экспериментами на крысах. Однако, исследователи, занимающиеся изучением токсичности папоротника, поясняют, что на количественное содержание глюкозидов существенно влияет время и место сбора, а также качество его

переработки [180; 181; 189; 195; 199; 212; 213].

Таким образом, орляк обыкновенный *Pteridium aquilinum* – ценное, широко распространенное пищевое растение, которое отличается высоким содержанием белков, аминокислот, витаминов и минеральных веществ. Его пищевые и лечебные свойства подтверждены отечественными и зарубежными авторами, однако наряду с этим папоротник может содержать токсичные элементы и вещества, включая птаквилозид, концентрация которого зависит от места, времени заготовки и условий переработки.

Проведенный литературный анализ химического состава, пищевой ценности папоротника орляка свидетельствует, что исследования проводились на растениях, произрастающих в Алтайском крае, Новосибирской области, других регионах, автор Е. В. Мельникова в своих работах указывает место сбора Красноярский край, но конкретного района не приводится. При этом общеизвестно, что место и способ заготовки определяют качество и безопасность готового продукта. Если рассматривать временной промежуток времени проводимых исследований, то это прошлый век 1980–1995 годы, более свежие данные относятся к периоду 2010–2012 гг. В связи с этим возникает необходимость уточнения состава микро- и макроэлементов свежего, переработанного папоротника, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края, с целью создания обогащенных продуктов с подтвержденным составом БАВ.

1.2 Экологическое состояние районов промышленной заготовки папоротника на территории Красноярского края

Красноярский край, протянувшийся от берегов Северного Ледовитого океана до Саянских гор, обладает богатыми природными ресурсами, которые играют ключевую роль в экономике России. Регион занимает второе место в России по запасам лесных ресурсов. В крае одним из крупнейших предприятий по заготовке и переработке дикорастущего сырья является ООО «КомСервис

Крайпотребсоюза». В систему крайпотребсоюза входят более 30 организаций (потребительские общества, универсально-заготовительные базы, заготконторы, коопзверопромхозы), обеспечивающих общий заготовительный оборот свыше 1,2 млрд. руб. За последние годы объем заготовки ягод, включая клюкву и бруснику, увеличился и достиг около 200 т. Заготовительно-производственный комплекс объединяет заготовку, первичную переработку и реализацию продукции. Конкурентоспособность обеспечивается уникальностью, высоким качеством и оптимальной ценой, что позволяет успешно продвигать продукцию как на внутреннем рынке, так и за его пределами [40; 107].

Особое место в структуре заготовительной деятельности занимает папоротник орляк. Объемы заготовки свежего папоротника в Красноярском крае представлено на рисунке 1. Наибольший удельный вес в формировании общего объема заготовки вносят отдельные административные районы. В первую очередь это Курагинский, Шушенский и Козульский районы, которые в совокупности обеспечивают стабильность и играют ключевую роль в структуре заготовительной деятельности Красноярского края.



Рисунок 1 – Объемы заготовки свежего папоротника ООО «КомСервис Крайпотребсоюза» в Красноярском крае, т

Наибольший объём заготовки был зафиксирован в 2019 году (487 т), однако уже в 2020 году он снизился на 50 % (242 т). Негативная динамика сохраняется и в последующие годы. Данное сокращение обусловлено, прежде всего, введением ограничительных мер в период пандемии, а также общими экономическими кризисами [140].

На внутреннем рынке России папоротник не пользуется значительным спросом, что обусловлено отсутствием традиционных блюд и кулинарной практики его использования. В связи с этим большая часть (более 70 %) заготавливается и экспортируется в страны Восточной Азии – Японию, Корею, Китай и др., где широко используется в азиатской кулинарной традиции [36; 63; 126; 140].

Современные кризисные факторы привели к изменению сложившейся структуры экспорта, однако указанные изменения носят временный характер. В этих условиях представляется целесообразным уделить особое внимание вопросам производства продукции высокого качества и безопасности. Такой подход позволит в перспективе не только восстановить, но и увеличить объёмы внешнеэкономических поставок, а также сформировать интерес к данному продукту на внутреннем рынке. Высокое качество продукции из папоротника возможно лишь при строгом контроле условий его получения, где ключевую роль играет безопасность районов заготовки, поскольку экологическое состояние территории напрямую определяет гигиенические показатели и уровень доверия потребителей.

Отдельные районы Красноярского края характеризуются неблагоприятной экологической обстановкой, обусловленной деятельностью промышленных предприятий и автотранспорта [56; 69; 83; 97; 142]. Существенную долю загрязнений составляют тяжёлые металлы (ТМ), которые не разрушаются в природных условиях, накапливаются в верхнем слое почв и длительно сохраняют доступность для растений. Поступая в растения, ТМ оказывают токсическое воздействие на основные биохимические и физиологические процессы, включая водный режим, минеральное питание, дыхание, фотосинтез и рост. Поглощенные

корнями металлы транспортируются к надземной части растений, представляя угрозу для животных, растений и человека [24; 25; 68; 175; 188; 218]. Параллельно с неорганическими загрязнителями, растения активно аккумулируют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – токсичные органические соединения бензольного ряда. ПАУ имеют как биогенное, так и антропогенное происхождение, которое в основном вызвано выбросами автотранспорта. Канцерогенные свойства этих соединений в пищевом растительном сырье несут опасность для здоровья человека [171; 172; 173; 192]. В этом контексте необходимо изучить территориально-географическую расположенность районов заготовки папоротника (Курагинский, Шушенский и Козульский районы) и проанализировать их экологическую обстановку.

Козульский район расположен в северной части земледельческой зоны Красноярского края. На севере граничит с землями Бирилюсского района, на западе – Ачинского, Большеулуйского, Назаровского, на юге – Балахтинского, востоке – Емельяновского районов. Большую часть занимают лесные массивы, кустарники и болота. Растительность представлена преимущественно пихтовыми, кедровыми, березовыми и осиновыми насаждениями, а также смешанными лесами [81]. Территорию Козульского района пересекает дорога Р–255 «Сибирь» – автомобильная дорога федерального значения (Новосибирск – Томск – Кемерово – Красноярск – Иркутск). Промышленность в районе представлена предприятиями лесной отрасли ООО «Козульская лесная компания», ООО «Содружество», ООО «Новокозульский ЛПХ», ООО «Семь дней» и ООО «КДВ-ЛЕС». ООО «Таёжный» и ИП Шадрыгина А. В. занимаются посевом и убором зернобобовых и масличных культур, предприятие ИП Алиев Э. А. выращивает картофель, также в Козульском районе свою деятельность осуществляет ООО «Завод нерудных материалов» по добыче строительного камня, и ООО «Красноярский керамзитовый комбинат» занимается производством минеральных тепло- и звукоизоляционных материалов и изделий.

Курагинский район относится к южной группе районов края. Около 80% площади расположено на стыке Восточного и Западного Саяна, между ними расположен горный узел (Центральный Саян). Крайняя западная равнинная часть располагается в степной и лесостепной зонах северо-восточной окраины Минусинской котловины. Растительный покров выражает четкую высотную поясность: внизу распространены лиственничная лесостепь, березы и березово-осиновые колки, переходящие в небольшие массивы леса, на северных склонах господствуют темнохвойные леса из кедра сибирского, пихты сибирской и ели, на южных склонах преобладает светлохвойная тайга с доминированием лиственницы сибирской [35]. Территорию Курагинского района пересекает дорога 04К–029 «Саяны» – региональная автомобильная дорога (Минусинск – Курагино – Кошурникова – Кускун). В Курагинском районе действующие горнодобывающие предприятия, такие как АО «Артёмовский рудник», ООО «Константиновский рудник», АО «АЗРК» (АО «Артемовская золоторудная компания»), Курагинский щебёночный завод ФИЛИАЛ АО «ПНК». Также активно ведется лесозаготовка и обработка древесины, развито сельское хозяйство – животноводство и растениеводство.

Шушенский район располагается в предгорьях и горах Западного Саяна на стыке с Минусинской котловиной. Южное положение и разнообразие рельефа обуславливает сравнительно теплый и континентальный климат, способствующий богатству флоры. Древесный покров представлен преимущественно лиственницей, в южной части встречается сосна, а в западных районах – темнохвойная тайга [80]. Территорию Шушенского района пересекает дорога Р–257 «Енисей» – автомобильная дорога федерального значения (Красноярск – Абакан – Кызыл – Чадан – Хандагайты – государственная граница с Монголией). В Шушенском районе ведется сельское и лесное хозяйство. Добычей прочих полезных ископаемых занимаются ООО «Томская горнодобывающая компания», ООО «Сибирская горная компания», Промыслово-заготовительное общество с ограниченной ответственностью «МАЛ-ЯР».

За последние 20 лет объем выбросов в окружающую среду в Красноярском крае увеличился более чем в два раза [58]. Согласно данным формы 2–ТП (воздух), размещенным на официальном сайте «Росприроднадзора», суммарное количество загрязняющих веществ (ЗВ), выброшенных в атмосферу в 2021 году от стационарных источников, составило 2417939,47 т. В отчет включены сведения по всем районам Красноярского края, из него выбраны Козульский, Курагинский и Шушенский районы, по которым представлены суммарные объемы выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в 2020 и 2021 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Количество выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ за 2020 и 2021 гг. в районах промышленной заготовки папоротника Козульском, Курагинском и Шушенском районе

Загрязняющие вещества	Количество выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ за год, тонн	
	2020 г.	2021 г.
Козульский район		
Всего	1345,15	1652,93
– в том числе твердые	285,74	434,14
– в том числе газообразные и жидкие	1059,41	1218,79
Курагинский район		
Всего	2935,37	3802,04
– в том числе твердые	781,92	841,06
– в том числе газообразные и жидкие	2153,45	2960,98
Шушенский район		
Всего	801,65	927,98
– в том числе твердые	284,07	299,48
– в том числе газообразные и жидкие	517,58	628,5

Газообразные и жидкие ЗВ (диоксид серы, оксид углерода, оксид азота, углеводороды, летучие органические соединения, прочие) превалировали над твердыми выбросами (пыль, сажа, тяжелые металлы). Так, в 2020 году их соотношение в Козульском районе составило 3,7:1, в Курагинском – 2,7:1, в Шушенском – 1,8:1. В 2021 году данное соотношение изменилось следующим образом: в Курагинском районе – 3,5:1, в Козульском – 2,8:1, в Шушенском районе – 2,0:1. Общая динамика по трем районам свидетельствует о росте выбросов в 2021 году в среднем на 1,2 раза по сравнению с 2020 годом.

Наибольшая суммарная масса загрязняющих веществ зафиксирована в Курагинском районе: в 2021 году она достигла 3802,04 т, что превышает аналогичный показатель Козульского района на 2149,11 т, а Шушенского – на 2874,06 т. Минимальные значения выбросов зарегистрированы в Шушенском районе (927,98 т), а промежуточное положение занимает Козульский район (1 652,93 т). Согласно Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2023 году», в Козульском районе объем выбросов составил 1 585,0 т (на 67,93 т меньше, чем в 2021 году), в Курагинском – 3 953,8 т (увеличение на 151,76 т), в Шушенском – 1 184,9 т (рост на 256,92 т) [60].

Анализ структуры выбросов по видам экономической деятельности показал, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия по добыче полезных ископаемых (43,9 %). На втором месте находится производство и распределение электроэнергии, газа и воды (29,6 %), далее следуют обрабатывающие производства (18,9 %), сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство (2,2 %).

По составу выбросов в Красноярском крае наибольшая доля приходится на диоксид серы (70,3 %), оксид углерода (16,3 %), на оксид азота и твердые отходы составляют по (4,4 %); летучие органические соединения (2,6%), углеводы (1,5%), прочие (0,4%) (рисунок 2).

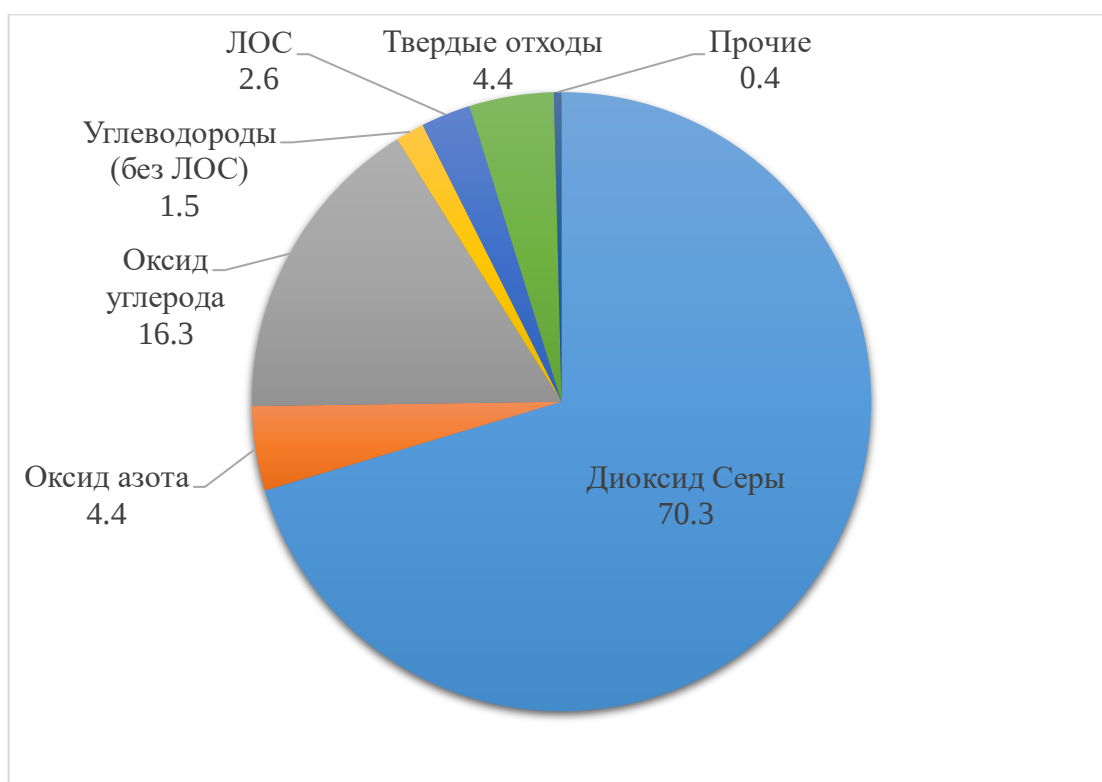


Рисунок 2 – Состав выбросов загрязняющих веществ в 2023 г в Красноярском крае, %

Существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит автотранспорт, на долю которого приходится 8,6 % общих выбросов. По данным УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю количество различных видов автомобильного транспорта в 2023 г. составило 1 135 065 единиц. На рисунке 3 представлена динамика суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Красноярскому краю с учетом выбросов передвижных источников за период 2017–2023 гг.

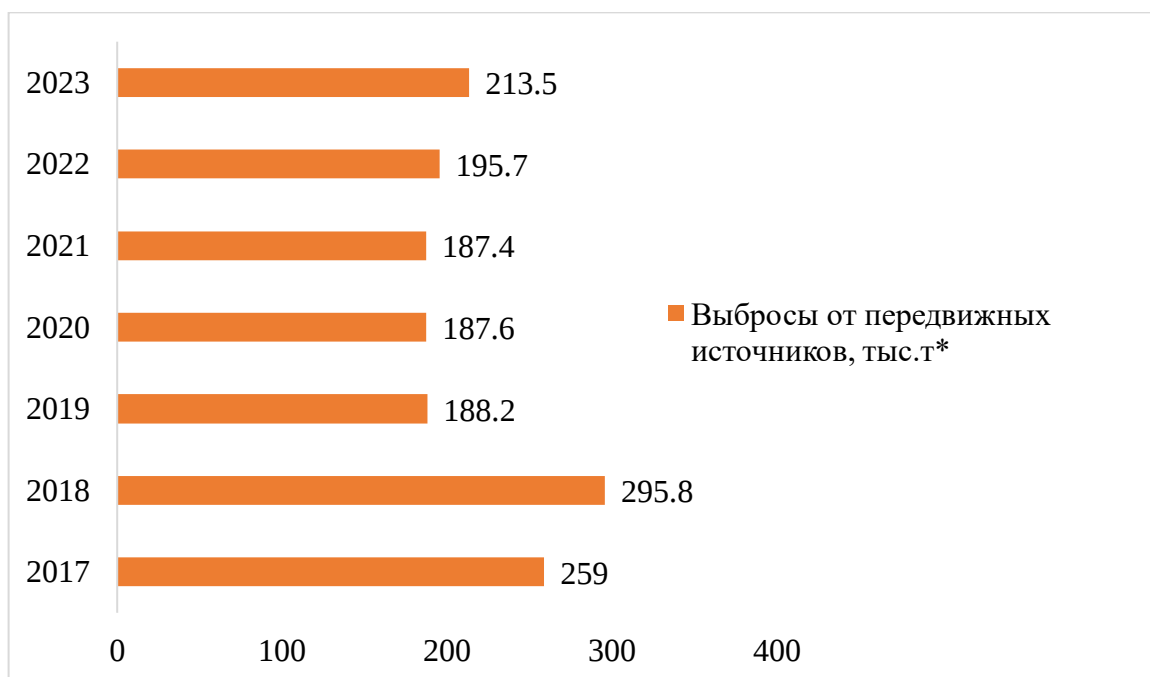


Рисунок 3 – Динамика суммарных выбросов 3В в атмосферу по Красноярскому краю с учетом выбросов передвижных источников

*данные Енисейского межрегионального управления Росприроднадзора

Наибольший объем выбросов от передвижных источников зафиксирован в 2018 г. и составил 295,8 т. В последующие годы (2019–2022 гг.) наблюдается устойчивая тенденция к снижению, в среднем в 1,5 раза, до уровня 189,7 т. Однако в 2023 году вновь отмечается рост показателя, достигший 213,5 т, что указывает на возобновление увеличения транспортной нагрузки.

В Козульском, Курагинском и Шушенском районах проходят автодороги федерального и регионального значения, обеспечивающие интенсивное движение транспорта. Так, на трассах федерального значения Р–255 «Сибирь» и Р–257 «Енисей» пиковая суточная интенсивность различных категорий транспортных средств достигает 41924 авт./сут., 11000 авт./сут., соответственно, а на трассе регионального значения «04К–029» – 12 647 авт./сут. При этом, дорога Р–255 «Сибирь» является наиболее загруженной и протяженной (1860 км), соединяя крупнейшие города Сибири, что обуславливает ее значительный вклад в загрязнение атмосферы.

Анализ динамики позволяет предположить, что снижение выбросов в 2019–2022 гг. связано с комплексом факторов, включая обновления автопарка и снижение деловой активности в период пандемии. В то же время рост выбросов в 2023 г. может быть обусловлен восстановлением транспортных потоков, увеличением интенсивности грузовых и пассажирских перевозок.

В научной литературе, посвященной вопросам заготовки лекарственного и пищевого растительного сырья вблизи автомобильных дорог, наблюдаются разночтения. Единых подходов не существует и в правовых, и нормативных документах. В одних источниках допустимым расстоянием для заготовки сырья указывается 100 м от проселочных дорог, в других – 100 м от автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения [57; 75]. В связи с этим актуальным представляется исследование химического состава папоротника с точки зрения безопасности, заготовленного вблизи от транспортных магистралей, где чаще всего осуществляется его сбор, т.к. быстрее тает снег и вырастает растение.

Сравнительный анализ экологического состояния трех районов позволяет выделить Курагинский район как наиболее неблагоприятный по уровню загрязнения: здесь наблюдается наибольший объем выбросов от стационарных источников (3 953,8 т) и существенная интенсивность по трассе 04К–029 «Саяны» (12 647 авт./сут.). Шушенский район является наиболее экологически благоприятным (1 184,9 т выбросов, интенсивность движения 11000 авт./сут), а Козульский район занимает промежуточное положение (1 585,0 т выбросов), хотя по интенсивности движения транспорта на трассе Р–255 «Сибирь» (41924 авт./сут.), он значительно превосходит другие районы.

Таким образом, выбросы от стационарных и передвижных источников, включающие газообразные, жидкие и твердые загрязняющие вещества, оказывают существенное негативное воздействие не только на атмосферный воздух, но и на почвы, водные ресурсы, и биоту в целом. В связи с этим важно проводить оценку качества растительного сырья с позиции его безопасности, для этого необходимо установить регламентируемые безопасные расстояния от

транспортных магистралей по сбору папоротника и формализовать установленные требования в рекомендациях по заготовке.

1.3 Сбор, переработка и использование папоротника *Pteridium aquilinum*

Сезон сбора папоротника начинается с конца апреля до середины июня – зависит от погодных условий и территориальной расположенности [36; 67; 121; 126; 160]. Молодые побеги орляка пригодны для употребления в пищу только на определенной стадии развития. В литературе принято выделять несколько этапов интенсивного роста: 1 – всход (кольцо) – черешок будущего листа кольцеобразно изогнут; 2 – подрост – верхушка вайи отрывается от почвы, черешок начинает выпрямляться, но еще достаточно сильно изогнут; 3 – устранение изгиба – основная часть черешка уже растет прямо вверх, но верхушка вайи ещё изогнута; 4 – шильце – верхушка выпрямляется полностью, вся вайя прямая; 5 – тройничок – из верхушки начинают разворачиваться листовые пластинки.

Оптимальными для заготовки считаются 3, 4, а также начало 5 стадии, при условии, что сбор осуществляется до полного разворачивания листовых пластинок [67; 121].

Литературные данные по данному вопросу несколько разнятся. Так, в ряде источников указывается, что сбор осуществляется при достижении побегами длины 15–25 см, при этом характерным признаком пищевой пригодности служит хруст вайи при изломе. В других работах рекомендуется проводить заготовку при высоте побегов от 18–20 см, либо до 30 см [34; 90; 126].

Согласно Закону Красноярского края от 28 июня 2007 № 2–204 «О порядке заготовки гражданами пищевых лесных ресурсов и сбора ими лекарственных растений для собственных нужд», оптимальная высота побегов, пригодных к сбору, варьируется от 20–25 см до 30–40 см. При этом побеги должны обламываться у самого основания [23].

В сыром виде побеги папоротника непригодны для употребления, поэтому при заготовке данного вида сырья необходимо строго соблюдать сроки сбора,

избегать переросших растений и соблюдать сроки хранения сырья в свежем виде [121; 126; 140; 165]. Переработка папоротника должна проводиться в кратчайшие сроки после сбора, поскольку сразу после среза в побегах активизируются процессы биосинтеза, сопровождающиеся накоплением балластных соединений. Экспериментальные исследования, проведенные при хранении пучков папоротника в течение 48 часов при температурах 0, 20 и 30 °С, показали, что дыхание растения сохраняется во всех случаях, но с разной интенсивностью в зависимости от температуры. Так, при пониженных температурах (0 °С) в первые 12 часов дыхание замедляется в 2 раза, однако при дальнейшем хранении в этих условиях наблюдается некоторое усиление окислительных процессов, сохраняющиеся даже спустя 48 часов. При 20 °С уже через 12 часов интенсивность дыхания возрастает на 11,5 %, а через 48 часов увеличивается в 1,7 раза. Наиболее выраженный пик дыхательной активности наблюдается при температуре 30 °С спустя 24 часа хранения, когда интенсивность возрастает в 2,2 раза.

Наряду с изменениями интенсивности дыхания при всех условиях хранения отмечается потеря влаги и усыхание побегов, наиболее выраженное при 30 °С. При этом ухудшается внешний вид сырья: основание черешка у среза начинает буреть уже в первые часы хранения, особенно при повышенной температуре. При 20 °С процесс потемнения замедляется, а при 0 °С папоротник остается зеленым в течение всего периода хранения.

Нарушение дыхания, испарения влаги и изменение органолептических свойств сопровождаются окислительным распадом и различными превращениями целого ряда органических соединений. Установлено, что содержание белковых веществ снижается на 2,5 % спустя 6 часов хранения и на 16,6 % через 24 ч. Параллельно снижается содержание аскорбиновой кислоты, количество которой уменьшается в 2–10 раз в зависимости от температуры и длительности хранения. Одновременно с этим накапливаются целлюлоза и лигнин, что приводит к жесткости вай. Если в первые 6 часов хранения данные изменения практически не отражаются на органолептических характеристиках, то уже через 24 часа

содержание лигнина возрастает на 25–29 %. Кроме того, показано, что в свежесобранных побегах папоротника количество целлюлозы и лигнина у основания в 2 раза выше, чем в средней части черешка (на расстоянии 6–9 см от среза), однако в процессе хранения они накапливаются по всей длине папоротника. Таким образом, оптимальным сроком хранения свежих побегов папоротника следует считать 12 часов с момента сбора при температуре близкой к 20 °С. Хранение в условиях пониженных температур объективно обеспечивает лучшее сохранение качества сырья, однако организация таких условий на заготовительных пунктах в большинстве случаев затруднительна [104; 121; 160].

Заготовка папоротника осуществляется преимущественно в полевых условиях, что обусловлено ограниченным сроком хранения сырья в свежем виде, не превышающем 12 часов. В связи с этим важным условием обеспечения сохранности и качества продукции является быстрая первичная переработка. Наиболее распространенным методом консервирования выступает соление, применение которого основано на использовании насыщенного раствора хлорида натрия, полностью подавляющего развитие микроорганизмов и обеспечивающего длительное хранение [51; 121; 126; 159; 160]. При засолке папоротника используют концентрированную соль и груз (гнет), что способствует интенсивному обезвоживанию тканей побегов и равномерному их просаливанию. Технология включает два этапа: на первом этапе перевязанные пучки папоротника укладывают рядами в емкости, каждый слой посыпают солью, а верхний слой дополнительно покрывают солью толщиной 5–6 см, при этом общий расход соли составляет не менее 25 % от массы сырья, после чего устанавливают гнет. Через 20 суток проводят второй этап, в ходе которого, не снимая груз, делают отверстие внизу бочки и сливают рассол, а затем перекладывают сырье в новую тару, повторно посыпая солью в том же соотношении, дополнительно заливают насыщенным раствором соли. Продолжительность данного этапа составляет не менее 10 суток [121; 160]. Наряду с двухэтапной схемой в практике заготовительных предприятий встречаются и трехэтапные технологии засолки, различающиеся концентрацией

соли, ее помолом и массой гнета. Например, в ООО «КомСервис Крайпотребсоюза» уже на протяжении многих лет традиционно применяется трехэтапная технология, при которой первый этап проводится непосредственно в полевых условиях, а последующие – в заготовительных цехах, что позволяет обеспечить стабильное качество и экологическую безопасность. Альтернативными методами первичной переработки папоротника являются бланширование или варка с последующей сушкой, осуществляемой как в естественных условиях, так и в сушильных установках. Оптимальная температура сушки составляет 50–70 °С [100; 104; 121; 160]. Для сохранения высокого качества папоротника рекомендуется бланширование в течение 1–2 минут или варка в течение 9 минут в варочных котлах [160].

На основании результатов литературного и патентного анализа установлено, что продукты переработки папоротника целесообразно классифицировать следующим образом: соленый папоротник (с высоким содержанием соли); сушеный папоротник (полученный бланшированием с последующей сушкой); папоротниковые пасты (представляют собой бланшированный и измельченный либо измельченный восстановленный высушенный папоротник); замороженный; экстракты (рисунок 4).

Согласно данным, представленным на рисунке 4, на основе замороженного папоротника разработана технология получения функциональных белково-витаминно-минеральных продуктов в виде концентрата и гранулята с применением соевого сырья и дикорастущего папоротника. В процессе коагуляции образуется сыворотка, отделяемая от белково-витаминно-минерального коагулята, которая содержит незначительное количество растительных жиров, белков, витаминов и минеральных веществ. Разработанная безотходная технология позволяет получить белково-витаминно-минеральную пасту (соево-папоротниковую), концентрат на ее основе, белково-углеводный гранулят, а также напиток из сыворотки. Данные продукты характеризуются высоким содержанием биологически ценных нутриентов. Экспериментальные исследования подтвердили возможность создания принципиально новых видов

пищевой продукции функционального назначения, с использованием растительных ресурсов Амурской области. Показана эффективность применения соево-папоротникового гранулята в рыбном фарше, его введение способствует увеличению содержания пищевых волокон, количественному и качественному улучшению минерального состава, при одновременном снижении калорийности [13; 14; 136; 137; 138].

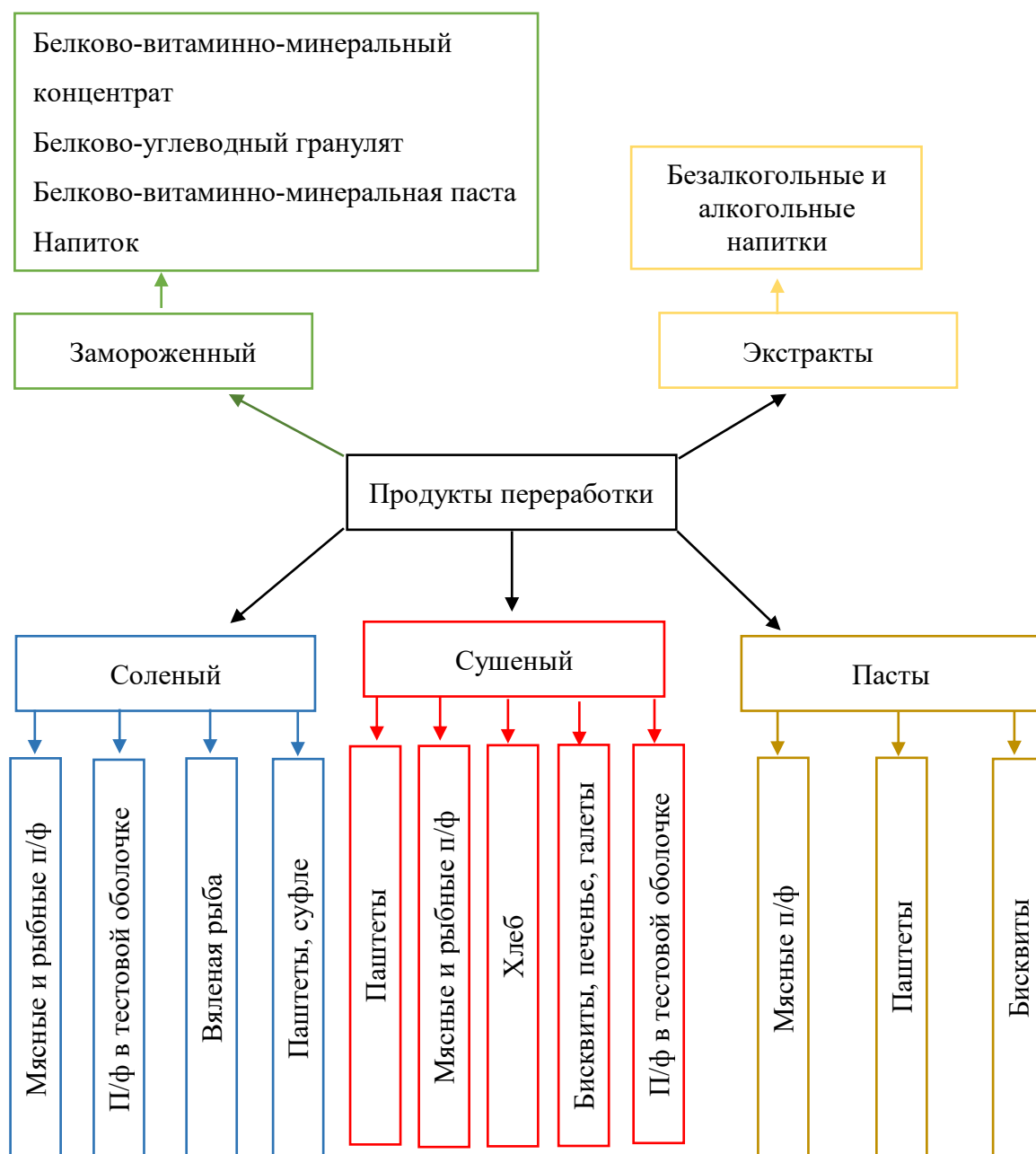


Рисунок 4 – Классификация продуктов переработки составлено автором по данным литературных и патентных источников [11; 13; 14; 21; 37; 89; 101; 102;

Экстракты папоротника находят применение при производстве безалкогольных и алкогольных напитков. В безалкогольных напитках их использование обеспечивает натуральность и качество, улучшение органолептических характеристик, предотвращает образование осадков, упрощает технологический процесс и расширяет ассортимент. В составе алкогольных напитков, папоротниковые экстракты способствуют снижению солей калия и кальция в коньячном спирте в 2 раза, присутствие которых вызывает помутнение [11; 12; 21; 106; 109; 110; 152; 153; 161].

Использование соленого папоротника в рецептурах различных продуктов активно изучается в последние годы (2017–2025 гг.). После предварительного вымачивания, направленного на удаление избыточного количества соли, папоротник используется при производстве мясных и рыбных полуфабрикатах, изделий в тестовой оболочке (пельмени, гедзе), паштетов и суфле, а также в технологии вяления рыбы [20; 37; 45; 61; 65; 89; 93; 116; 117; 134; 156; 170]. Исследования показывают, что включение папоротника в рецептуры оказывает комплексное положительное влияние на качество продукции. Так, установлено, что внесение папоротника в мясной фарш из конины в количестве 15 % способствует получению функционального мясосодержащего продукта с высокими органолептическими характеристиками, отличающимися повышенной сочностью готовых изделий. Рассмотрена также возможность применения данного сырья при производстве рыбных полуфабрикатов (фрикаделек) в дозировке 5 % от массы рыбного фарша, что сопровождалось улучшением органолептических показателей и увеличением содержания белка и фосфора в сравнении с контрольным образцом. Использование соленого папоротника в рецептурах мясных паштетов и суфле способствует формированию более нежной консистенции, улучшению витаминно-минерального состава. Так, внесение 10 % папоротника в паштет из индейки способствует увеличению витаминов: А, бета-каротина, С, В₁, В₉, К, Н и минеральных веществ Са, Mg, К, Со, Mn, Cu, Se, F, Si. Особый интерес представляет разработка технологии вяленой камбалы с

добавлением дикорастущего растительного сырья Камчатского края (черемша и папоротник). Для изготовления опытных образцов папоротник вымачивался до содержания соли 4–6 % (при двукратной смене воды в течение 15–20 ч) и измельчался до частиц 1–3 мм, черемшу промывали водой и сушили в сушильном шкафу при температуре около 55 °С в течение суток для удаления влаги. Камбалу разделявали на филе, солили сухим способом и обесшкуривали. Соленое филе камбалы обваливали в смеси растительных добавок и специй.

Значительное внимание уделяется исследованию порошка из папоротника как компонента в рецептурах хлеба, кондитерских изделиях, мясных и рыбных полуфабрикатов, паштетов и сыров [32; 49; 62; 78; 84; 102; 103; 133; 146]. Установлено, что порошок позволяет обогатить продукты биологически активными веществами. Например, при создании бисквита выявлено, что образец с добавлением 3 % порошка папоротника от массы муки обладает оптимальными органолептическими характеристиками, тогда как увеличение дозировки до 5–7 % приводит к снижению качества (ухудшению вкуса, аромата и структуры). В бисквите с добавлением порошка 3 % по сравнению с контрольным образцом увеличивается содержание пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Порошок вводился в рецептуру хлеба уральского, путем замены 5 %, 15 %, 25 %, 35 % пшеничной муки. Установлено, что изделия с содержанием 25 % и 35 % порошка не соответствуют требованиям ГОСТа. Оптимальным образцом является хлеб с 15 % заменой, который соответствует нормативам и имеет повышенную пищевую ценность. Использование 15 % порошка в рубленых полуфабрикатах из мяса обеспечивает высокие органолептические показатели и максимальную влагосвязывающую способность (65,7 %), за счет содержания в папоротнике гемицеллюлозы и других влагосвязывающих веществ.

Применение папоротниковой пасты нашлось в рецептурах мясных полуфабрикатах, паштетах и бисквитах [48; 74; 87; 101; 135]. Так, были разработаны рецептуры мясорастительных, рубленых полуфабрикатов (зразы) с замещением мясного сырья пастой в количествах 5 %, 10 %, 15 %, 30 %, 45 %. Результаты показали, что внесение данного продукта приводит к увеличению

содержания белка (на 12 %), углеводов (на 52 %), пищевых волокон (в 10 раз), а также к значительному росту уровня отдельных минеральных элементов и витамина С. Лучшие органолептические свойства отмечены у образца с 30 % заменой мясного сырья. Папоротниковая паста позволяет не только существенно повысить пищевую ценность продукции, но и снизить ее себестоимость. Например, стоимость паштета из мяса кролика при ее добавлении снижается на 25,9 %. Интересным представляется разработка рецептуры бисквита с заменой части яично-сахарной смеси на пюре из папоротника. При дозировке 15 % наблюдалось повышение пенообразующей способности, устойчивость пены, снижение плотности теста. Готовое изделие обладает высокими органолептическими показателями (равномерная пористость, приятный цвет и запах), имеет в своем составе белки растительного происхождения – 5,8 г, сниженное количество жиров и простых углеводов.

Таким образом, в научной литературе отмечаются разночтения относительно оптимальной высоты побегов папоротника, при которой рекомендуется проводить заготовку, однако исследователи едины во мнении, что срок хранения свежесобранного сырья крайне ограничен (не более 12 часов). Это обусловлено активными биохимическими процессами, происходящими в папоротнике, вследствие чего первичная переработка должна осуществляться непосредственно после сбора. Наиболее распространёнными методами полевой переработки считаются соление и бланширование с последующей сушкой. В современных условиях наиболее экологичным, экономичным и удобным способом для заготовителей является именно соление.

Анализ литературных и патентных источников позволил систематизировать основные направления переработки папоротника, не ограничиваясь полевыми условиями. К ним относятся: соленый папоротник; сушеный папоротник; папоротниковые пасты; замороженный папоротник и экстракты из папоротника. Данные продукты служат сырьевой основой для дальнейшего использования в составе различных пищевых продуктов. Их применение целесообразно рассматривать не только в контексте сохранения и повышения содержания

биологически активных веществ, но и с позиции расширения ассортимента продукции из папоротника, востребованной на внутреннем рынке.

Несмотря на широкий спектр описанных в научной литературе направлений использования папоротника, анализ фактического ассортимента продукции, проведенный в главе 3, выявил его ограниченность. Данное исследование позволило сформировать предложение по созданию потенциально новых видов продукции из сушеного папоротника.

1.4 Современные методы сушки растительного сырья в производстве снеков

В последние годы в условиях активного развития так называемой «ленивой экономики» возрастает интерес к продуктам с высокой степенью готовности к употреблению. Среди них особое место занимают полуфабрикаты из фруктов и овощей. При этом наибольшее значение имеют готовые к употреблению плодоовощные изделия, обладающие высокой пищевой и биологической ценностью [38; 55; 185; 183; 191].

Одним из ключевых направлений производства таких продуктов выступает технология сушки пищевого сырья. Актуальность данного процесса обусловлена низкой устойчивостью свежесобранных плодов и овощей, характеризующихся высоким содержанием влаги, что ограничивает сроки их хранения. Удаление влаги посредством тепловой обработки и доведение влажности до 14 % обеспечивает возможность длительного хранения [55].

Сушеные продукты концентрируют в себе питательные вещества и, по сути, являются пищевыми концентратами. Термин «концентрат» происходит от латинского «*concentrate*», т.е. «сосредотачивать», что отражает сущность данных продуктов. Концентрированные пищевые продукты характеризуются рядом технологических и потребительских преимуществ: низкая влажность способствует их продолжительному хранению; снижение массы и объема облегчает транспортировку; высокое содержание питательных веществ повышает биологическую ценность и усвояемость. Перечисленные свойства

предопределили широкое распространение концентратов в форме фруктовых и плодовоовощных чипсов [55].

Согласно расширенной классификации многокомпонентных функциональных снеков, предложенной Зотовой Л. В., фруктовые и овощные чипсы относятся к категории натуральных снеков. Под снеком в научной литературе понимаются продукты, состоящие из одного или нескольких видов биологически ценного сырья, предназначенные для длительного хранения, фасованные в индивидуальную упаковку небольшой массы, полностью готовые к употреблению и способные восполнять дефицит пищевых веществ [71].

Исторически чипсы рассматривались как один из древнейших видов снековой продукции. По данным специалистов в области пищевых технологий, их первое промышленное производство было организовано в середине XIX века в американском городе Саратога. В дальнейшем они получили широкое распространение в мире, а в СССР чипсы стали известны лишь с 1960-х годов [71].

В современной потребительской среде под термином «чипсы» традиционно понимаются тонкие хрустящие ломтики картофеля или, реже, других овощей, подвергнутые обжариванию в масле (фритюр). Однако данный метод производства имеет существенный недостаток – при непродолжительном хранении обжаренных чипсов происходят окисление и гидратация жиров, что приводит к изменению вкусовых характеристик и снижению качества [71; 185; 187].

В связи с этим разработка технологий получения чипсов из растительного сырья без применения традиционного обжаривания в масле стала предметом активных исследований многих авторов. В качестве сырья для производства снеков используют широкий спектр фруктов, овощей и плодов. При этом применяются различные способы тепловой обработки, включая конвективную, кондуктивную, СВЧ-сушку, инфракрасную, сублимационную и другие, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками [16-18; 28; 29; 41; 43; 44; 53; 70; 76; 79; 99; 113; 125; 132; 141; 143; 151; 174; 176, 178, 179, 182, 184, 186,

190, 196, 197, 201-203; 205; 206; 208-210; 214; 215; 219; 220].

Конвективная сушка является наиболее распространённым и технологически простым методом обезвоживания растительного сырья. Температура процесса варьируется 70 – 120 °С. Основными достоинствами метода является низкая себестоимость и технологическая универсальность, однако продолжительность процесса и выраженные потери термолабильных соединений ограничивают его применение при производстве функциональных продуктов. Например, при сушке черники при 80–90 °С отмечено снижение содержания витамина С на 39 %, а антоцианов на 19,5 %. Микроволновая сушка (СВЧ) проводится при относительно низких температурах (30–60 °С), что способствует сохранению биологически активных веществ. В то же время эффективность процесса ограничена сравнительно низким коэффициентом полезного действия (около 60 %), а также риском разрушения клеточных структур и выделением клеточного сока, что с одной стороны снижает механическую прочность ткани, но с другой – может служить фактором интенсификации при получении сока. Инфракрасная сушка (ИК) представляет собой современную энергосберегающую технологию, основанную на способности молекул воды активно поглощать инфракрасное излучение. Данный метод обеспечивает более высокую скорость обезвоживания по сравнению с конвективным и позволяет сохранить до 60–70 % витаминов. Сублимационная сушка (лиофилизация) рассматривается как один из наиболее прогрессивных методов консервирования. Обезвоживание происходит за счет сублимации кристаллов льда в условиях вакуума с частичным испарением переохлажденной жидкости, что позволяет сохранить нативную структуру. Продукты, полученные данным способом, с учетом оптимально подобранных технологических параметров, характеризуются высокой степенью сохранности биологически активных веществ (до 90 % витамина С, 95 % антиоксидантов, 98 % минеральных веществ), отсутствием потемнения, они сохраняют вкус и аромат. Кроме того, лиофилизированные продукты практически не подвержены микробиологической порче вследствие низкой активности воды. Основными недостатками метода является высокая

энергоёмкость и длительность процесса, однако при переходе на крупномасштабное производство возможно значительное повышение энергоэффективности [54; 115; 169; 131; 85; 27; 193; 52; 157]. Влияние различных методов сушки на свойства продукции по литературным источникам представлено на рисунке 5.

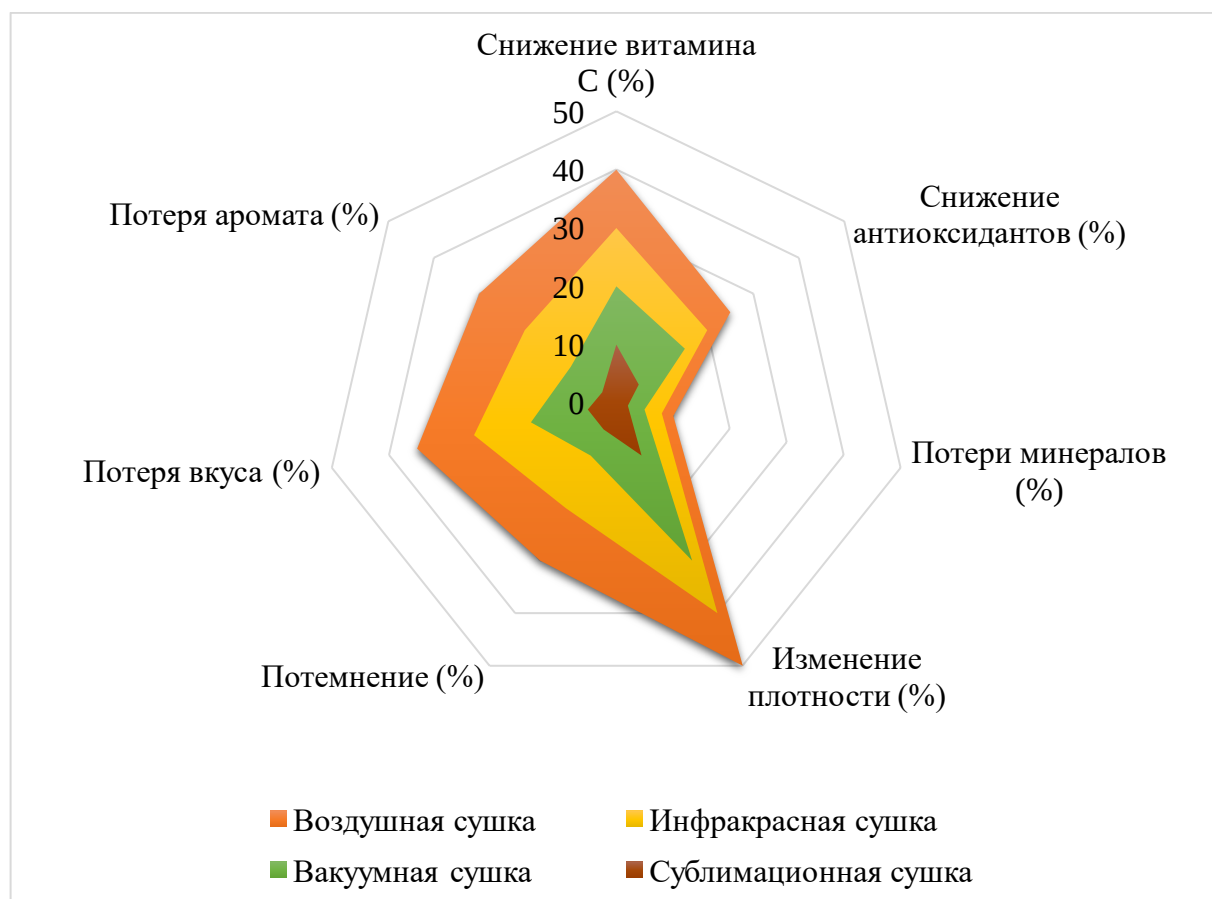


Рисунок 5 – Влияние различных способов сушки на показатели качества продукции, % (составлено автором по [131])

Таким образом, проведенный анализ литературных источников позволяет заключить, что сублимационная сушка имеет ряд существенных преимуществ:

- длительный срок хранения (до 10–15 лет без утраты качества);
- максимальное сохранение пищевой и биологической ценности;
- высокая сохранность вкусо-ароматического комплекса;
- значительное снижение массы за счет удаления до 98 % влаги;
- возможность быстрой регидратации (от 5–8 минут) как с использованием

горячей, так и холодной воды.

Существенным фактором, определяющим актуальность внедрения технологии сублимационной сушки, является ее востребованность на мировом рынке. В 2021 году объем рынка лиофилизированных продуктов оценивался 11,63 млн долларов США, при этом сегмент фруктов занимал наибольшую долю, и по прогнозам сохранит лидирующие позиции до 2027 года. За ними следуют овощи, напитки и мясо. Дополнительным стимулом для роста рынка послужила пандемия COVID-19, вызвавшая резкий рост спроса на продукты длительного хранения [39; 46].

В России производство сублимированных овощей, фруктов, ягод и грибов в основном ориентировано на сегмент B2B, поставляясь для включения в состав каш, йогуртов, кондитерских изделий, чаев и других продуктов. Однако в последние годы отмечается постепенное развитие и сегмента B2C, что стимулирует рост конкуренции и повышение качества продукции [46].

Развитие «ленивой экономики» стимулирует рост спроса на продукты высокой степени готовности, среди которых особое место занимают фруктовые и овощные снеки. Ключевым направлением их производства является сушка, позволяющая продлить срок хранения и сохранить концентрацию БАВ. При этом важным условием является подбор оптимальных параметров сушки, от которых зависит качество продукта. Наиболее перспективным методом является сублимационная сушка, обеспечивающая максимальное сохранение пищевой и биологической ценности, органолептических показателей при длительном сроке хранения. Несмотря на высокую энергоемкость, ее востребованность на мировом рынке и рост интереса в России, включая сегмент B2C, определяют актуальность проведения исследований возможности получения снеков из папоротника при различных видах сушки.

1.5 Совершенствование ассортимента сахаристых кондитерских изделий путем использования продуктов переработки растительного сырья

Сахаристые кондитерские изделия (СКИ) относятся к числу востребованных продуктов в ежедневном рационе всех возрастных категорий населения. По данным международной статистики, объем мирового рынка СКИ в 2019 году достиг 56,3 млрд долларов США, что на 16 % превышает уровень 2016 года. В 2020 году наблюдалось снижение емкости рынка на 5 % (до 53,5 млрд долларов США), обусловленное введением режима самоизоляции, перебоями в логистике и временной остановкой производства. Однако, как отмечают аналитики, внешние кризисные факторы не могут в долгосрочной перспективе существенно ограничить способность продовольственной системы удовлетворять потребности населения. Согласно прогнозам, в последующие годы рынок будет демонстрировать положительную динамику со среднегодовым приростом около 5,03 % [114; 118].

В структуре мирового рынка сахаристых кондитерских изделий на протяжении последних 5 лет лидирующую позицию занимают леденцы, объем которых в 2020 году составил 14,4 млрд долларов США (26,8 %). Значимую долю занимает сегмент мятных леденцов (7,8 млрд долларов США, 14,6 %). Второе место приходится на ирис и карамель – 12,4 млрд долларов США (23,1 %). На долю жевательной резинки и жележных конфет в 2020 году приходилось 19,7 % или 10,5 млрд долларов США. Медицинские сахаристые кондитерские изделия составили 10,1 % (5,4 млрд. долларов США), а категория «прочие виды» – 5,7 % (3,0 млрд долларов США) [114]. Наиболее высокие среднегодовые темпы роста в 2016–2020 гг. продемонстрировал сегмент леденцов (4,1 %), а также ирис и карамель (3,0 %).

Среди рассматриваемых видов сахаристых изделий за период 2016–2020 гг. наибольшие среднегодовые темпы роста продемонстрировал рынок леденцов (4,1

% в год), ирисок и карамели (3,0 %), медицинских сахаристых кондитерских изделий (2,4 %) (рисунок 6).

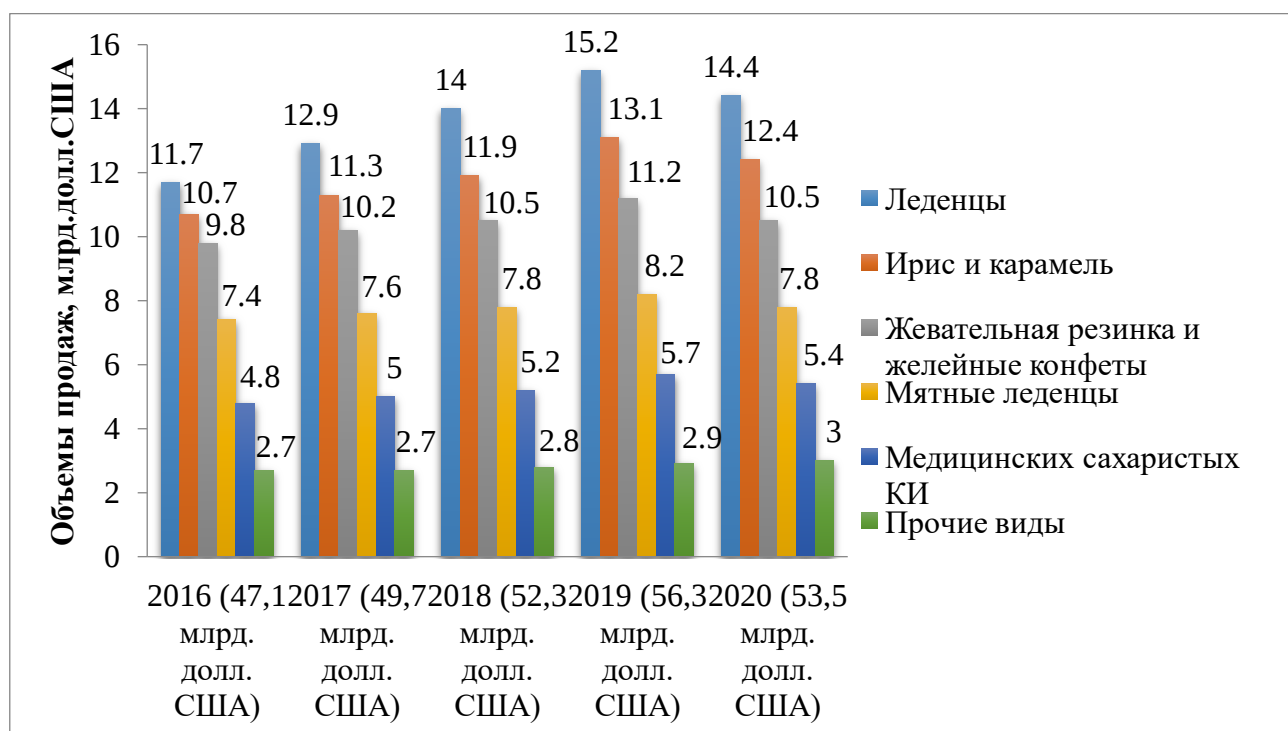


Рисунок 6 – Структура мирового рынка по видам кондитерских изделий, 2016–2020 г., млрд. долларов США

В России снижение объемов реализации СКИ в 2018–2022 гг. на 7,1 % (с 712,4 до 662,0 тыс. т.), отражает тенденции мирового рынка (рисунок 7).

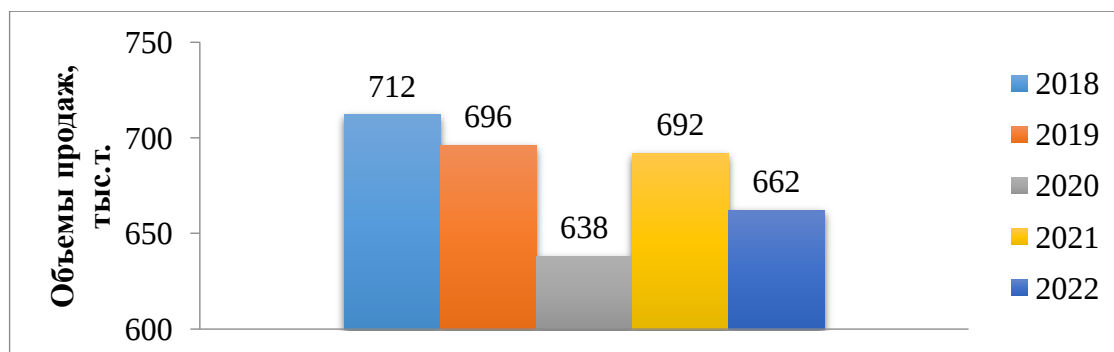


Рисунок 7 – Объемы продаж сахаристых кондитерских изделий в России в 2018–2022 гг., тыс. т.

В России сокращение потребления СКИ также было связано с падением реальных доходов населения и изменением структуры потребительских расходов. Так, в 2020 году объем продаж снизился до 638 тыс. т, однако в 2021 году отмечался рост на 8,5 % вследствие экономической активности. Новый кризисный этап 2022 года, вызванный внешнеполитическими факторами, вновь привел к сокращению продаж на 4,4 %. При этом снижение объясняется в большей степени уходом зарубежных производителей и сокращением ассортимента, чем ухудшением покупательской способности населения [30; 31; 64].

Российская экономика демонстрирует адаптивность к внешним шокам, что выражается, в частности, в устойчивом развитии процессов импортозамещения. В пищевой промышленности в марте 2023 года прирост производства составил 1,2 % к уровню предыдущего года. В связи с этим можно заключить, что спрос на отечественную кондитерскую продукцию, включая СКИ, будет возрастать. Это обуславливает необходимость создавать новые виды данной продукции, однако задавать вектор не только в сторону увеличения ассортимента вкусной кондитерской продукции, но и производить качественные и безопасные с отличительными признаками СКИ [95; 129].

Особое место в структуре потребления на рынке сахаристых кондитерских изделий занимает ирис. Согласно ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия», ирис определяется как сахаристое кондитерское изделие из ирисной массы с массовой долей влаги не более 10 % и жира не менее 3 %. В зависимости от способа изготовления ирис подразделяется на литой (аморфной структуры) и тираженный (частично закристаллизованной структуры) [6].

Процесс производства ириса любого вида начинается с приготовления рецептурной смеси, определяющей органолептические и физико-химические свойства готового изделия. Один из способов приготовления рецептурной смеси заключается в тщательном смешивании цельного молока с сахаром-песком или сахарным сиропом, после чего в смесь вносится патока. Следующим этапом вводится жир, чаще молочный или растительный, который обеспечивает пластичность массы и предотвращает кристаллизацию. Пропорция жиров

варьируется в зависимости от желаемой консистенции: увеличение их доли в рецептуре делает текстуру более мягкой. Другой способ предполагает использование сгущенного молока, которое содержит сахар, жир и часть влаги. Такая технология упрощает процесс приготовления и сокращает время варки. Независимо от выбранного способа, после объединения всех компонентов проводится термическая обработка, в процессе которой протекают реакции меланоидинообразования и карамелизации, в результате формируется характерный коричневый цвет и карамельно-молочный аромат ириса. Продолжительность термической обработки и температура усиливают интенсивность цвета и вкуса. Ассортимент изделий расширяется за счет включения орехов, шоколада и других ингредиентов [47].

Современные исследования направлены на повышение пищевой ценности ириса за счет использования растительного сырья, богатого биологически активными веществами. Так, в работах, проводимых в Красноярском государственном аграрном университете, обоснована эффективность применения порошков из ягод калины, клюквы, ирги, барбариса, шиповника, сибирской груши, мелкоплодных яблок, а также смеси травянистых и цветковых растений (мелисы, ромашки) в составе ириса [59; 77; 98; 112; 122; 144; 145; 147].

Применение в технологии ириса сухой калины, клюквы в количестве 14 % способствует улучшению органолептических, физико-химических показателей кондитерских изделий, увеличению минеральных веществ: К, Mg, P, Ca, Na и витаминов B₁, PP [144; 147]. Установлено, что введение 7 % порошка барбариса в литой ирис улучшает органолептические характеристики и увеличивает содержание витаминов B₆, A, C [98]. Замена части сахарной пудры на порошок Сибирской груши (не более 50 %) способствует повышению органолептических свойств и позволяет расширить ассортимент кондитерских изделий [112]. А ирис с порошком из мелкоплодных яблок отличается высоким содержанием пектиновых веществ [145]. При использовании смеси лекарственных растений (мелисы и ромашки) в рецептуре ириса тиражного в дозировке 50 % с заменой сахарной пудры, экспериментально доказано уменьшение редуцирующих веществ

и увеличение массовой доли влаги. Добавление смеси мелисы и ромашки более 50 % отрицательно влияет на органолептические показатели [59].

Другие исследования подтверждают целесообразность обогащения ириса функциональными добавками: замена 15 % сливочного масла на семена льна в качестве источника витаминов и минеральных компонентов [149], сок и фитопорошки из ягод калины и голубики, обеспечивающие антиоксидантные и витаминные свойства [155]; кофейные экстракты в качестве натурального ароматизатора [139]; панты северного оленя и антиоксидантный премикс «Лавитол–М», придающие иммуностимулирующие свойства [154].

Разработан патент на ирис тираженный, где в рецептурную ирисную смесь вносили овсяную муку, тыквенно-облепиховое пюре, после чего полученную смесь уваривали до влажности 8–10 %, вносили экстракт корня топинамбура при непрерывном перемешивании, далее проводили тиражение массы путем ее вымешивания, охлаждали до температуры 35–45 °С и формовали на отдельные изделия. Ирис имеет повышенное содержание витаминов группы А, В, С, бета-каротина, пищевых волокон [19].

Существует технология производства ириса, включающая использование кукурузной мезги или кукурузного жмыха. В целях изобретения заложено повышение показателей качества кондитерских изделий, уменьшение себестоимости продукта, экономия сырья и увеличение выхода готового ириса. Достижение цели обосновано применением в технологии ириса вторичного сырья, характеризующегося повышенным содержанием белка до 30 %, жира до 12 %, пищевых волокон до 55 % [22; 86].

Другими примерами повышения пищевой ценности тиражированного ириса можно считать изделия с добавлением соевого изолята в количестве от 3,0–8,0 %, а также муки из женьшеня, ржи, овса и гречки от 2,0–3,5 % к общей массе ингредиентов. Перед началом тиражирования в состав добавляют обогащающие ингредиенты, такие как измельченный изюм, курага, орехи, пропаренный мак в количестве от 1,0–6,0 % к общей массе компонентов, а также сухой экстракт

корня элеутерококка или гидролизат мидий МИГИ-К-ДВ в количестве от 0,01–0,1 % к общей массе [10].

Разработчики Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова изучили возможность использования ядер сладкого миндаля при производстве ириса. В рецептуру изделия вводили измельченные ядра сладкого миндаля от 3 до 12 % к массе сахара. По результатам органолептической оценки, оптимальная дозировка растительного ингредиента составила 7 %, что определило выраженный ореховый привкус и аромат, более светлый цвет, гляцевую поверхность. Измельченные ядра сладкого миндаля обогащают ирис биологически активными веществами: К (583 мг), Mg (86 мг), Са (180 мг), Р (123 мг), Fe (1,9 мг), Zn (0,07 мг) и витаминами В₉ (0,92 мг), РР (0,218 мг), что повышает его пищевую ценность [150].

Интерес представляют разработки, направленные на снижение калорийности ириса за счет использования заменителей сахара (изомальта, фруктозы), что позволяет создавать изделия профилактического назначения [130]. Применение овсяного молока и кокосовой стружки в рецептуре ириса ориентировано на людей с непереносимостью лактозы [15].

Актуальным являются также зарубежные исследования. Так, использование экстракта *O. Bracteatum* в молочном ирисе показало возможное положительное влияние на когнитивные функции. Включение пигмента из спирулины позволило улучшить стабильность цвета и органолептические свойства ириса. При производстве фруктового ириса на основе инжира и гуавы выявлено, что оптимальным является соотношение мякоти 75:25, обеспечивающее сбалансированный вкус и высокую пищевую ценность [194; 200; 211].

Можно резюмировать, что рынок сахаристых кондитерских изделий сохраняет высокую востребованность и демонстрирует тенденцию к восстановлению и росту. Ирис, как один из ключевых представителей данной группы, рассматривается в качестве объекта исследований, направленных на повышение его пищевой ценности за счет использования растительного сырья, богатого биологически активными веществами, а также расширение

ассортимента. Проведенный анализ литературных и патентных источников позволяет сформулировать гипотезу о возможности применения папоротника в рецептуре ириса. Вместе с тем необходимо провести исследования представленного ириса в ритейле г. Красноярска и изучить потребительские предпочтения при выборе данного сахаристого изделия, что позволит сформулировать предложения по разработке новых видов изделий, отвечающие запросам современного потребителя.

Выводы по первой главе

Проведенный литературный анализ химического состава, пищевой ценности папоротника орляка свидетельствует, что исследования проводились на растениях, произрастающих в различных регионах Сибири и Дальнего Востока более 15 лет назад. В связи с этим возникает необходимость уточнения химического состава компонентов свежего, переработанного папоротника, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края, с целью создания новых видов продуктов, имеющих подтвержденный состав БАВ.

Существующие промышленные районы Курагинский, Шушенский, Козульский заготовки папоротника характеризуются разным экологическим состоянием, определяющимся объемом выбросов от стационарных и передвижных источников, в том числе зависящих от интенсивности движения транспорта на федеральных и региональных трассах. Загрязняющие вещества оказывают негативное воздействие не только на окружающую среду, но и на живые компоненты биосферы. Существующие в литературных источниках и нормативных документах разночтения в отношении расстояния от транспортных магистралей для сбора растительного сырья. Определяют задачу проведения исследования по установлению расстояния от дорожных магистралей для сбора папоротника с целью обеспечения безопасности и качества, заготавливаемого дикорастущего пищевого растения.

К основным продуктам переработки папоротника относятся соленый, сушеный папоротник; папоротниковые пасты; замороженный папоротник и экстракты из папоротника, которые входят в состав различных пищевых продуктов. Расширение ассортимента товарных предложений из папоротника целесообразно формировать на результатах изучения фактического состояния представленной продукции на рынке, потребительских предпочтений при выборе данной группы продуктов и с учетом инновационных решений для создания уникальных гастрономических продуктов в сегменте продукции высокой степени готовности, среди которой особое место занимают фруктовые и овощные снеки.

Определяющим этапом их производства считается сушка, позволяющая сформировать соответствующие данной группе продукции органолептические показатели (например, текстуру воздушную, хрустящую, привлекательный внешний вид, вкус и др.), установить срок годности и максимально сохранить в нативном состоянии БАВ. Все перечисленное можно получить при использовании сублимационной сушки, которая, несмотря на высокую энергоемкость востребована на мировом рынке и набирает популярность при переработке не только растительного, но и животного сырья в России. Поэтому исследование влияния различных способов сушки папоротника, в том числе сублимационной, можно считать актуальной научной и практической задачей.

Российский рынок сахаристых кондитерских изделий, в том числе ириса, демонстрирует устойчивый рост по объемам продаж. Современными трендами совершенствования ассортимента этой группы изделий являются снижение энергетической ценности и повышение биологической, физиологической ценности. Ирис считается высококалорийным продуктом с большим количеством быстроусвояемых углеводов и недостаточным содержанием витаминов, минеральных компонентов и пищевых волокон, что, в свою очередь, ставит задачу повышения его пищевой ценности за счет использования регионального дикорастущего пищевого растения. При этом отбор продукта переработки папоротника необходимо проводить с учетом его влияния на потребительские свойства, качество и безопасность разрабатываемого ириса.

Глава 2 Организация эксперимента, объекты и методы исследования

2.1 Общая схема исследований

Теоретические, практические и экспериментальные исследования, представленные в диссертационной работе, выполнялись в период с 2019 по 2025 гг. в соответствии с общей схемой проведения исследований (рисунок 8).

Основной объем исследований выполнен автором в специализированных лабораториях ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Института биофизики СО РАН, Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

В соответствии с разработанной схемой исследования выполнялись поэтапно. На первом этапе для формирования цели и задач работы проведен анализ отечественной и зарубежной научно-технической литературы, а также нормативной документации по теме диссертационной работы. Обобщены сведения о химическом составе папоротника, проанализировано экологическое состояние районов его заготовки по статистическим данным, представленным на официальных сайтах Росприроднадзора и УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю, рассмотрены процессы его сбора, переработки и использование. Дополнительно изучены современные методы сушки растительного сырья при производстве снеков и обобщен опыт применения продуктов переработки растительного сырья в составе ириса с целью обогащения БАВ.

На втором этапе выполнения работы исследовано влияние районов промышленной заготовки папоротника на химический состав пищевого растения, в том числе выявлены оптимальные расстояния сбора сырья от транспортных магистралей, обеспечивающие его безопасность. Полученные данные стали основанием для разработки рекомендаций по сбору и переработке свежего

папоротника для крупнейшего заготовителя и переработчика ООО «КомСервис Крайпотребсоюза» в Красноярском крае.

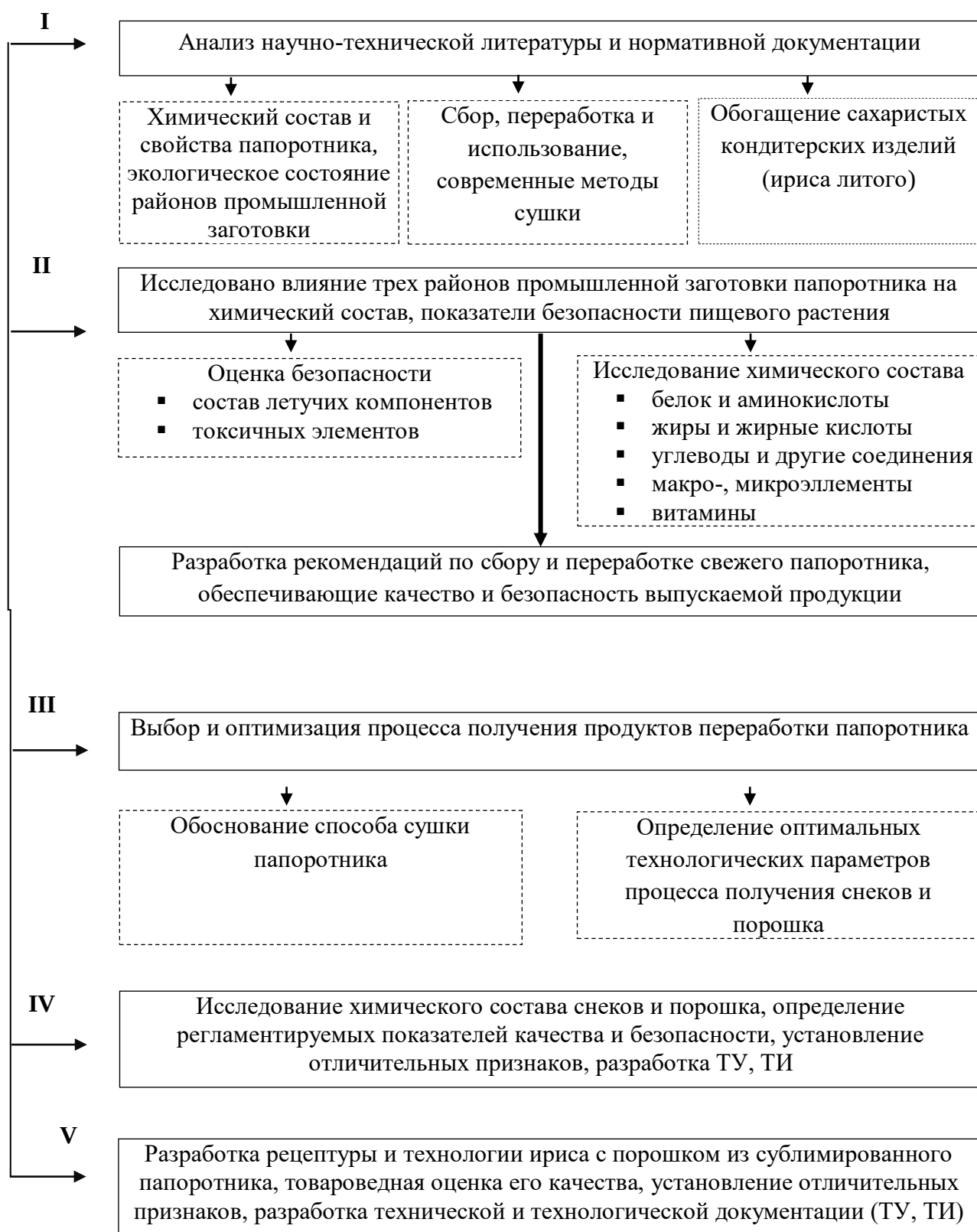


Рисунок 8 – Общая схема исследования

На третьем этапе обоснован метод сушки пищевого растения, установлены оптимальные технологические параметры посредством проведения полного факторного эксперимента и получения математических моделей для основных исследуемых факторов процесса получения снеков и порошка из папоротника с заданными характеристиками.

На четвертом этапе изучен химический состав продуктов переработки папоротника, определены регламентируемые показатели качества и безопасности, установлены отличительные признаки продукта в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», разработаны техническая и технологическая документации на снеки и порошок.

На пятом этапе разработана рецептура и технология ириса с порошком сублимированного папоротника, исследован химический состав макро– и микроэлементов, установлены отличительные признаки продукта в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», разработаны техническая и технологическая документации.

2.2 Объекты и методы исследований

Объектами исследования в соответствии с поставленными целью и задачами на различных этапах эксперимента являлись:

1. Свежий папоротник, собранный в Козульском, Курагинском и Шушенском районе Красноярского края. Заготовку образцов для исследования проводили в мае и июне 2019–2024 гг., собирали стебель с нераспустившейся листовой пластинкой (вайя) размером до 30 см.

2. Подготовка папоротника: соленый папоротник вымачивают в холодной воде при температуре 10 °С в течение 6 часов, смену воды производят 3 раза, значение гидромодуля составляет 1:4.

3. Высушенный подготовленный папоротник двумя способами при щадящих температурных режимах для достижения влажности продукта 8–9 %

(ИК-сушка в аппарате ПСК-1000-2020) и (сублимационная сушка в аппарате LP10) (рисунок 9).



Образец после высушивания в ИК сушке



Образец после высушивания в
сублимационном аппарате

Рисунок 9 – Внешний вид высушенного подготовленного папоротника

4. Продукты переработки папоротника: снеки и порошок, полученные после сублимационной сушки в аппарате LP10. (рисунок 10)



Снеки



Порошок

Рисунок 10 – Внешний вид продуктов переработки папоротника

5. Ирис литой контрольный – образец № 1, приготовленный по авторской рецептуре и технологии; экспериментальный образец № 2 – ирис авторский с заменой сахара 10% на порошок сублимированного папоротника; экспериментальный образец № 3 – ирис авторский с заменой сахара 20 % на

порошок сублимированного папоротника; экспериментальный образец № 4 – ирис авторский с заменой сахара 30% на порошок сублимированного папоротника (рисунок 11).

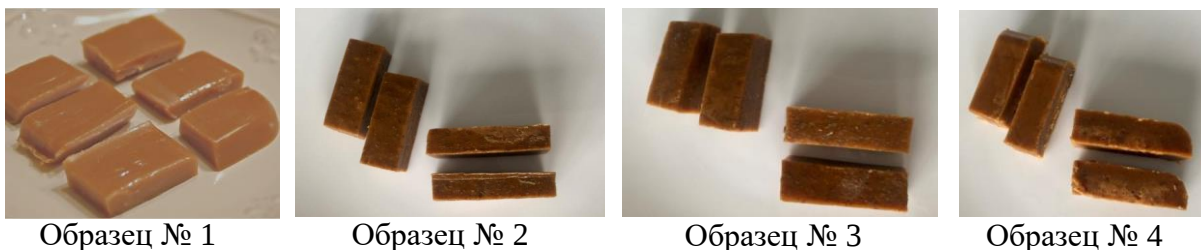


Рисунок 11 – Внешний вид авторского ириса и экспериментальных образцов с порошком сублимированного папоротника

2.2.1 Методы исследований свежего папоротника и продуктов его переработки

При проведении анализа производителей и структуры ассортимента продукции из папоротника использовался информационный материал: научные статьи, данные интернет-ресурсов [140].

Качественный анализ летучих компонентов свежих образцов папоротника определяли методом хромато-масс-спектрометрии (Agilent 5975C-7890A, США), с использованием парофазного пробоотборника. Идентификацию соединений проводили с использованием масс-спектральной библиотеки (NIST05a.L) и программного обеспечения AMDIS [90].

Для количественного определения основных нутриентов в свежих образцах папоротника и продуктах его переработки применяли стандартные методы: влажность определяли высушиванием до постоянной массы; общий белок – спектрофотометрическим методом (оптическую плотность измеряли на ФЭКе (КФК-2, «ЗОМЗ») при длине волны 350 нм); суммарное содержание липидов – экстракцией в аппарате Сокслета; содержание целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина – по методу Геннесберга, Штомана, а также Комарова; пектиновые

вещества определяли фотометрическим методом; крахмал – гравиметрическим методом; витамин С – титрометрическим методом; витамин А – колориметрическим методом; витамин РР – по ГОСТ 50479-93 [66; 105; 108].

Аминокислотный состав устанавливали после кислотного гидролиза с последующим разделением смеси аминокислот на хроматографической колонке, при взаимодействии элюата с нингидрином для образования окрашенных продуктов и их детектировании с помощью фотометрического детектора. Анализ проводился на автоматическом аминокислотном анализаторе LA8080 (Hitachi, Япония) методом ВЭЖХ с постколоночной дериватизацией нингидрином. Для количественной оценки концентрации аминокислот перед анализом выполнялся контрольный анализ стандартной смеси аминокислот с известной концентрацией (Pickering calibration standard, США) [36].

Жирнокислотный состав свежих образцов папоротника и продуктов переработки исследовали методом газовой хромато-масс-спектрометрии (Agilent Technologies, США) после метилирования выделенных липидов.

Минеральный состав свежего растения, снеков, порошка определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), с использованием многоэлементных стандартов. Условия измерений и характеристика прибора подробно описаны в работе Сущик Н.Н. [177].

Для снеков и порошка рассчитаны показатели: аминокислотный скор, биологическая ценность пищевого белка, коэффициент утилитарности [108].

Антиоксидантную активность водных экстрактов сублимированного папоротника (снеков) изучали методом УФ- и видимой спектроскопии с использованием устойчивого модельного органического радикала (ДФПГ), в качестве стандарта использовали водный раствор аскорбиновой кислоты [73].

Пищевая ценность образцов снеков и порошка устанавливалась расчетным методом, что предусмотрено ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Определение органолептических показателей продуктов переработки (снеки и порошок) проводили – ГОСТ 34125-2017.

Физико-химические показатели снеков и порошка исследовали по следующим методикам: подготовка проб – по ГОСТ 34125-2017; массовая доля влаги – по ГОСТ 28561-90; массовая доля диоксида серы – по ГОСТ 25555.5-2014; массовая доля металлических примесей – по ГОСТ 13340.2-77; массовая доля минеральных примесей – по ГОСТ 25555.3-82.

Гигиенические показатели продуктов переработки (снеки и порошок) проводили по следующим методикам: минерализация проб для определения токсичных элементов – по ГОСТ 26929-94; определение токсичных элементов – по ГОСТ 26927-86; ГОСТ 26930-86; ГОСТ 26932-86; ГОСТ 26933-86; ГОСТ 30178-96; ГОСТ 30538-97; ГОСТ 31628-2012.

Микробиологические показатели продуктов переработки проводили по следующим методикам: подготовка проб – по ГОСТ 26669-85, бактерии рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002); количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15-94; бактерии группы кишечной палочки (БГКП) – по ГОСТ 31747-2012; бактерии рода *Yersinia* – по ГОСТ ISO 10273-201; плесени – по ГОСТ 10444.12-2013; неспорообразующие микроорганизмы *B. Cereus* – по ГОСТ 10444.8-2013.

2.2.2 Методы исследования ириса

При производстве ириса использовали следующее сырье:

- сахар-песок по ГОСТ 33222-2015 (ООО Группа Компаний «Русарго», Россия);
- лимон ГОСТ 34307-2017;
- сливки 33 % (PARMALAT, Россия);
- масло сливочное 82,5 % (ООО «Озерский Молочный Комбинат», Россия);

– порошок сублимированного папоротника ТУ 10.39.17 – 015 – 02067876 – 2025.

Для проведения маркетингового исследования объем выборки был рассчитан на основе генеральной совокупности $N = 1205473$ (населения в г. Красноярск, на январь 2024 г.). При стандартных параметрах исследования (доверительная вероятность 95 %, погрешность 5 %) минимальный объем выборки составил 384 респондента. Учитывая, что размер выборки должен составлять не менее 384 человек, в опросе приняли участие 385 респондентов, из них 101 чел. – мужчины (26,2 %), 284 чел. – женщины (73,8 %). Наибольшую долю участников исследования (72 %) представили лица в возрасте от 25 до 40 лет. Следует отметить, что данная возрастная группа, как правило, демонстрирует осознанный подход к выбору продуктов питания. Анализ социально-экономических характеристик показал, что у большинства опрошенных (48 %) уровень среднемесячного дохода находится в диапазоне 40–70 тыс. руб. Опрос проводили с использованием платформы Google Forms путем рассылки через социальные сети.

Пищевая ценность ириса устанавливалась расчетным методом, что предусмотрено ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Определение органолептических показателей ириса проводили – ГОСТ 5897-90. Цвет, вкус и запах, структуру, консистенцию, поверхность, форму ириса определяют при температуре $(18 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Физико-химические исследования ириса проводили по следующим методикам: подготовка проб – по ГОСТ 5904-2019; массовая доля влаги – по ГОСТ 5900-2014; массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты, – по ГОСТ 5901-2014; массовая доля редуцирующих веществ – по ГОСТ 5903-89; массовая доля жира – по ГОСТ 31902-2012.

Гигиенические показатели ириса с порошком сублимированного папоротника проводили по следующим методикам: минерализация проб для определения токсичных элементов – по ГОСТ 26929-94; определение токсичных

элементов – по ГОСТ 26932-86; ГОСТ 30178-96; ГОСТ 30538-97; ГОСТ 26930-86; ГОСТ 30538-97; ГОСТ 31628-2012; ГОСТ 26933-86; ГОСТ 30178-96; ГОСТ 30538-97; ГОСТ 26927-86.

Микробиологические показатели ириса с порошком сублимированного папоротника проводили по следующим методикам: подготовка проб – по ГОСТ 26669-85; бактерии рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659–2012 (ISO 6579:2002); количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15–94; бактерии группы кишечной палочки (БГКП) – по ГОСТ 31747–2012; плесени, дрожжи – по ГОСТ 10444.12-2013; афлатоксин – по ГОСТ 30711-2001.

Органолептический анализ проводили в лаборатории, которая соответствовала требованиям ГОСТ ISO 8589-2014 и ГОСТ Р 53701-2021.

Статистическая обработка экспериментальных данных и расчет различных показателей, построение графиков и диаграмм проводились с использованием программ MS Excel и STATISTICA.

Таким образом, определены объекты и методы исследования.

Глава 3 Комплексная оценка качества и безопасности папоротника, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края

3.1 Анализ ассортимента продукции из папоротника, реализуемой на территории РФ

В результате анализа данных, представленных на интернет-ресурсах, установлены 66 производителей, специализирующихся, в том числе на переработке свежего папоротника для получения соленой и сушеной продукции, а также на производстве полуфабрикатов с использованием соленого папоротника. Установлено, что производители пищевой продукции из папоротника различаются по объему выпуска, ассортименту продукции и территориальной принадлежности.

Основная часть производителей сосредоточена в Сибирском федеральном округе, на который приходится 65 % от общего числа. В 3 раза меньше компаний (23 %), расположено в Дальневосточном федеральном округе (рисунок 12). Высокая концентрация производителей в Сибири объясняется значительными биологическими запасами папоротника, широким ареалом его произрастания, доступностью сезонных заготовок и переработки сырья, и возможно большим спросом на продукцию в сравнении с другими территориями.

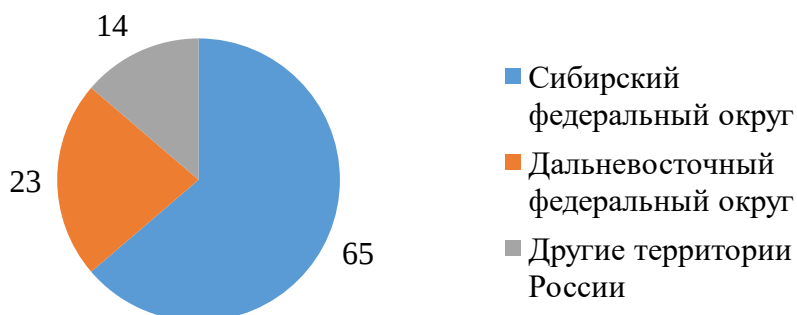


Рисунок 12 – Распределение производителей продукции из папоротника по территории России, %

На основании проведенного исследования установлено, что среди субъектов Сибирского федерального округа (СФО) наибольшее количество производителей продукции из папоротника сосредоточено в Новосибирской области (23 %), Республике Хакасия и Красноярском крае (по 21 %), тогда как суммарная доля Иркутской, Кемеровской, Омской областей и Алтайского края составляет 35 % (рисунок 13).

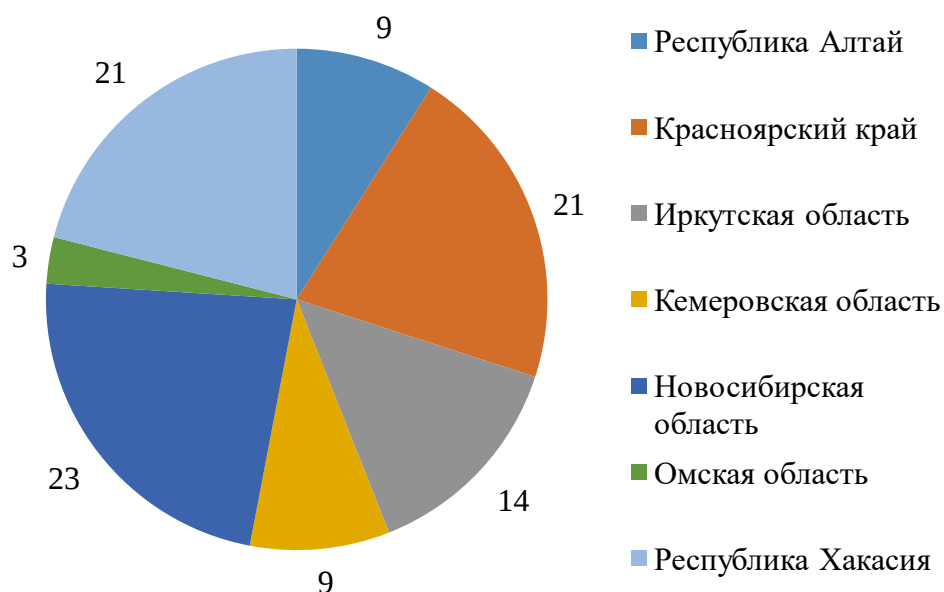


Рисунок 13 – Распределение производителей продукции из папоротника по территории СФО, %

В Дальневосточном федеральном округе (ДФО) лидером по количеству производителей является Хабаровский край (33 %), а равные доли (по 20 %) отмечаются в Приморском, Амурском и Камчатском краях. Республика Бурятия имеет незначительную долю (7 %) (рисунок 14).

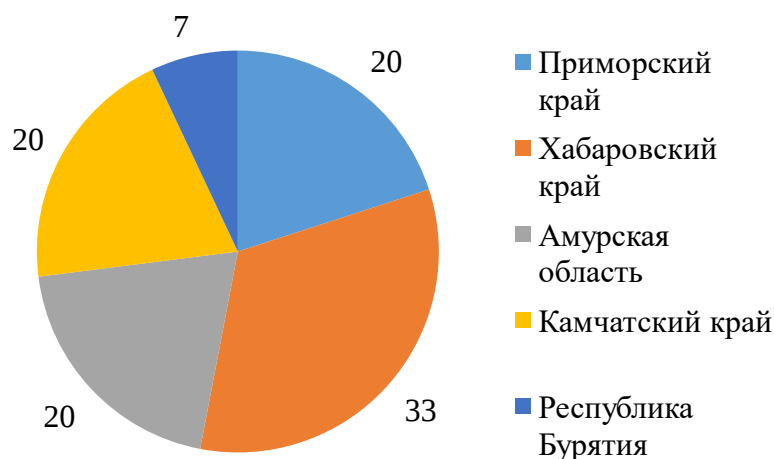


Рисунок 14 – Распределение производителей продукции из папоротника по территории ДФО, %

Таким образом, лидирующими регионами по числу производителей являются Новосибирская область, Красноярский край и Республика Хакасия. В ДФО выделяется Хабаровский край, где функционируют пять производителей.

Анализ структуры ассортимента показал, что в России 57 % переработанного папоротника приходится на соленый полуфабрикат с высоким содержанием поваренной соли, который используется после вымачивания. Промышленные методы переработки включают, помимо соления, сушку, которая применяется только в Амурской области и Красноярском крае (3 %). В структуре ассортимента продукции из папоротника значительную долю занимают салаты и закуски (24 %), которые отличаются разнообразным сочетанием с овощами, грибами, орехами, мясом или птицей. Полуфабрикаты с папоротником составляют 16 % от общего объема и включают такие виды, как фаршированные блины, мясные зразы и вареники с папоротниковой начинкой (рисунок 15).

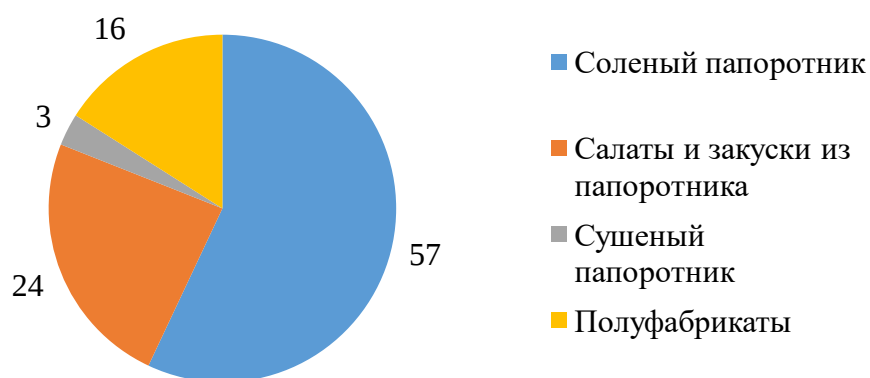


Рисунок 15 – Структура ассортимента продукции из папоротника орляк, производимой на территории России, %

Сибирский федеральный округ лидирует по количеству выпускаемых позиций (5) в структуре ассортимента продукции с папоротником. При этом значительная доля приходится на соленый папоротник с высоким содержанием поваренной соли, доля которого превышает 50 %. Полуфабрикаты занимают 23 % объема, из них 19 % – вареники и пельмени, и по 2 % приходится на зразы и блины. Доля салатов и закусок из папоротника в ассортименте составляет 17 %, и всего лишь 2 % приходится на папоротник сушеный (рисунок 16).

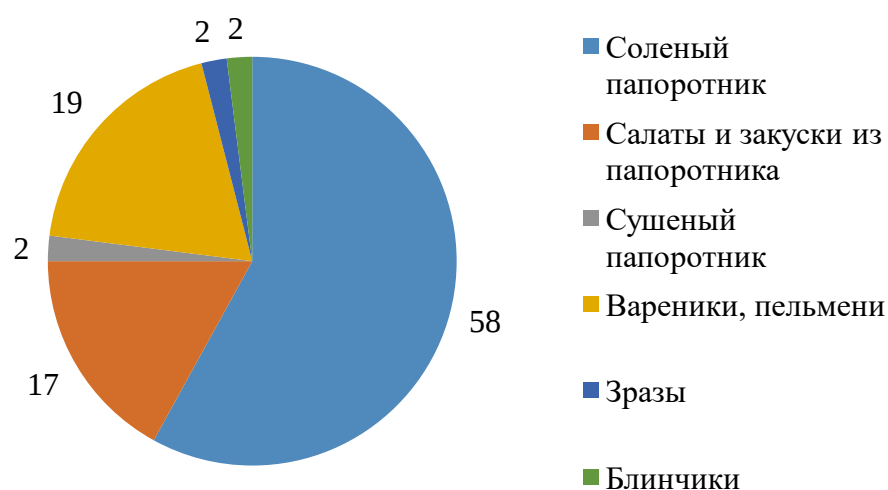


Рисунок 16 – Структура ассортимента продукции из папоротника, производимой на территории СФО, %

В Дальневосточном федеральном округе основную долю (69 %) также занимает соленый папоротник с высоким содержанием поваренной соли, а салаты и закуски составляют 25 % (рисунок 17).

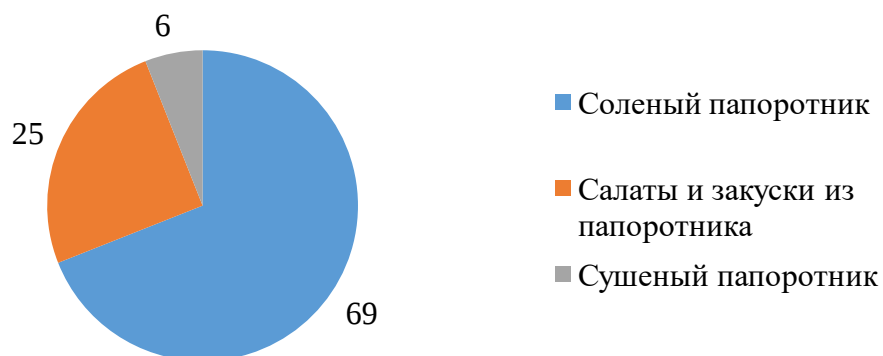


Рисунок 17 – Структура ассортимента продукции из папоротника, производимой на территории ДФО, %

Определяющим фактором востребованности пищевой продукции на потребительском рынке является ее стоимость. Проведенные исследования позволили выявить, что средняя цена за 100 г соленого папоротника на внутреннем рынке варьируется от 18 до 38 рублей. На европейской части страны цена достигает максимума (до 38 руб.), тогда как наименьшая стоимость зафиксирована в Дальневосточном федеральном округе (от 18 руб.). Производители Сибирского федерального округа предлагают папоротник с высоким содержанием поваренной соли по цене от 29 рублей (рисунок 18).

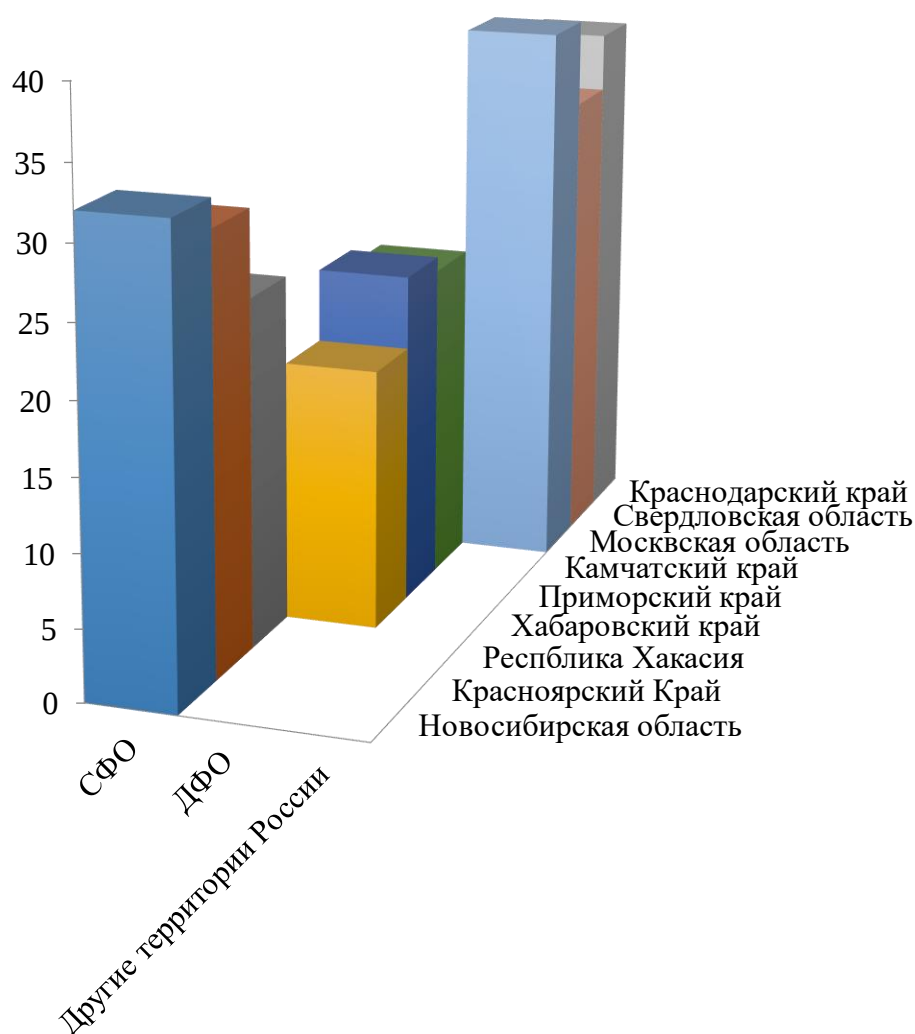


Рисунок 18 – Стоимость папоротника с высоким содержанием поваренной соли за 100 г

Соленый папоротник пользуется высоким спросом на азиатском рынке, особенно в странах Восточной Азии, таких как Южная Корея, Япония и Китай. Этот продукт занимает важное место в их национальной кухне. Российский папоротник востребован в азиатских странах своей качественной обработкой, натуральным происхождением и относительно низкой ценой по сравнению с аналогами из других стран. Благодаря доступной стоимости соленый папоротник обеспечивает крупные объемы экспорта и удовлетворяет высокий потребительский спрос [67; 160].

Пандемия и кризисные явления 2020–2023 годов существенно повлияли на

структуру потребления солёного папоротника как на внутреннем, так и на внешнем рынках. За последние годы наблюдается значительное снижение объёмов экспорта, а внутренний спрос на данный продукт остаётся низким, что связано с отсутствием устойчивых традиций его употребления в России. Исторически кулинарные предпочтения населения формировались на основе доступных продуктов питания, таких как зерновые, картофель, мясо и овощи, тогда как дикорастущие растения редко играли значимую роль в рационе.

Употребление папоротника носит эпизодический характер, что объясняется недостаточной осведомлённостью потребителей о его пищевой ценности и способах приготовления. Отсутствие активной популяризации продукта также способствует снижению интереса среди населения. Для повышения востребованности папоротника на внутреннем рынке требуется развитие культуры его потребления и создание новых продуктов на его основе. Это формирует дополнительные задачи для предприятий, занимающихся заготовкой и переработкой папоротника, в том числе поиск новых каналов сбыта, что необходимо для обеспечения устойчивого развития отрасли [36].

3.2 Влияние районов промышленной заготовки свежего папоротника на его химический состав и гигиенические показатели

3.2.1 Определение безопасного расстояния сбора свежего папоротника на основании гигиенических показателей

В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» на папоротник как вид растительного сырья не установлены отдельные регламентируемые показатели безопасности. В приложении 3, разделе 6 данного технического регламента, относящемся к плодовоовощной продукции, определены предельно допустимые уровни содержания токсичных элементов для овощей, грибов и продуктов их переработки. Поскольку в научных публикациях папоротник

классифицируется как овощ, показатели безопасности для данного растения определялись в соответствии с требованиями к свежим овощам. Таким образом, для проведения исследования в качестве регламентируемых показателей безопасности папоротника были выбраны содержание свинца, кадмия, ртути, мышьяка как для свежих овощей [163].

По литературным данным основными источниками свинца и кадмия являются продукты сгорания автомобильного топлива. Эти вещества, выделяясь в атмосферу, оседают на почву и листья растений либо проникают в корневую систему через грунт [24; 25; 68]. В то же время содержание ртути и мышьяка в исследованных образцах находится в пределах допустимых значений, однако наблюдаются колебания концентраций, связанные с антропогенными источниками загрязнения, в частности с деятельностью горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. В Козульском районе свою деятельность осуществляет ООО «Завод нерудных материалов» по добыче строительного камня, в Курагинском районе действующие горнодобывающие предприятия, такие как АО «Артёмовский рудник», ООО «Константиновский рудник», АО «АЗРК» (АО «Артемовская золоторудная компания»), Курагинский щебёночный завод ФИЛИАЛ АО «ПНК», а в Шушенском районе добычей прочих полезных ископаемых занимаются ООО «Томская горнодобывающая компания», ООО «Сибирская горная компания», Промыслово-заготовительное общество с ограниченной ответственностью «МАЛ-ЯР».

Анализ образцов папоротника показал, что содержание свинца и кадмия в отдельных образцах превышает установленные нормативы, регламентируемые ТР ТС 021/2011. При этом степень превышения допустимых значений гигиенических показателей находится в прямой зависимости от места сбора растения (его расстояние до автомобильных дорог), что представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Количественное содержание токсичных элементов свежего папоротника, собранного с учетом расстояния от транспортных магистралей, мг/кг

Расстояние от дороги	Содержание токсичных элементов согласно ТР ТС 021/2011, мг/кг			
	0,5	0,2	0,03	0,02
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Козульский район				
100 м от трассы Р-255	3,08±0,08	следы	0,07±0,00	0,005±0,000
200 м от трассы Р-255	2,69±0,06	следы	0,05±0,00	0,007±0,000
300 м от трассы Р-255	1,94±0,06	следы	0,04±0,00	Не обнаружено
400 м от трассы Р-255	0,75±0,02	следы	0,01±0,00	Не обнаружено
500 м от трассы Р-255	0,48±0,01	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
600 м от трассы Р-255	0,25±0,01	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Курагинский район				
100 м от трассы 04К-029	1,54±0,05	0,009±0,000	0,026±0,00	0,001±0,000
200 м от трассы 04К-029	1,12±0,03	0,012±0,0005	0,019±0,00	0,001±0,000
300 м от трассы 04К-029	0,47±0,01	0,011±0,0004	0,004±0,000	следы
400 м от трассы 04К-029	0,31±0,01	0,011±0,0003	0,01±0,0004	следы
500 м от трассы 04К-029	0,17±0,01	0,004±0,000	Не обнаружено	Не обнаружено
600 м от трассы 04К-029	0,09±0,00	следы	Не обнаружено	Не обнаружено
Шушенский район				
100 м от трассы Р-257	1,25±0,05	следы	0,01±0,00	Не обнаружено
200 м от трассы Р-257	1,05±0,04	0,07±0,00	следы	Не обнаружено
300 м от трассы Р-257	0,45±0,01	0,08±0,00	Не обнаружено	Не обнаружено
400 м от трассы Р-257	0,01±0,00	следы	Не обнаружено	Не обнаружено
500 м от трассы Р-257	следы	следы	Не обнаружено	Не обнаружено
600 м от трассы Р-257	следы	следы	Не обнаружено	Не обнаружено

В Козульском районе было установлено, что на расстоянии 100 м от автодороги Р-255 «Сибирь» (Новосибирск – Томск – Кемерово – Красноярск – Иркутск) содержание свинца в папоротнике превышает нормативы более чем в 6 раз, а содержание кадмия – более чем в 2 раза. Снижение концентрации токсичных элементов в растении наблюдается по мере увеличения расстояния от транспортной магистрали. Анализ данных позволил определить безопасное расстояние сбора папоротника в данном районе, которое составляет не менее 500 м от дороги.

В Курагинском районе содержание свинца и кадмия в папоротнике, собранном на расстоянии 100 м от дороги 04К-029 «Саяны» (Минусинск – Курагино – Кошурниково – Кускун), оказалось вдвое ниже, чем в Козульском районе. Это различие связано с меньшей интенсивностью транспортного движения в данном районе. На основании полученных данных рекомендовано осуществлять сбор папоротника на расстоянии не менее 300 м от дороги 04К-029.

В Шушенском районе содержание кадмия в папоротнике, собранном на расстоянии 100 м от федеральной трассы Р-257 «Енисей» (Красноярск – Абакан – Кызыл – Чадан – Хандагайты – государственная граница с Монголией), не превышает допустимых значений. Однако уровень свинца превышает регламентируемые показатели в 2,5 раза. С учетом интенсивности движения и других факторов было установлено, что безопасным расстоянием для сбора папоротника в данном районе является 300 м от трассы.

С учетом ежегодного увеличения транспортной нагрузки, рекомендуется для всех изученных районов установить безопасное расстояние сбора не менее 500 м от транспортных магистралей.

Папоротник, как вид растительного сырья, обладает индивидуальными характеристиками, которые определяют его способность адсорбировать и накапливать химические элементы из окружающей среды. Эти свойства обуславливают необходимость детального анализа условий произрастания и сбора данного сырья для обеспечения его безопасности. Установленные требования будут использованы при разработке рекомендаций по сбору растительного сырья для районов промышленной заготовки Красноярского края.

3.2.2 Состав летучих компонентов

Растения обладают способностью к биосинтезу, накоплению и выделению во внешнюю среду летучих компонентов, которые играют важную роль в экосистемах. Изучение их состава в пищевых растениях особенно важно,

поскольку они напрямую влияют на качество, формируя вкус и аромат, а также влияют на безопасность [148].

Применение хромато-масс-спектрометрического анализа позволило выявить в составе свежего папоротника 43 летучих компонента, из которых 30 были идентифицированы. Полученные результаты приведены в таблице 3. Идентифицированные соединения составляют 70 % от общего количества летучих компонентов во всех исследуемых образцах.

Таблица 3 – Количественный и качественный состав летучих компонентов свежего папоротника, %

Время удерживания	% от общего содержания						Название/ формула
	Козульский район		Курагинский район		Шушенский район		
	вайи	стебли	вайи	стебли	вайи	стебли	
0,27	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,65± 0,02	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
1,448	0,00± 0,00	3,86± 0,12	0,00± 0,00	5,31± 0,16	0,00± 0,00	2,80± 0,08	
1,467	13,58± 0,41	19,31± 0,58	21,95± 0,66	24,53± 0,74	11,07± 0,33	11,35± 0,34	Диоксид углерода CO ₂
1,5198	1,08± 0,03	0,00± 0,00	1,73± 0,05	1,96 ±0,06	0,77± 0,02	0,94± 0,03	
1,58	0,64± 0,02	0,76± 0,02	0,95± 0,03	1,56± 0,05	0,89± 0,03	1,77± 0,05	
1,635833	0,65± 0,02	0,78± 0,02	0,54± 0,01	1,50± 0,05	0,47± 0,01	0,62± 0,02	
1,697333	3,48± 0,10	2,67± 0,08	6,95± 0,21	7,16± 0,22	1,83± 0,06	2,71± 0,08	Диметилсульфид C ₂ H ₆ S
1,733	0,67± 0,02	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
1,7915	4,68± 0,14	1,47± 0,04	5,04± 0,15	1,67± 0,05	0,76± 0,02	0,47± 0,01	Пропаналь 2-метил-С ₄ H ₈ O
1,884	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,72± 0,02	1,53± 0,05	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
1,959667	0,69± 0,02	0,00± 0,00	0,14± 0,00	0,00± 0,00	0,24± 0,01	0,00± 0,00	Бутаналь
2,2415	3,88± 0,12	1,86± 0,06	2,83± 0,08	1,57± 0,05	0,94± 0,03	0,64± 0,02	Бутаналь 3-метил-С ₅ H ₁₀ O
2,310667	4,26± 0,13	1,33± 0,04	3,41± 0,10	1,36± 0,04	0,70± 0,02	0,55± 0,02	Бутаналь 2-метил-С ₅ H ₁₀ O
2,4502	0,32± 0,01	0,27± 0,01	0,24± 0,01	0,00± 0,00	0,29± 0,01	0,29± 0,01	1-Пентен-3-ол С ₅ H ₁₀ O

Продолжение таблицы 3

Время удерживания	% от общего содержания						Название/ формула
	Козульский район		Курагинский район		Шушенский район		
	вайи	стебли	вайи	стебли	вайи	стебли	
2,489	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,14± 0,00	0,00± 0,00	
2,587	0,45± 0,01	0,17± 0,01	0,48± 0,01	0,40± 0,01	0,32± 0,01	0,18± 0,01	Пентаналь C ₅ H ₁₀ O
2,628	0,28± 0,01	0,00± 0,00	0,21± 0,01	0,00± 0,00	0,14± 0,00	0,00± 0,00	Фуран 2-ethyl-C ₆ H ₈ O
2,70175	0,34± 0,01	0,69± 0,02	0,19± 0,01	0,00± 0,00	0,17± 0,01	0,00± 0,00	Силандиол, диметил C ₂ H ₈ O ₂ Si
3,0295	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,41± 0,01	0,39± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
3,081	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,28± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	1-Бутанол 2-метил- C ₅ H ₁₂ O
3,559	0,20± 0,01	0,00± 0,00	0,18± 0,01	0,00± 0,00	0,15± 0,00	0,00± 0,00	1-Пентанол C ₅ H ₁₂ O
3,626667	0,19± 0,01	0,00± 0,00	0,04± 0,00	0,00± 0,00	0,12± 0,00	0,00± 0,00	2-Пентен-1-ol (Z)-C ₅ H ₁₀ O
4,216167	15,30± 0,46	23,29± 0,70	19,78± 0,59	16,90± 0,51	23,63± 0,71	22,26± 0,67	Гексаналь C ₆ H ₁₂ O
5,860167	2,30± 0,07	7,15± 0,21	1,59± 0,05	4,12± 0,12	3,93± 0,12	3,15± 0,09	2-Гексеналь C ₆ H ₁₀ O
6,009833	1,60± 0,05	2,92± 0,09	1,01± 0,03	1,42± 0,04	1,48± 0,04	1,54± 0,05	3-Гексен-1-ол (Z)- C ₆ H ₁₂ O
6,572167	0,51± 0,02	0,62± 0,02	4,85± 0,15	11,93± 0,36	0,97± 0,03	1,05± 0,03	1-Гексанол C ₆ H ₁₄ O
8,133	0,17± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	Гептаналь C ₇ H ₁₄ O
11,8665	35,74± 1,07	19,63± 0,59	17,32± 0,52	10,16± 0,31	44,07± 1,32	42,66± 1,28	Бензальдегид C ₇ H ₆ O
12,171	0,04± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
13,40417	4,31± 0,13	3,26± 0,01	2,21± 0,07	0,51± 0,02	4,06± 0,12	2,28± 0,07	1- Октен-3-ол C ₈ H ₁₆ O
13,80225	0,19 ±0,01	0,00± 0,00	0,52± 0,02	0,00± 0,00	0,68± 0,02	0,86± 0,03	3- Октанон C ₈ H ₁₆ O
14,0095	0,32± 0,01	0,00± 0,00	0,34± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	Фуран 2- пентил- C ₉ H ₁₄ O
14,3904	1,36± 0,04	0,29± 0,01	2,26± 0,07	0,00± 0,00	0,70± 0,02	0,46± 0,01	3- Октанол C ₈ H ₁₈ O
16,448	0,36± 0,01	0,00± 0,00	2,10± 0,06	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	Бензиловый спирт C ₇ H ₈ O

Продолжение таблицы 3

Время удерживания	% от общего содержания						Название/ формула
	Козульский район		Курагинский район		Шушенский район		
	вайи	стебли	вайи	стебли	вайи	стебли	
16,80217	1,63± 0,05	8,46± 0,25	1,12± 0,03	3,86± 0,12	0,89± 0,03	2,30± 0,07	Бензолацетальдег ид C ₈ H ₈ O
19,919	0,15± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	Нональ C ₉ H ₁₈ O
20,249	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,25± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	Фенилэтиловый спирт C ₈ H ₁₀ O
22,1235	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,19± 0,01	0,45± 0,01	3-Нонен-1-ол (Z)- C ₉ H ₁₈ O
22,30767	0,39± 0,01	1,25± 0,04	0,21± 0,01	0,59± 0,02	0,38± 0,01	0,67± 0,02	2-Нональ (E)-C ₉ H ₁₆ O
22,591	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,16± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
36,271	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
41,882	0,07± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	
41,91	0,20± 0,01	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,94± 0,03	0,00± 0,00	0,00± 0,00	Фенантрен C ₁₄ H ₁₀

Установлено, что среди идентифицированных летучих соединений папоротника 12 компонентов (39 %) относятся к классу альдегидов, 11 соединений (35 %) представляют собой спирты, а оставшиеся 26 % принадлежат к другим классам соединений. Эти вещества включают кремнийорганическое соединение, сульфиды, оксиды, кетоны, гетероциклы и трициклический ароматический углеводород. Исследование летучих соединений в вегетативных частях папоротника показало, что в вайях синтезируется больше компонентов (на 2,3 % – 8,8 %), чем в стеблях. Это объясняется преимущественной локализацией синтеза и накопления летучих веществ в эфиромасличных железках листьев [90].

Анализ показал различия в накоплении летучих соединений в образцах папоротника, собранных в различных районах Красноярского края. Максимальное содержание веществ зафиксировано в растениях Шушенского района – от 94 % в стеблях, до 98 % в вайях. Минимальное содержание наблюдалось в образцах из Курагинского района – от 87 % до 96 %, а

промежуточные значения характерны для папоротников из Козульского района – от 95 % до 97 %.

Среди доминирующих компонентов выделяются два альдегида: гексаналь ($C_6H_{12}O$), содержание которого варьируется от 15 % до 23 %, и бензальдегид (C_7H_6O), уровень которого составляет от 10 % до 44 % от общего количества соединений. Наибольшее содержание гексаналя и бензальдегида выявлено в образцах из Шушенского района: 23,6 % и 44,1 % (в вайях), а также 22,3 % и 42,7 % (в стеблях) соответственно. Наименьшее содержание этих веществ зафиксировано в стеблях растений Курагинского района: 10,2 % для бензальдегида и 16,9 % для гексаналя. Гексаналь применяется в качестве ароматизатора для пищевых целей, придает травянистый аромат растению. Бензальдегид формирует оттенки горького миндаля или яблочных косточек в аромате растений, обладает бактерицидным действием.

В вайях папоротника установлено избирательное накопление таких соединений, как бутаналь (C_4H_8O) от 0,14 % до 0,24 %, фуран (2-этил- C_6H_8O) от 0,14 % до 0,28 %, 1-пентанол ($C_5H_{12}O$) от 0,15 % до 0,19 %, 2-пентен-1-ол (Z)- $C_5H_{10}O$ от 0,12 % до 0,19 % во всех исследуемых образцах. Такие соединения, как фуран 2-пентил ($C_9H_{14}O$) и бензиловый спирт (C_7H_8O), обнаружены только в вайях растений из Козульского и Курагинского районов. Нональ ($C_9H_{18}O$) выявлен исключительно в образцах из Козульского района, а фенилэтиловый спирт ($C_8H_{10}O$) – в Курагинском районе. Для растений Шушенского района характерно накопление 3-нонен-1-ола (Z) ($C_9H_{18}O$) в стеблях и вайях в диапазоне 0,19–0,45 %, тогда как в остальных образцах это соединение отсутствует.

Идентифицированные соединения разрешены к использованию в пищевой промышленности в соответствии с требованиями ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Большинство из них регламентированы приложением 19 «Перечень вкусоароматических химических веществ». Исключение составляют диметилсиландиол и фенантрен, которые не включены в перечень ТР ТС 029/2012.

Диметилсиландиол – органическое соединение кремния с химической формулой $C_2H_8O_2Si$, был обнаружен в исследуемых образцах в концентрации, не превышающей 1 %, за исключением стеблей папоротника, собранных в Курагинском и Шушенском районах, где их наличие не зафиксировано. Данных о содержании данного соединения в растениях в научной литературе не выявлено. Можно предположить, что его появление обусловлено в результате образования побочных продуктов в процессе анализа, либо природным накоплением кремния папоротником.

Фенантрен ($C_{14}H_{10}$) относится к классу полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), образующийся при неполном сгорании органического топлива (выхлопные газы, дым и др.) и поступающий в окружающую среду, откуда он может абсорбироваться растениями через корневую систему, или оседать на поверхности листьев [172; 173]. В ходе исследования фенантрен был обнаружен в вайях образцов из Козульского района (0,2 %) и в стеблях из Шушенского района (0,9 %). Наличие фенантрена в папоротнике обусловлено экологическими условиями, что является характерным для растительного дикорастущего сырья. В пищевых продуктах среди ПАУ регламентируется только содержание бенз(а)пирена в соответствии с ТР ТС 021/2011, приложение 3 «Гигиенические требования безопасности пищевой продукции», которое не выявлено ни в одном образце.

Таким образом, в составе папоротника идентифицированы 30 летучих соединений, из них 28 (93 %) относятся к безопасным и разрешенным к использованию в пищевой промышленности в соответствии с требованиями ТР ТС 029/2012. Большая часть обнаруженных соединений относятся к классу альдегидов и спиртов, которые формируют вкус и аромат. Диметилсиландиол, происхождение которого не определено, не представляет потенциальной опасности, а фенантрен, обусловленный экологическими факторами, не входит в перечень регламентируемых веществ в нормативных документах по безопасности пищевой продукции. Полученные данные подтверждают безопасность

папоротника как пищевого растительного сырья, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края.

3.2.3 Белок и аминокислоты

Экспериментально установлено, что содержание общего белка в папоротнике, выраженное на абсолютно сухое сырье, варьирует в диапазоне 24–27 % в зависимости от места заготовки. Эти данные согласуются с ранее опубликованными результатами исследований [104; 121; 160].

Результаты анализа качественного и количественного аминокислотного состава белка папоротника, произрастающего в различных районах Красноярского края, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Состав и количество аминокислот в свежем папоротнике, г/100 г

Наименование аминокислот	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
АЛИФАТИЧЕСКИЕ			
- Моноаминомонокарбоновые			
Глицин, Gly	0,94±0,03	0,95±0,02	1,16±0,03
Аланин, Ala	1,16±0,03	1,26±0,02	1,46±0,02
Валин, Val	1,09±0,05	1,01±0,03	1,36±0,02
Изолейцин, Ile	0,76±0,02	0,72±0,02	0,96±0,03
Лейцин, Leu	1,52±0,03	1,49±0,04	1,91±0,07
- Оксимоноаминокарбоновые			
Серин, Ser	1,05±0,04	1,05±0,05	1,26±0,04
Треонин, Thr	0,92±0,04	0,89±0,02	1,1±0,04
- Амиды моноаминодикарбоновых			
Аспарагин, Asp	1,79±0,05	1,76±0,06	2,26±0,08
Глутамин, Glu	4,67±0,14	4,98±0,17	4,81±0,11
- Амиды моноаминодикарбоновых			
Лизин, Lys	1,07±0,03	1,00±0,03	1,19±0,03
Аргинин, Arg	1,04±0,03	0,99±0,02	1,28±0,03
- Серосодержащие			
Метионин, Met	0,29±0,01	0,30±0,01	0,29±0,01
АРОМАТИЧЕСКИЕ			
Фенилаланин+ тирозин, Phe+Tyr	1,96±0,02	1,79±0,04	2,17±0,07
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ			
Гистидин, His	0,41±0,02	0,39±0,01	0,51±0,02
Пролин, Pro	0,77±0,02	0,79±0,03	1,18±0,05

Продолжение таблицы 4

Наименование аминокислот	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
Сумма заменимых аминокислот	11,42±0,34	11,78±0,35	13,41±0,40
Сумма незаменимых аминокислот	8,02±0,24	7,59±0,23	9,49±0,28
Общая сумма аминокислот	19,44±0,58	19,37±0,58	22,90±0,69

В ходе исследования идентифицировано 15 аминокислот, из которых 12 относятся к алифатическим, 1 – к ароматическим и 2 – к гетероциклическим соединениям. Установлено, что папоротник, произрастающий в южной части Западных Саян (Шушенский район), накапливает в среднем на 3,5 г больше суммы заменимых и незаменимых аминокислот, чем образцы из других районов. Выявленную закономерность для данного места сбора можно объяснить тем, что основная масса древостоев, под пологом которых развиваются заросли папоротника, имеют относительную полноту от 0,3 до 0,6, что положительно сказывается на возможности накопления растением биологически активных веществ.

Массовая доля незаменимых аминокислот в образцах из Козульского и Шушенского районов превышает 40 % от общего количества аминокислот, тогда как в образцах из южной части Восточных Саян (Курагинский район) данный показатель составляет 39 %.

В исследуемых образцах обнаружено 7 незаменимых аминокислот: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин+тирозин и треонин. Превалирующей заменимой аминокислотой является глутамин, содержание которой составляет 4,67–4,98 г/100 г. Среди незаменимых аминокислот доминирует фенилаланин+тирозин (1,79–2,17 г /100 г).

Таким образом, проведенное исследование аминокислотного состава свежего папоротника позволяет заключить о незначительном влиянии места заготовки растения на содержание аминокислот, например, только для образца из Шушенского района установлено превышение их доли на 16 % по сравнению с растениями других территорий, при этом количество идентифицированных

аминокислот, в том числе незаменимых, идентично в образцах всех изучаемых районов.

3.2.4 Жиры и жирнокислотный состав

На основании проведенного исследования установлено, что в составе папоротника, произрастающего на территории различных районов, присутствуют вещества липидной природы. Массовая доля липидов в папоротнике из Шушенского района достигает 6,4 г/100 г, что существенно превышает аналогичные показатели для образцов из Козульского (4,2 г/100 г) и Курагинского (4,5 г/100 г) районов. Качественный и количественный состав липидных веществ приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Качественный и количественный состав липидов в свежем папоротнике, г/100 г

Районы сбора папоротника	Содержание липидов	НЖК	МНЖК	ПНЖК	
			ω -7; ω -9	ω -6	ω -3
Козульский район	4,2±0,1	1,69±0,05	0,3±0,0	1,7±0,1	0,5±0,0
Курагинский район	4,5±0,1	1,89±0,06	0,3±0,0	1,7±0,1	0,45±0,0
Шушенский район	6,4±0,2	2,6±±0,1	0,5±0,0	2,6±0,1	0,6±0,0

Согласно данным таблицы 5, содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) в папоротнике из Шушенского района составляет 2,6 г/100 г, что в 1,5 раза превышает уровень НЖК в образцах из Козульского района (1,69 г/100 г) и Курагинского района (1,89 г/100 г). Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) обнаружены в незначительном количестве, их содержание варьируется от 0,3 г/100 г до 0,5 г/100 г во всех исследованных образцах. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) представлены ω -6 кислотами: линолевой, гамма-линоленовой и арахидоновой. Их содержание (2,6 г/100 г) в папоротнике, произрастающем на территории Шушенского района, также превосходит образцы

из Козульского и Курагинского районов в 1,5 раза. ω -3 кислоты (α -линоленовая, эйкозапентаеновая) находится в пределах от 0,45 г/100 г до 0,6 г/100 г во всех образцах.

В липидных экстрактах во всех трех исследуемых образцах идентифицированы 21 жирные кислоты. Качественный и количественный жирнокислотный состав папоротника приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Качественное и количественное содержание жирных кислот в свежем папоротнике, %

Наименование жирных кислот	Содержание, % от суммы ЖК		
	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
14:0 (миристиновая)	0,2±0,0	0,3±0,0	0,2±0,0
16:0 (пальмитиновая)	29,5±0,9	29,3±0,9	30,7±0,9
16:1n-9 (гексадеценовая)	0,2±0,0	0,1±0,0	0,1±0,0
16:1n-7 (пальмитолеиновая)	0,3±0,0	0,3±0,0	0,3±0,0
16:1t (транс-гексадеценовая)	0,1±0,0	0,2±0,0	0,2±0,0
16:3n-3 (гексадекатриеновая)	1,4±0,0	1,2±0,0	0,9±0,0
18:0 (стеариновая)	2,3±0,1	2,5±0,1	2,1±0,1
18:1n-9 (олеиновая)	5,1±0,2	5,4±0,2	5,6±0,2
18:1n-7 (вакценовая)	0,6±0,0	1,1±0,0	1,3±0,0
18:2n-6 (линолевая)	22,6±0,7	22,1±0,7	25,1±0,8
18:3n-6 (гамма-линоленовая)	1,0±0,0	1,0±0,0	1,8±0,0
18:3n-3 (α -линоленовая)	8,6±0,3	8,2±0,2	7,8±0,2
20:0 (арахиновая)	1,4±0,0	2,0±0,1	1,5±0,0
20:2n-6 (эйкозодиеновая)	0,2±0,0	0,4±0,0	0,2±0,0
20:3 (эйкозатриеновая)	0,5±0,0	1,0±0,0	0,6±0,0
20:3n-6 (эйкозатриеновая)	1,9±0,1	0,6±0,0	1,3±0,0
20:4n-6 (арахидоновая)	15,5±0,5	14,7±0,4	12,3±0,4
20:5n-3 (эйкозапентаеновая)	1,0±0,0	0,7±0,0	0,8±0,0
22:0 (бегеновая)	2,6±0,1	3,1±0,1	2,5±0,1
24:0 (лигноцериновая)	3,5±0,1	4,0±0,1	3,4±0,1
26:0 (гексакозановая)	0,5±0,0	0,8±0,0	0,6±0,0

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, их суммарное содержание в образцах папоротника из Козульского и Курагинского районов достигает 72 %, а в образце из Шушенского района — около 76 %. Содержание основных групп ЖК

в липидах папоротника, произрастающего в разных районах промышленной заготовки, приведено на рисунке 19.

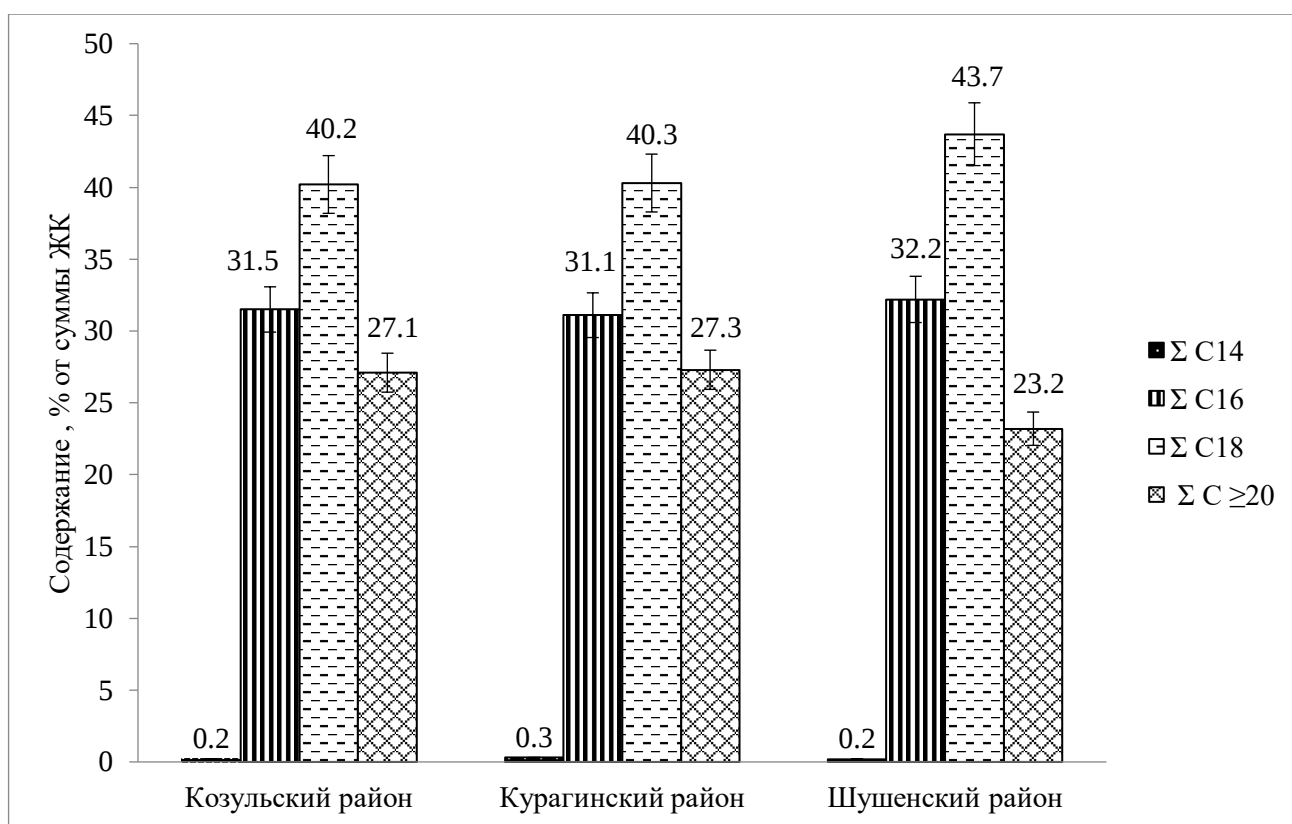


Рисунок 19 – Группы жирных кислот в зависимости от числа углеродных атомов, %

Данные рисунка 19 свидетельствуют, что миристиновая кислота, с числом атомов углерода 14, присутствует в незначительных количествах – менее 1 %.

Кислоты с 16 углеродными атомами представлены пальмитиновой, гексадеценовой, пальмитолеиновой, транс-гексадеценовой и гексадекатриеновой кислотами. Пальмитиновая кислота составляет около 30 % от общей суммы жирных кислот. Гексадекатриеновая кислота обнаружена в количестве до 2 %, а содержание гексадеценовой, пальмитолеиновой и транс-гексадеценовой кислот не превышает 0,3 %.

Среди кислот с 18 атомами углерода преобладает линолевая кислота, на долю которой приходится до 25 % во всех образцах. Доля α -линоленовой кислоты

составляет почти 9 %, олеиновой кислоты – около 6 %. В меньших количествах (1–2,5 %) выявлены вакценовая, гамма-линоленовая и стеариновая кислоты.

Липидная фракция папоротника также содержит длинноцепочечные жирные кислоты ($\geq C20$), среди которых наиболее значимую долю занимает арахидоновая кислота (до 16 %). Также обнаружены арахидоновая, эйкозодиеновая, эйкозатриеновая, эйкозопентаеновая, бегеновая, лигноцериновая и гексакозановая кислоты, суммарное содержание которых не превышает 4 %.

Таким образом, проведенное исследование позволяет заключить, что папоротник, собранный в трех районах промышленной заготовки, характеризуется примерно равным соотношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Доля насыщенных кислот составляет 40–42 %, ненасыщенных – 57–59 %, что подтверждает наличие F-витаминной активности липидной фракции [94].

Основными жирными кислотами, доминирующими во всех образцах, являются пальмитиновая (29–31 %), линолевая (22–25 %), арахидоновая (12,3–15,5 %) и α -линоленовая (7,8–8,6 %). Эти соединения считаются структурными элементами клеточных мембран, обеспечивающими нормальное развитие и адаптацию организма к неблагоприятным условиям среды [94].

Количество идентифицированных жирных кислот в исследованных образцах было одинаковым. Однако папоротник, собранный в Шушенском районе, накопил на 35 % больше липидов по сравнению с другими растениями. Различия в накоплении липидов и их качественном составе могут быть объяснены природно-климатическими особенностями районов произрастания.

3.2.5 Углеводы и другие соединения

В составе папоротника определены гомополисахариды (целлюлоза, пектин, крахмал), гетерополисахариды (гемицеллюлоза) и сложный сополимер ароматических мономеров - лигнин. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Содержание некоторых углеводов и других соединений в свежем папоротнике, % от а.с.с.

Наименование углеводов и других соединений	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

Анализ данных, представленных в таблице 7, показывает, что наибольшее содержание целлюлозы (29,06 % от а.с.с.) и гемицеллюлозы (3,34 % от а.с.с.) выявлено в образце папоротника, собранном в Курагинском районе. Минимальные значения данных компонентов зафиксированы в образце из Козульского района (целлюлоза – 23,25 % от а.с.с., гемицеллюлоза – 3,22 % от а.с.с.). Образец из Шушенского района занимает промежуточное положение с содержанием целлюлозы – 27,16 % от а.с.с., гемицеллюлозы – 3,27 % от а.с.с.

Если анализировать содержание пектина и крахмала, то максимум этих веществ обнаружен в папоротнике из Козульского района (8,41 % от а.с.с. и 4,51 % от а.с.с. соответственно). Второе место по содержанию пектина занимает папоротник из Курагинского района (8,19 % от а.с.с.), а по содержанию крахмала – образец из Шушенского района (4,33 % от а.с.с.). Наименьшие показатели зафиксированы для пектина у папоротника из Шушенского района (7,85 % от а.с.с.) и для крахмала у образца из Курагинского района (3,98 % от а.с.с.).

Установленные различия в количественном содержании углеводов в папоротнике из Козульского, Курагинского и Шушенского районов Красноярского края, вероятно, также обусловлены различиями в природно-климатических условиях территорий. В частности, влияние могут оказывать такие факторы, как температура воздуха, количество осадков, состав почв и степень освещенности мест произрастания. Эти условия напрямую влияют на обменные процессы растений, в том числе на синтез и накопление углеводов. Тем не менее,

установленные различия находятся в пределах 3–20 %, что может быть связано с общей схожестью лесных экосистем исследуемых районов.

Высокое содержание лигнина в папоротнике, произрастающем в исследуемых районах (до 16 % от а.с.с.), указывает на его структурную схожесть с древесными лиственными породами, в которых уровень лигнина находится в пределах 18–24 %. Лигнин, наряду с гемицеллюлозой, являются ключевыми компонентами, обеспечивающими механическую прочность стволу и стеблям растений, а также выполняют функцию герметизации клеточных стенок. В связи с этим критически важно осуществлять заготовку папоротника при длине побегов не более 30 см и производить его переработку не позднее трех часов после сбора. Несоблюдение этих условий приводит к усиленному накоплению лигнина, что, в свою очередь, вызывает одревеснение клеточных стенок, повышение жесткости растительных тканей и потерю вкусовых качеств.

При сравнении папоротника с другим пищевым лесным растением, например, с черемшой, выявляются значительные различия в химическом составе. Так, содержание целлюлозы в черемше достигает максимального значения до 18 г/100 г, что 1,6 раз ниже, чем в папоротнике. Это связано с тем, что листовая структура черемши более нежная и мягкая. Лигнин достигает предела 15,84 % от а.с.с в папоротнике, что значительно выше, чем в черемше (0,74г/100 г) вследствие того, что листья черемши не склонны к одревеснению. Пектиновые вещества в папоротнике варьируют в пределах 7,85–8,41 % от а.с.с, тогда как в черемше содержание пектина выше почти в 2 раза.

Таким образом, образцы папоротника всех районов заготовки по содержанию целлюлозы, пектина, крахмала, гемицеллюлозы можно считать перспективным сырьем в качестве источника пищевых волокон.

3.2.6 Микро- и макроэлементы

В ходе проведенного исследования химического состава папоротника было выявлено наличие 5 макроэлементов (Ca, K, Mg, P, S) и 11 микроэлементов (Cu,

Fe, Mn, Zn, Al, B, Ba, Cr, Ga, Ni, Sr). Среди них макроэлементы (Ca, K, Mg, P, S) и микроэлементы (Cu, Fe, Mn, Zn, Cr) классифицируются как биофильные эссенциальные элементы, а микроэлементы B, Ba и Ni относятся к условно-эссенциальным. Данные о содержании макро- и микроэлементов в папоротнике из разных районов промышленной заготовки Красноярского края приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Содержание и состав макро- и микроэлементов в свежем папоротнике

Наименование элементов	Содержание макро- и микроэлементов		
	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
Макроэлементы, мг/100 г			
Кальций (Ca)	164,15±4,92	142,62±4,28	142,45±4,27
Калий (K)	4170,14±125,10	3030,78±90,92	3187,16±95,61
Магний (Mg)	232,41±6,97	253,05±7,59	199,43±5,98
Фосфор (P)	505,11±15,15	585,17±17,56	505,08±15,15
Сера (S)	447,68±13,43	556,53±16,70	520,92±15,63
Микроэлементы, мг/100 г			
Медь (Cu)	2,22±0,07	1,82±0,05	1,42±0,04
Железо (Fe)	11,03±0,33	9,25±0,28	12,52±0,38
Марганец (Mn)	2,72±0,08	3,03±0,09	1,87±0,06
Цинк (Zn)	6,72±0,20	7,07±0,21	6,68±0,20
Алюминий (Al)	3,26±0,09	1,62±0,05	1,29±0,04
Бор (B)	2,18±0,07	1,81±0,05	2,06±0,06
Барий Ba	1,98±0,06	1,17±0,04	2,11±0,06
Хром Cr	0,18±0,01	0,10±0,00	0,08±0,00
Галлий (Ga)	0,03±0,00	0,04±0,00	0,02±0,00
Никель (Ni)	1,17±0,04	0,65±0,02	0,36±0,01
Стронций (Sr)	0,47±0,01	0,46±0,01	1,52±0,05

По суммарному содержанию всех идентифицированных макроэлементов папоротник, произрастающий на территории Козульского района, превосходит другие образцы в 1,2 раза. Это обусловлено большим накоплением кальция (164,15 мг/100 г) и калия (4170,14 мг/100 г), тогда как в Курагинском и Шушенском районах предельное значение элементов составляет: кальция (142,62 мг/100 г и 142,45 мг/100 г), калия (3030,78 мг/100 г и 3187,16 мг/100 г) соответственно. Установлено, что магний (253,05 мг/100 г), фосфор (585,17 мг/100 г) и сера (556,53 мг/100 г) достигают максимального содержания в папоротнике, собранном в Курагинском районе. Самое низкое содержание магния

(199,43 мг/100 г) отмечено в образце из Шушенского района, а серы (447,68 мг/100 г) в образце из Козульского района. Содержание фосфора в Шушенском и Козульском районах одинаково и составляет 505 мг/100 г.

Анализируя состав микроэлементов, установлено, что папоротник из Козульского района также превосходит образцы из других районов по суммарному накоплению данных элементов. В данном образце папоротника меди (2,22 мг/100 г), алюминия (3,26 мг/100 г), бора (2,18 мг/100 г), хрома (0,18 мг/100 г) и никеля (1,17 мг/100 г) содержится больше, чем в других образцах. Примечательно, что среди данных микроэлементов в папоротнике из Козульского района содержания алюминия и никеля в 2,5 и 3 раза выше, чем в образце из Шушенского района – алюминия (1,29 мг/100 г), никеля (0,36 мг/100 г).

Максимальные концентрации железа (12,52 мг/100 г), бария (2,11 мг/100 г) и стронция (1,52 мг/100 г) зафиксированы в папоротнике из Шушенского района. Особого внимания заслуживает стронций, содержание которого в данном районе в 3 раза выше, чем в образцах из Козульского (0,47 мг/100 г) и Курагинского (0,46 мг/100 г) районов.

Марганец (3,03 мг/100 г) и цинк (7,07 мг/100 г) больше накапливается в папоротнике Курагинского района, тогда как в образце из Шушенского района их содержание имеет наименьшее значение: марганец (1,87 мг/100 г) и цинк (6,68 мг/100 г). Галлий во всех исследуемых образцах выявлен в пределах 0,02–0,04 мг/100 г.

Таким образом, содержание макро- и микроэлементов в папоротнике отличается в зависимости от района произрастания. Наибольшее суммарное количество всех элементов обнаружено в образце из Козульского района, что объясняется особенностями почвенного покрова данной территории. Супесчаная почва с повышенным содержанием глинистых частиц обладает высокой способностью удерживать макро- и микроэлементы, что способствует их аккумуляции в растениях.

3.2.7 Витамины

В рамках проведенного исследования было изучено содержание витаминов в папоротнике. В ходе анализа образцов, собранных в различных районах, было выявлено присутствие жирорастворимого витамина А и водорастворимых витаминов С и РР. Полученные результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Содержание некоторых витаминов в свежем папоротнике

Наименование витаминов	Содержание витаминов		
	Козульский район	Курагинский район	Шушенский район
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

Максимальное содержание витамина С было зафиксировано в образце папоротника, собранного в Козульском районе, и составило 30,88 мг/100 г. Образец из Шушенского района продемонстрировал более низкий уровень содержания витамина С – 27,75 мг/100 г. Минимальное количество этого витамина содержалось в папоротнике из Курагинского района – 24,67 мг/100 г. Количество жирорастворимого витамина А оказалось доминирующим в папоротнике из Курагинского района и достигло 192,21 мкг/100 г. Этот же образец отличался и самым высоким содержанием витамина РР – 5,49 мг/100 г. Папоротник, собранный в Шушенском районе, напротив, характеризовался наименьшим содержанием как витамина А (179,48 мкг/100 г), так и витамина РР (4,97 мг/100 г). Образец из Козульского района по содержанию этих витаминов занимал промежуточное положение: витамин А составил 188,38 мкг/100 г, а витамин РР – 5,33 мг/100 г.

Таким образом, выявлены различия в содержании витаминов С, А и РР в побегах папоротника, собранных в трех районах промышленной заготовки Красноярского края, установленные закономерности обусловлены сочетанием абиотических и антропогенных факторов, характерных для каждой территории.

Проведенная сравнительная оценка содержания витаминов в папоротнике и черемше позволила установить, что по содержанию витамина С папоротник значительно уступает черемше, где данный показатель выше почти в три раза. Кроме того, содержание витамина А в черемше превосходит аналогичный показатель папоротника почти в четыре раза. Однако, что касается количества витамина РР, то папоротник существенно доминирует по сравнению с черемшой, превышая данный показатель более чем в десять раз. Это делает его уникальным источником этого витамина среди лесных пищевых растений.

3.3 Разработка рекомендаций по сбору и переработке папоротника, обеспечивающих его качество и безопасность

Процесс сбора, механической обработки, засолки папоротника осуществляется в полевых условиях места заготовки, для этого ежегодно создаются районные мобильные заготовительные пункты.

С целью стандартизации требований к качеству и безопасности при заготовке и консервированию совместно с крупным заготовителем и переработчиком папоротника в Красноярском крае нами разработаны и утверждены методические рекомендации (МР) «МР 10.39.17-001-2025» по сбору и переработке папоротника (приложение А). Основу формализованных требований составили нормативные и законодательные документы (ГОСТ Р 59425-2021 «Продукция органическая из дикорастущего сырья. Правила сбора, заготовки, переработки, хранения, транспортирования и маркировки», приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 28 июня 2020 № 494 «Об утверждении правил заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений», закон Красноярского края от 28 июня 2007 № 2-204 «О порядке заготовки гражданами пищевых лесных ресурсов сбора ими лекарственных растений для собственных нужд») и результаты проведенных нами научных исследований по определению безопасного расстояния не менее 500 м для сбора

папоротника от транспортных магистралей, а также длины стеблей не более 30 см при заготовке.

Подготовительный этап включает создание карты, позволяющей определить наиболее продуктивные участки предполагаемых территорий сбора, разработку плана по объему заготовки папоротника, расчет количества разворачиваемых мобильных заготовительных пунктов, расчет необходимого количества сборщиков, сырья, оборудования, инвентаря для сбора (секатор, ножи, мешки, перчатки и др.).

Важным этапом при организации мобильного районного пункта является работа со сборщиками, включающая заключение договорных отношений, устанавливающих оплату труда и ответственность за выполнение требований по сбору и переработке папоротника в условиях заготовительного пункта в соответствии с разработанными инструкциями. Сборщик должен быть ознакомлен с ними под подпись, в случае выявленных нарушений применяется наказание в виде штрафа.

Этапы по сбору, переработке, консервированию пищевого растения в условиях районного мобильного заготовительного пункта и цеха по производству продукции из папоротника представлены в приложении Б. Согласно данной схеме, которая входит в состав методических рекомендаций «МР 10.39.17-001-2025» по сбору и переработке папоротника, сборщики осуществляют сбор растения согласно стандартизованным требованиям, доставляют папоротник в районный мобильный заготовительный пункт (ЗП). Работники ЗП осуществляют контроль и приемку сырья по качеству и количеству, а руководитель ЗП ведет учет объемов заготовленного сырья.

Папоротник является скоропортящимся растительным сырьем и подвергается быстрой потере потребительских свойств. Согласно рекомендациям, консервация должна быть осуществлена не позднее 10 часов с момента сбора, это позволит минимизировать биохимические изменения в сырье, сохранить его текстуру и пищевую ценность.

На следующем этапе работники ЗП выполняют механическую обработку папоротника, которая должна быть проведена не позднее трех часов с момента сбора на мобильном заготовительном пункте. Затем сырье подвергается процессу консервирования не позднее семи часов с момента механической обработки.

Консервация папоротника осуществляется методом трехэтапного засола. В полевых условиях осуществляется только первый этап засолки, в ходе которого формируются пучки папоротника массой по 0,5 кг, длиной не более 30 см, затем укладываются в бочки слоями. Каждый слой посыпается солью, затем устанавливается пресс (гнет). Первый этап засолки длится не менее 15 суток. В течение первых двух суток разрешается дозакладка свежего сырья. После этого бочки герметично закрываются, маркируются с указанием даты засолки и транспортируются в цех для дальнейшей переработки. Руководитель ЗП контролирует выполнение установленных требований при заготовке, обработке и консервированию свежего сырья, согласно «МР 10.39.17-001-2025» по сбору и переработке папоротника, ведет учет объемов переработанного сырья.

В производственном цехе осуществляется входной контроль поступившего сырья: проверка документов, подтверждающих качество и безопасность продукта, проверка по качеству (по органолептическим показателям), по количеству, проведение второго и третьего этапов засолки, хранение и производство продуктов из соленого папоротника. В рамках второго этапа засолки папоротника сливают рассол, перебирают пучки и укладывают в новую емкость слоями, каждый слой посыпают солью, затем устанавливают гнет, добавляют тузлук. Второй этап засолки длится 10 суток. Завершающий этап засолки включает слив рассола, переборку пучков папоротника и укладку в другую бочку слоями, добавление тузлука. Бочку герметично закрывают, маркируют с указанием даты засолки и хранят в чистых помещениях при температуре не выше 10 °С, относительной влажности воздуха не более 75 %, срок хранения 12 месяцев.

Руководитель производственного цеха отвечает за разработку и выполнение программы производственного контроля, системы управления качеством и безопасностью на принципах ХАССП производства продукции из папоротника.

Разработанные методические рекомендации направлены на обеспечение качества и безопасности продукции из папоротника путем соблюдения стандартизированных требований в процессе выполнения технологических этапов по сбору, механической обработке, консервированию и хранению, утверждены заказчиком ООО «КомСервис Крайпотребсоюза», акт о внедрении представлен в приложении В.

Выводы по третьей главе

Проведенные исследования, представленные в главе 3, свидетельствуют, что в России деятельность по заготовке и переработке папоротника осуществляют 66 производителей. Преобладающая часть (65 %) сосредоточена в Сибирском федеральном округе, в том числе на Новосибирскую область приходится 23 %, Красноярский край и Республику Хакасия – 21 %. На рынке России долю (57 %) занимает соленый папоротник с высоким содержанием поваренной соли, который успешно экспортировался до 2020 года в страны Восточной Азии. Пандемия и кризисные явления 2020–2023 годов привели к значительному снижению объемов экспорта, а внутренний спрос остается на низком уровне, что явилось основанием для разработки новых продуктов переработки папоротника, которые могут выступать как региональные «гастрономические специалитеты».

Проведенная оценка безопасности свежего папоротника, собранного в районах промышленной заготовки Красноярского края, посредством исследования состава летучих компонентов и токсичных элементов выявила безопасность растительного сырья в случае соблюдения установленного нами требования: безопасное расстояние сбора пищевого растения 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 в соответствии с требованиями ТР ТС 029/2012, они формируют вкус и аромат.

Получены новые данные о химическом составе свежего папоротника в зависимости от района промышленной заготовки растения: содержание белка составило от 24 % до 27 %, в составе идентифицированы 15 аминокислот, в том 7 незаменимые. Массовая доля липидов в зависимости от района заготовки достигает от 4,2 г/100 г до 6,4 г/100 г. В липидных экстрактах идентифицированы 21 жирные кислоты, доминирующими во всех образцах являются пальмитиновая (29–31 %), линолевая (22–25 %), арахидоновая (12,3–15,5 %). Выявлено различие в содержании целлюлозы 23–29 % от а.с.с. в зависимости от места сбора растения,

остальные углеводы накапливаются практически в одинаковом количестве: гемицеллюлоза до 3,3 %, пектин 8,4 %, крахмал 4,5 % от а.с.с. Определили в папоротнике высокое содержание до 16 % от а.с.с. лигнина, что указывает на его структурную схожесть с древесными лиственными породами, в которых уровень лигнина находится в пределах 18–24 %. Установлено наличие 5 макроэлементов и 11 микроэлементов: кальций, калий, магний, фосфор, железо, марганец, медь, цинк, алюминий, бор, хром, барий, стронций и др. Выявлено присутствие жирорастворимого витамина А и водорастворимых витаминов С и РР. Установленные различия в химическом составе растения в зависимости от района заготовки Красноярского края обусловлены различиями в природно-климатических условиях территорий.

С целью стандартизации требований к качеству и безопасности при заготовке и консервированию совместно с крупным заготовителем и переработчиком папоротника в Красноярском крае нами разработаны и утверждены методические рекомендации (МР) «МР 10.39.17-001-2025» по сбору и переработке папоротника.

Глава 4 Разработка технологии производства продуктов переработки папоротника

4.1 Обоснование выбора способа сушки папоротника

На данном этапе работы проводились исследования по определению продолжительности ИК-сушки и сублимационной сушки подготовленного папоротника с целью получения наилучших органолептических показателей и максимальной сохранности биологически активных веществ. Для сушки использовали подготовленный папоротник: вымоченный 6 часов при температуре 10 °С, гидромодуль 1:4, смена воды 3 раза.

Параметры исследования установлены на основании ранее проведенных поисковых экспериментов, действующей нормативной документации на сушеную продукцию из растительного сырья, конструктивных возможностей ИК-сушилки и сублимационного аппарата:

- толщина слоя высушиваемого сырья – 1,5 см;
- размер частиц (длина стебля папоротника) – 5 см;
- влажность готовой продукции – 9 %.

Критериями исследования являлись результаты органолептических показателей сушеного папоротника (внешнего вида, текстуры) и содержание БАВ (таблица 10).

Таблица 10 – Характеристики качества образцов папоротника в зависимости от технологических параметров и способа сушки

Технологические параметры сушки		Внешний вид	Текстура	Содержание белка, %
Температура, °С	Продолжительность, ч			
ИК - сушка				
40	24	Стебли сохранили размер и форму в процессе сушки, цвет коричневый, неравномерный, поблекший, с участками бурых пятен.	Сухая, хрупкая слишком пересушенная.	24,46
50	18	Стебли сохранили размер в процессе сушки, имеется деформация формы, цвет от коричневого до темно-коричневого.	Излишне сухая, жестковатая. Плотная текстура, затрудняющая разжевывание.	25,34
60	14	Стебли имеют деформацию по размерам и форме, цвет от темно-коричневого до черного.	Жесткая, твердая, неприятная при разжевывании.	23,15
Сублимационная сушка				
4 на этапе досушивания *	48	Стебли сохранили размер в процессе сушки, имеется небольшая деформация формы, цвет темно-зеленый с побуревшими вкраплениями.	Достаточно хрустящая, менее воздушная, слишком сухая, крошливая.	24,04
8*	36	Стебли сохранили размер и форму в процессе сушки, имеются небольшие изломы, не влияющие на качество, цвет темно-зеленый с пятнистостью.	Достаточно хрустящая, менее воздушная. Кусочки легко ломаются.	25,12
12*	24	Стебли сохранили размер и форму в процессе сушки, без изломов и видимых дефектов, цвет от темно-зеленого до оливкового.	Хрустящая, воздушная. Кусочки легко ломаются, не крошатся.	26,87

Данные таблицы 10 свидетельствуют о том, что наилучшими качественными характеристиками и наибольшим содержанием белка обладают образец сублимационной сушки, обезвоживание которого осуществлялось при температуре 12 °С в течение 24 ч и образец ИК-сушки при температуре 50 °С в течение 18 ч. При более низкой температуре (40 °С) при ИК-сушке скорость обезвоживания выше, однако при этом происходит ухудшение внешнего вида: стебли изменяют свою естественную окраску, цвет становится неравномерным, поблекшим, с участками бурых пятен; содержание белка ниже на 3,5 %, чем при температуре сушки 50 °С в течение 18 ч. При температуре сушки 60 °С продолжительность обезвоживания составляет 14 ч, при этом стебли имеют деформацию по размерам и форме, цвет от темно-коричневого до черного, текстура жесткая, твердая, неприятная при разжевывании; содержание белка снижается на 8,6 %, чем при температуре сушки 50 °С в течение 18 ч.

Образцы, полученные при сублимированной сушке при температуре досушивания 4 °С и 8 °С, времени сушки 48 ч и 36 ч имеет удовлетворительные показатели внешнего вида: стебли сохраняют размер в процессе сушки, происходит небольшая деформация формы и изменение темно-зеленого цвета с появлением побуревших вкраплений, пятнистости, текстура характеризуется как достаточно хрустящая, менее воздушная, слишком сухая, крошливая, содержание белка в данных образцах ниже на 10,5 % и 6 % соответственно, чем при температуре досушивания 12 °С в течение 24 ч.

Полученные результаты показывают, что в целом сохранность белка в образцах папоротника при ИК-сушке и сублимационной сушке составляет 87 % и 95 % соответственно по сравнению с содержанием в подготовленном папоротнике.

На основании проведенных исследований установлено, что наилучшими качественными характеристиками обладает образец папоротника, подвергшийся ИК-сушке при температуре 50 °С в течение 18 ч и образец, полученный при сублимационной сушке при температуре досушивания 12 °С в течение 24 ч до содержания влаги не более 9 %.

Следующим этапом работы по обоснованию выбора вида сушки явилась комплексная оценка полного перечня органолептических показателей с учетом коэффициентов весомости, определяющих наиболее значимые показатели для будущего потребителя. Результаты эксперимента представлены на рисунке 20. (Образец 1 – Папоротник после высушивания ИК; Образец 2 – Папоротник после высушивания в сублимационном аппарате).



Образец 1



Образец 2

Рисунок 20 – Внешний вид высушенного папоротника

В качестве перечня органолептических показателей качества были выбраны: внешний вид, текстура, цвет, запах и вкус. В таблице 11 представлена шкала балльной оценки с учетом коэффициентов весомости органолептических показателей высушенного папоротника.

Таблица 11– Шкала балльной оценки органолептических показателей

Наименование органолептических показателей/ коэффициент весомости	Оценка в баллах			
	5,0–4,5 «отлично»	4,4–4,0 «хорошо»	3,9–2,0 «удовлетворительно»	Менее 1,9 «неудовлетворительно»
Внешний вид/0,1	Однородные кусочки (стебель папоротника) длиной не менее 5 см, без деформации размера и формы.	Кусочки (стебель папоротника) длиной не менее 5 см, без изменения размера, допускаются небольшая деформация формы, не влияющие на качество.	Имеются деформации по размерам и форме, изломы, заметные дефекты.	Имеются деформации по размерам и форме. Сильные дефекты. Наличие сильно пересушенных кусочков.

Продолжение таблицы 11

Наименование органолептических показателей/ коэффициент весомости	Оценка в баллах			
	5,0–4,5 «отлично»	4,4–4,0 «хорошо»	3,9–2,0 «удовлетворительно»	Менее 1,9 «неудовлетворительно»
Текстура/0,35	Хрустящая, воздушная, кусочки легко разламываются, не крошатся.	Достаточно хрустящая, менее воздушная, крошливая.	Плотная, сухая, жестковатая, затрудняющая разжевывание.	Слишком плотная, жесткая, твердая, неприятная при разжевывании.
Запах/0,1	Свойственный папоротнику с ярко выраженным травянистым ароматом.	Свойственный папоротнику с менее выраженным травянистым ароматом.	Слабовыраженный, свойственный папоротнику, с посторонним ароматом.	Неприятный с явным посторонним запахом.
Цвет/0,1	Равномерный, насыщенный темно-зеленый или оливковый, характерный для сушеного папоротника.	Менее равномерный. Допускаются незначительные отклонения в оттенках (пятнистость или легкая блеклость).	Неравномерный, поблекший, с участками темных пятен.	Темный или почти черный (пересушенный).
Вкус/0,35	Гармоничный, свойственный папоротнику, с приятной соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.	Приятный, но менее выраженный, в меру соленый. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.	Слабый, с посторонним вкусом. Излишняя соленость или пресность.	Неприятный посторонний вкус.

Согласно данным таблицы 11, наибольшие коэффициенты весомости установлены для критериев текстура (0,35) и вкус (0,35), так как они являются определяющими органолептическими показателями для продукции в категории «снеки», «чипсы». При высушивании растительного сырья текстура должна обладать хрустящими и воздушными характеристиками, а вкус должен быть уникальным, соответствовать папоротнику, быть гармоничным, приятным с умеренной соленостью, так как это играет определяющую роль в сенсорном

анализе. Именно данные свойства при разжевывании продукта позволят потенциальному потребителю идентифицировать данный вид сырья.

При оценке внешнего вида важно учитывать сохранность формы и размера. Кусочки (стебель папоротника) должны быть целыми, не менее 5 см, без деформации. Цвет высушенного сырья должен сохранить свою природную окраску, иметь насыщенный темно-зеленый или оливковый цвет. Запах должен быть приятным, свойственным папоротнику, с выраженными травянистыми нотами, без посторонних ароматов, например, затхлости.

В органолептической оценке принимали участие 80 человек, включая 25 преподавателей кафедр технологии и организации общественного питания, товароведения и экспертизы товаров (30–65 лет), а также 55 студентов разных направлений подготовки с 1 по 4 курсы (18–23 лет). В таблице 12 представлены средние оценки всех экспертов, принявших участие в сенсорном анализе в зависимости от возраста и статуса.

Таблица 12 – Результаты органолептической оценки 80 экспертов

Наименование критерия	Преподаватели	Студенты
Образец 1 – Папоротник после высушивания ИК		
Внешний вид	1,8±0,1	1,3±0,0
Текстура	2,1±0,1	1,8±0,1
Запах	2,5±0,1	2,0±0,1
Цвет	1,5±0,1	1,0±0,0
Вкус	1,6±0,1	1,0±0,0
Итого	9,5±0,3	7,1±0,2
Образец 2 – Папоротник после высушивания в сублимационном аппарате		
Внешний вид	4,4±0,1	4,5±0,1
Текстура	4,8±0,2	5,0±0,2
Запах	4,4±0,1	4,0±0,1
Цвет	4,4±0,1	3,8±0,1
Вкус	5,0±0,2	4,0±0,10
Итого	23,0±0,7	21,3±0,6

В результате органолептической оценки установлено, что папоротник после высушивания в ИК-сушке получил неудовлетворительную оценку как среди преподавателей, так и среди студентов. В дегустационных листах отмечено, что данный образец имеет отрицательные оценки по показателям внешний вид,

текстура, которая излишне сухая и жесткая, твердая, а вкус не позволяет идентифицировать данный вид сырья. Запах имеет слабовыраженные травянистые ноты, но присутствует посторонний неприятный аромат. Цвет образца темный, не имеющий ничего общего с природным окрасом.

Папоротник после высушивания в сублимационном аппарате среди преподавателей получил общий средний балл – 23, что позволяет отнести его к оценке «отлично». Эксперты – студенты оценили данный образец на 21,3 балла, что соответствует оценке «хорошо». Вся фокус-группа отметила воздушную, хрустящую текстуру, сохранение формы, а также приятный натуральный травянистый аромат. Из недостатков подчеркнута легкая блеклость в цвете. Преподаватели оценили вкус на высокий балл, отмечая его как «интересный», представляющий гармоничный вкус папоротника с приятной соленостью. Студенты охарактеризовали вкус сублимационного папоротника как специфичный и умеренно соленый, однако примерно 30 % из них указали, что в целом данный вид продукта не соответствует их вкусовым предпочтениям.

Итоговые результаты фокус-группы органолептической оценки образцов папоротника после высушивания с учетом коэффициента весомости представлены на рисунке 21.

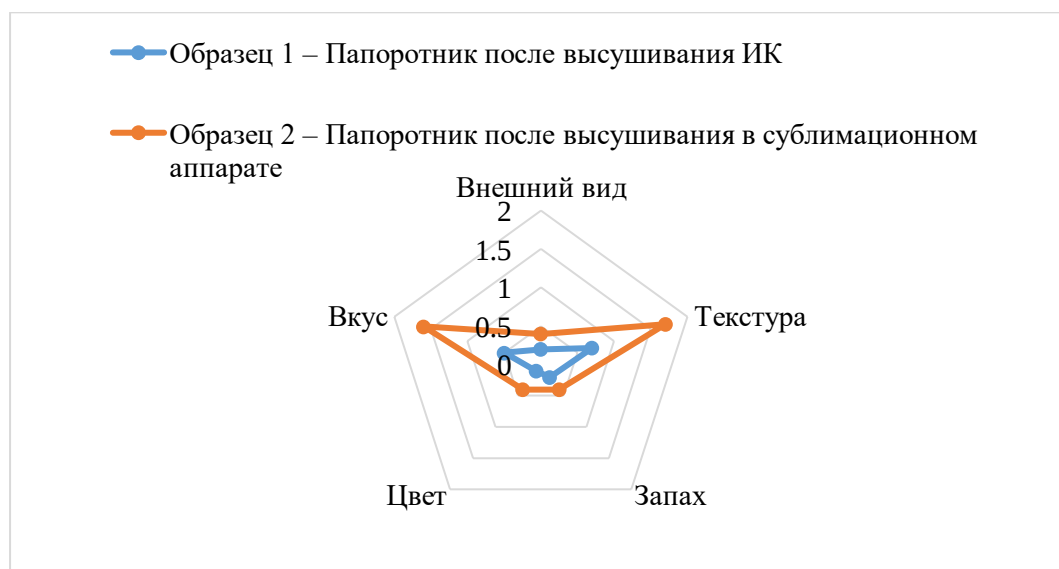


Рисунок 21 – Профилограмма органолептических показателей высушенных образцов папоротника

Обоснование выбора между способами инфракрасной (ИК) и сублимационной сушки основывалось на комплексной оценке органолептических показателей высушенного папоротника, высокие значения которой демонстрируют превосходство сублимационной сушки, в том числе и по сохранности БАВ, в частности, по белку.

Сублимационная сушка формирует новый внешний вид, текстуру, запах, вкус продукта, тем самым открывает новые возможности для использования папоротника в производстве «снеков» или «чипсов». Данный вид продукции может стать частью дополнительных полезных перекусов, способных восполнить дефицит некоторых микро и макронутриентов. Химический состав папоротника, произрастающего на территории Красноярского края, обладает уникальными свойствами, что делает его ценным источником биологически активных веществ, способных удовлетворить потребности различных групп потребителей.

В настоящий момент рынок «снеков» переживает бурный рост и активно внедряет инновации, чтобы отвечать растущему спросу на полезные продукты. Тонко нарезанные, высушенные дольки фруктов, ягод или овощей, благодаря своей хрустящей текстуре, ярким вкусам и высокой концентрации биологически активных веществ, становятся все более популярными.

Создание «снеков» на основе растительного сырья является перспективным направлением для входа в сегмент «здоровое питание» и «органические продукты». Также такая продукция может быть востребованной для лиц, проживающих в экстремальных условиях (например, севера), военнослужащих, космонавтов и спортсменов.

Сублимированный папоротник на внутреннем рынке обладает потенциалом для позиционирования в качестве самостоятельного продукта в категории «чипсов» или «снеков», ориентированного на целевую аудиторию в возрасте 30 – 65 лет. Данная возрастная группа характеризуется высокой избирательностью в выборе продуктов, вниманием к их составу, пищевой ценности, «чистой этикетки», интересом к новым продуктам и платежеспособностью. Перспективность использования высушенного папоротника обусловлена его

более высоким экспортным потенциалом по сравнению с традиционно применяемым соленым папоротником. Основное преимущество высушивания заключается в значительном снижении массы продукта, что существенно сокращает логистические расходы.

Дополнительная возможность применения дегидратированного папоротника открывается после его полного восстановления до состояния, приближенного к нативному. Это позволяет использовать восстановленный папоротник в приготовлении различных видов кулинарной продукции холодных закусок, вторых горячих блюд, начинок, сохраняя при этом органолептические свойства и пищевую ценность.

Важными технологическими параметрами процесса регидратации является температура воды и гидромодуль. Температура играет решающую роль как в скорости восстановления, что важно в условиях современной кулинарной практики, ориентированной на быстрое приготовление, так и в сохранении термолабильных БАВ, содержание которых может снижаться при избыточном нагреве. Правильно подобранный гидромодуль обеспечивает эффективное и равномерное проникновение влаги в продукт, что значительно ускоряет процесс его восстановления и положительно влияет на качество конечного продукта. Время восстановления является важным параметром, который определяет технологическую пригодность продукта для дальнейшего использования.

Сравнительная оценка способности к регидратации для образцов папоротника после высушивания ИК и после высушивания в сублимационном аппарате проводилась с учетом изменения температуры восстановительной среды (от 20 °С до 60 °С) и варьируемого гидромодуля (от 5:1 до 20:1) (рисунок 22).

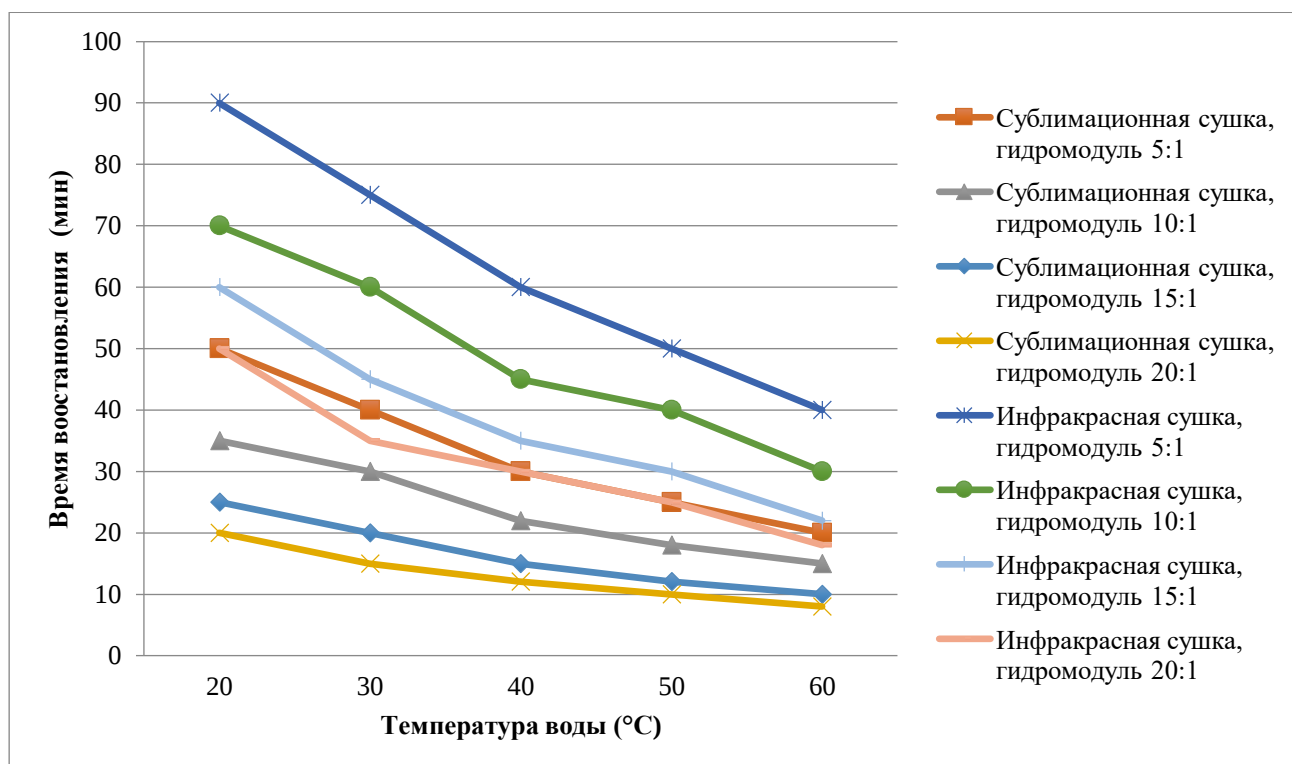


Рисунок 22 – Динамика регидратации высушенного папоротника в зависимости от вида сушки и технологических параметров

Проведенное исследование показало, что способ сушки оказывает существенное влияние на способность папоротника к регидратации. Сравнительный анализ результатов (рисунок 22) свидетельствует о том, что сублимационная сушка обеспечивает значительное преимущество по сравнению с инфракрасной сушкой с точки зрения скорости восстановления. В результате сублимационной сушки у папоротника формируется более пористая структура, которая обеспечивает равномерное распределение влаги как на поверхности, так и внутри продукта, быстрое набухание и восстановление массы, текстуры и потребительских свойств. В условиях гидромодулей 15:1 и 20:1 время полного восстановления папоротника составляет от 20 до 8 минут в зависимости от температуры воды. В указанных условиях содержание влаги достигает до 89 % от исходной влажности папоротника, что соответствует практически полному восстановлению. В то же время образцы, подвергнутые инфракрасной сушке, восстанавливаются значительно медленнее – от 60 до 18 минут в результате более плотной и менее проницаемой структуры высушенного продукта.

Кроме того, установлено, что при гидромодулях (5:1 и 10:1) ни один из методов сушки не обеспечивает полного восстановления до исходной влажности, что связано с ограниченным поступлением воды и снижением скорости влагообмена.

В результате проведенного исследования установлено, что рациональными с точки зрения регидратации являются сублимационная сушка, гидромодуль 15:1 или 20:1 и температура воды 40 °С. Температура регидрационной среды 40 °С способствует ускорению процесса восстановления без разрушения термолабильных биологически активных веществ, что особенно важно для сохранения функциональных свойств продукта.

Сенсорный анализ показал, что восстановленный папоротник, высушенный способом сублимационной сушки, обладает более выраженными органолептическими показателями: сохраняются свойственный цвет, запах, текстура, близкие к вымоченному соленому папоротнику. Применение инфракрасной сушки, напротив, приводит к потере аромата, потемнению и уплотнению тканей, что негативно отражается на потребительских свойствах.

Сублимированный папоротник может рассматриваться в качестве перспективного пищевого продукта, предназначенного как для самостоятельного употребления в виде снеков, так и в качестве компонента в составе сухих смесей, а также для быстрого приготовления салатов, блюд, супов. Восстановление текстуры продукта возможно менее чем за 20 минут, что сокращает технологический процесс приготовления кулинарной продукции с применением восстановленного папоротника по сравнению с вымоченным из соленого.

Таким образом, проведенные исследования по изучению влияния температуры, продолжительности, способа сушки на оценку органолептических показателей, сохранности белка, способности к регидратации, позволяют сделать вывод о значительном преимуществе по показателям качества образца папоротника сублимационной сушки. Далее необходимо установить технологические параметры процесса получения снеков с целью обеспечения стабильного качества и потребительских характеристик готового продукта.

4.2 Определение технологических параметров получения снеков из папоротника

Проектирование заданных характеристик снеков осуществляли путем поиска оптимальных технологических параметров переработки папоротника посредством проведения полного факторного эксперимента и получения математических моделей для основных исследуемых факторов процесса получения снеков из папоротника.

Для построения математической модели процесса с целью оптимизации технологии переработки папоротника использовали регрессионный анализ – метод, который позволяет устанавливать значения факторов и диапазоны их варьирования по своему усмотрению, не нарушая хода технологического процесса, согласно техническим характеристикам применяемого оборудования, требованиям стандартов к готовой продукции и т. д. [26; 204].

В данной работе для построения математической модели процесса, проверки ее адекватности и для оценки влияния на процесс каждого учитываемого технологического фактора было изучено влияние продолжительности сублимационной сушки, времени вымачивания соленого папоротника, толщины слоя, размера частиц (длина стебля папоротника) на содержание белка, влажность и органолептическую оценку снеков.

Входные и выходные параметры процесса представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Параметры многофакторного эксперимента

Параметр	Обозначение
Входные параметры (управляемые факторы)	
Продолжительность сублимационной сушки, ч	X ₁
Вымачивание соленого папоротника, ч	X ₂
Толщина слоя, см	X ₃
Размер частиц (длина стебля папоротника), см	X ₄
Выходные параметры (контролируемые факторы)	
Влажность, %	Y ₁
Органолептическая оценка, балл	Y ₂
Содержание белка, %	Y ₃

Согласно реализуемому плану эксперимента, определились уровни и шаги варьирования входных параметров, которые представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Уровни и интервалы варьирования исследуемых факторов

Фактор	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

Значимость коэффициентов регрессии была проверена с помощью корреляционного анализа данных. Коэффициенты корреляции, оценивающие влияние входящих факторов процесса на отклики, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты корреляционного анализа (коэффициент корреляции)

Показатели	Влажность, %	Органолептическая оценка, б	Содержание белка, %
Продолжительность сублимационной сушки, ч	-0,99386	-0,50909	-0,885360
Вымачивание соленого папоротника, ч	0,01382	-0,08735	-0,389558
Толщина слоя, см	0,10136	-0,09940	0
Размер частиц (длина стебля папоротника), см	0,03957	0,048198	-0,070828

Данные таблицы 15 демонстрируют, что продолжительность сушки оказывает наиболее значимое влияние на все три исследуемых показателя. Также видно, что связь между продолжительностью сушки и всеми исходящими факторами является обратно пропорциональной. Это значит, что при увеличении значения одной величины происходит уменьшение значений другой величины.

На рисунке 23 показаны зависимости управляемых факторов на контролируемые факторы процесса.

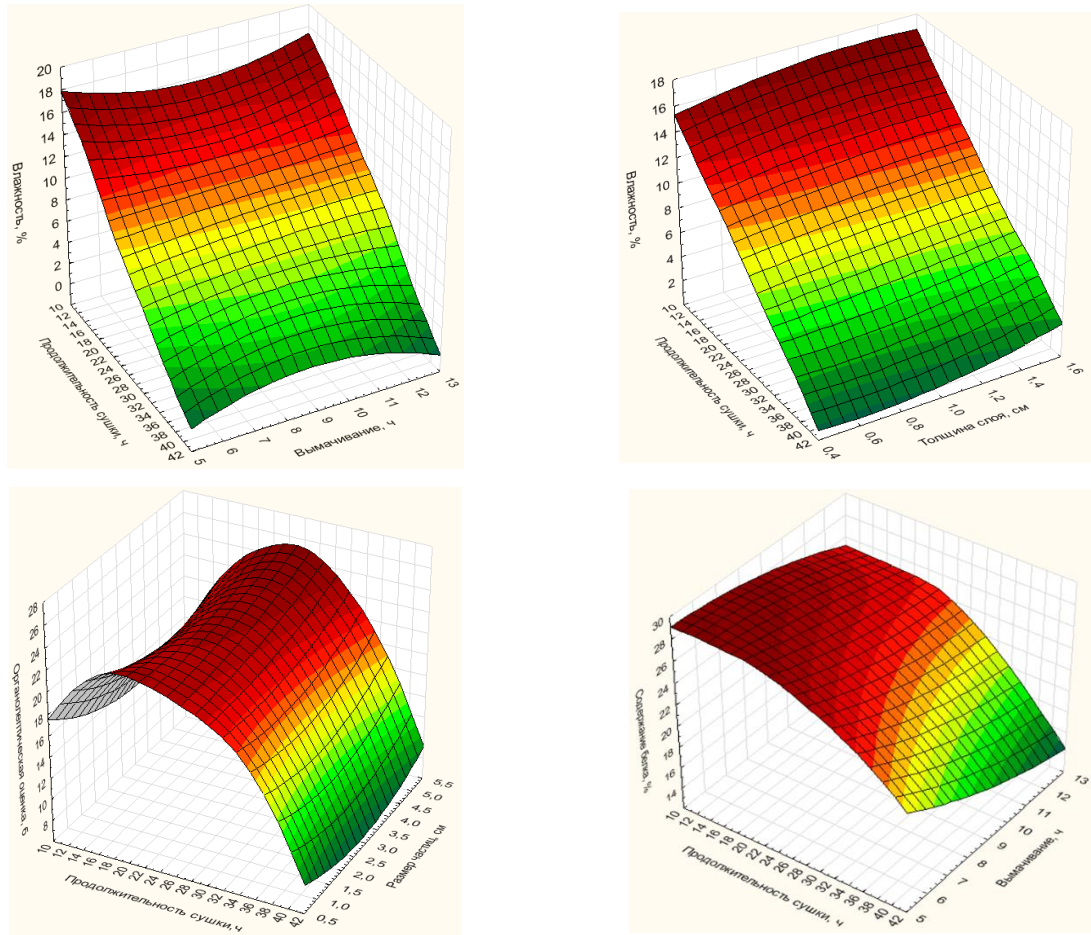


Рисунок 23 – Влияние управляемых факторов на контролируемые факторы процесса

Полученные графики подтвердили известную закономерность: с увеличением продолжительности сушки показатель влажности уменьшается. С технологической точки зрения важным является изучить влияние процесса сушки на органолептические показатели готового продукта. В результате установили, что с увеличением времени сушки органолептические показатели улучшаются и достигают максимальной оценки при сушке 26 ч, далее происходит снижение комплексной оценки за счет показателей (текстура, внешний вид) в результате пересушивания продукта. Определили, что с увеличением времени сушки

снижается показатель содержания белка в продукте, что объясняется денатурацией белковых веществ вследствие перегрева. Чтобы исключить нежелательные изменения, которые возникают при неблагоприятных условиях сушки, в первую очередь следует регулировать время сушки, опираясь на проведенные исследования.

Проанализировав графики, представленные на рисунке 23, можно сделать вывод, что целесообразнее использовать время сушки 26 часов.

Факторы, не оказывающие влияния на отклик, не учитывались при моделировании. Адекватность полученных математических моделей определена с помощью критерия Фишера [166].

Ниже приведены разработанные математические модели для основных показателей «снеков» из папоротника.

Уравнения регрессии для определения исследуемых факторов имеют вид:

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:

$$Y_3 = 30,222 + 0,359X_1 - 0,0108X_1^2 - 0,611X_2 + 0,0185X_2^2 - 0,0128X_1X_2$$

Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Регрессионная статистика

Регрессионная статистика			
	Y_1	Y_2	Y_3
Множественный R	0,999895858	0,994972875	0,997069284
R-квадрат	0,999791727	0,989971022	0,994147157
Нормированный R-квадрат	0,999583453	0,973256058	0,984392419
Стандартная ошибка	0,108691715	0,783569704	0,509175077

Математические модели процесса имеют коэффициент детерминации 0,994–0,999, что говорит о функциональной зависимости между переменными.

Коэффициент значимости при моделировании (критерий Фишера) F , равный $0,00000013 < 0,05$, что говорит об адекватности полученных регрессионных моделей.

Представленные регрессионные модели процесса сушки папоротника могут быть использованы для решения задач оптимизации, которые требуют проведения большого количества вычислений [26].

Для определения оптимальных параметров управляемых факторов воспользовались универсальным математическим процессором MathCAD. MathCAD позволяет решить поставленную задачу численным методом.

Для оптимизации условий функционирования объекта использовались регрессионные модели, полученные в результате реализации многофакторных экспериментальных исследований, представленные и описанные в статье выше. Регрессионные модели дают информацию о влиянии варьируемых факторов на выходные величины. Имеется в виду отыскание таких значений варьируемых факторов в интервалах их варьирования, для которых значение выходной величины оказывается максимальным или минимальным [96; 119].

В качестве параметров оптимизации процесса были выбраны следующие характеристики: Влажность (Y_1), органолептическая оценка (Y_2), содержание белка в снеках (Y_3).

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

Для численного решения задачи поиска локального максимума и минимума в MathCAD имеются встроенные функции Minimize и Maximize [96]. Эти функции реализуют процедуру поиска экстремума функций многих переменных как при наличии, так и при отсутствии ограничений на комбинации последних. В нашем случае нужно найти максимальное или минимальное значение функции на некотором интервале, поэтому мы накладываем следующие ограничения области поиска в пространстве факторов:

$$\begin{cases} 39 \text{ ч} \geq X_1 \geq 13 \text{ ч}; \\ 12 \text{ ч} \geq X_2 \geq 6 \text{ ч}; \\ 1,5 \text{ см} \geq X_3 \geq 0,5 \text{ см}; \end{cases}$$

$$X_4 = 5 \text{ см}.$$

В результате решения поставленной задачи были определены оптимальные значения варьируемых переменных для процесса производства снеков из папоротника:

- продолжительность сублимационной сушки $X_1 = 26 \text{ ч}$;
- вымачивание соленого папоротника $X_2 = 6 \text{ ч}$;
- толщина слоя $X_3 = 0,5 \text{ см}$;
- размер частиц (длина стебля папоротника) $X_4 = 5 \text{ см}$.

Подставив найденные значения входных факторов в уравнения регрессии получили соответствующие значения исследуемых параметров:

- влажность продукта $Y_1 = 8,5 \%$;
- органолептическая оценка $Y_2 = 24,3 \text{ б}$;
- содержание белка $Y_3 = 27,3 \%$.

Процесс изготовления снеков, проведенный при оптимальных условиях, показал следующие результаты:

- влажность продукта $Y_1 = 8,4 \%$;
- органолептическая оценка $Y_2 = 24,8 \text{ б}$;
- содержание белка $Y_3 = 27 \%$.

Теоретические значения данных показателей, рассчитанные по уравнениям регрессии, хорошо согласуются с экспериментальными, что еще раз подтверждает адекватность полученных математических моделей процесса.

Таким образом, получены регрессионные модели влияния управляемых факторов на контролируемые факторы процесса, в результате реализации многофакторных экспериментальных исследований 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) 5 см.

4.3 Аппаратурно-технологическая схема производства продуктов переработки соленого папоротника

По результатам многолетних исследований, разработана аппаратурно-технологическая схема процесса производства снеков и порошка из соленого папоротника (рисунок 24).

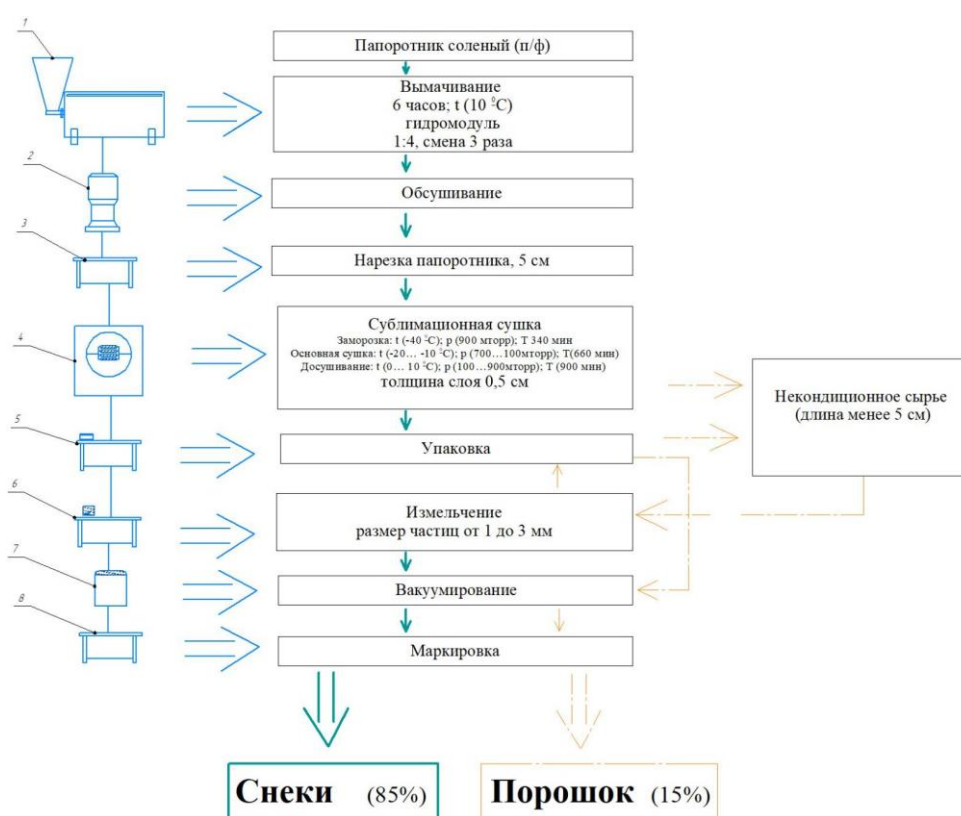


Рисунок 24 – Аппаратурно-технологическая схема процесса производства снеков и порошка из соленого папоротника

(1 – производственная ванна ВМСб-530 Base, оборудованная системой дозированной подачи воды Kumkaya SDM 50; 2 – центрифуга Voltek LT-800; 3 – производственный стол Luxstahl СПУ-10/6; 4 – сублимированный аппарат Lio-25; 5 – стол производственный Luxstahl СПУ-10/6с весами Cas SW-05; 6 – стол производственный Luxstahl СПУ-10/6 с измельчителем Hurakan HKN-SG100; 7 – вакууматор Hurakan HKN-VAC260; 8 – стол производственный Luxstahl СПУ-10/6).

Аппаратурно-технологическая схема описывает последовательность операций, начиная от предварительной подготовки сырья к производству и заканчивая упаковкой и маркировкой готовых продуктов (снеков и порошка). Схема включает указание технологических параметров процесса по переработке соленого папоротника методом сублимационной сушки, обеспечивающих качество конечных продуктов.

Соленый папоротник загружается в производственную ванну (ВМСб-530 Base), через дозатор (Kumkaya SDM 50) подается вода определенного объема (1), где осуществляется его вымачивание в проточной воде в течение 6 часов. Процесс проводится при гидромодуле 1:4 с трехкратной сменой воды, что обеспечивает эффективное снижение содержания соли до допустимого уровня и позволяет получить продукт с умеренной степенью солености, соответствующей требованию к качеству готовой продукции. Затем папоротник загружается в центрифугу (Voltek LT-800) для удаления излишней влаги (2). В результате папоротник обсушен до состояния, пригодного для нарезки и дальнейшей сушки. На производственном столе (Luxstahl СПУ-10/6) (3) производится нарезка (на одинаковые размеры длиной 5 см) и укладка папоротника на сушильные поддоны (в один слой, толщина слоя 0,5 см). Поддоны загружаются в камеру сублимированного аппарата (Lio-25) (4). Процесс сублимационной сушки включает следующие стадии:

1. Замораживание: продукт подвергается замораживанию при температуре 40 °С и давлении 900 мторр в течение 340 минут. В ходе оптимизации процесса параметры стадии замораживания оставались постоянными и не изменялись.

2. Основная сушка: осуществляется путем постепенного повышения температуры до 10 °С и одновременного снижения от 700 мторр до 100 мторр. Продолжительность этапа составляет 660 минут.

3. Досушивание: проводится при температурном диапазоне от 0 °С до 10 °С с одновременным повышением давления от 100 до 900 мторр. Продолжительность этапа составляет 900 минут.

Технические параметры сублимационной сушки представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Технические параметры сублимационной сушки

Параметры	Заморозка	Основная сушка				Досушивание		
Температура, °С	- 40	-20	-20	-20	-10	0	10	10
Давление, мторр	900	700	400	100	100	100	100	900
Время, мин	340	180	180	120	180	240	600	60
Толщина слоя, см	0,5							

В соответствии с представленными данными, продолжительность основного этапа сушки и досушивания составляет 26 часов, а полный производственный цикл, включая стадию замораживания, – 32 часа.

В результате сушки получается новый продукт – снеки, который представляет собой хрупкие, высушенные стебли папоротника длиной не менее 5 см, которые фасуются по массе на производственном столе (Luxstahl СПУ-10/6) с установленными весами (Cas SW-05) (5). В процессе сушки папоротника, фасовки снеков образуется некондиционное сырье (частицы папоротника менее 5 см), которое целесообразно измельчить в измельчителе (Hurakan HKN-SG100) на производственном столе (Luxstahl СПУ-10/6) (6) и получить дополнительный порошкообразный продукт переработки папоротника – порошок согласно ГОСТ 32065-2013 «Овощи сушеные». Фасованные снеки и порошок герметично запаивают, используя вакуумный аппарат (Hurakan HKN-VAC260) (7). На производственном столе (Luxstahl СПУ-10/6) (8) на упаковку наносится маркировка. В результате переработки соленого папоротника получены два вида продукции: снеки и порошок в соотношении 85:15 соответственно (рисунок 25).

**Снеки****Порошок**

Рисунок 25 – Внешний вид продуктов переработки папоротника

Таким образом, разработана аппаратурно-технологическая схема производства продуктов переработки папоротника в результате которой получено два продукта – снеки и порошок в соотношении 85:15. На следующем этапе работы будут представлены результаты исследования показателей качества и безопасности, химического состава указанных продуктов переработки.

Выводы по четвертой главе

Проведенные исследования по изучению влияния способов сушки (ИК-сушка, сублимационная), технологических параметров (температуры, продолжительности) на оценку органолептических показателей, сохранность белка, способность к регидратации высушенного папоротника позволяют сделать вывод о значительном преимуществе по показателям качества папоротника сублимационной сушки. Для образцов сушеного папоротника способами ИК и сублимационной сушки изучена способность к регидратации, в условиях гидромодулей 15:1 и 20:1 время полного восстановления сублимированного продукта составляет от 20 до 8 минут в зависимости от температуры воды. В указанных условиях содержание влаги достигает до 89 % от исходной влажности папоротника.

В результате реализации многофакторных экспериментальных исследований 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 $Y_2 = 24,8$ б; содержание белка $Y_3 = 27$ %.

Разработана аппаратурно-технологическая схема производства продуктов переработки из папоротника, в результате которой получено два продукта – снеки и порошок в соотношении 85:15.

Глава 5 Формирование качества и безопасности новых видов продукции из папоротника

5.1 Показатели качества и безопасности продуктов переработки папоротника

Для оценки качества и безопасности снеков и порошка из сублимированного папоротника приняты регламентируемые показатели из нормативно-технической документации: ГОСТ 32065-2013 «Овощи сушеные» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». В таблице 18 представлены результаты определения органолептических показателей продуктов переработки папоротника.

Таблица 18 – Органолептические показатели продуктов переработки папоротника

Наименование показателя	Характеристика показателей	
	Снеки	Порошок
Внешний вид	Однородные, аккуратный внешний вид. Кусочки папоротника целые, без изломов, без видимых дефектов.	Однородный порошок без посторонних включений и комков.
Форма и размер	Кусочки (длина стебля) папоротника не более 5 см. Форма и длина кусочков без деформации.	Порошкообразная, состоящая из частиц от 1 до 3 мм.
Текстура	Хрустящая, воздушная, не слишком сухая. Кусочки приятно разламываются, не крошатся.	Сыпучая, среднedisперсная, частицы ощущаются на ощупь.
Цвет	Равномерный, насыщенный темно-зеленый или оливковый, свойственный для сушеного папоротника.	Оливковый с светло-коричневым оттенком, характерный для данного вида растительного сырья.
Вкус	Гармоничный, свойственный папоротнику, с легкой соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.	Гармоничный, свойственный папоротнику, с легкой соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.
Запах	Свойственный папоротнику с ярко выраженным травянистым ароматом. Отсутствуют посторонние запахи.	Свойственный папоротнику с ярко выраженным травянистым ароматом. Отсутствуют посторонние запахи.

Установленные характеристики органолептических показателей для снеков и порошка из сублимационного папоротника служат основой для стандартизации и идентификации продукции.

Для оценки качества и подтверждения соответствия продуктов переработки папоротника установленным требованиям по ГОСТ 32065-2013 «Овощи сушеные» было проведено исследование физико-химических показателей (таблица 19).

Таблица 19 – Физико-химические показатели продуктов переработки папоротника

Наименование показателя	ГОСТ 32065-2013 «Овощи сушеные»	Снеки и порошок
Массовая доля влаги, %, не более	14	9
Массовая доля диоксида серы, %, не более	От 0,04 до 0,06	-
Массовая доля металлических примесей (частиц не более 0,3 мм в наибольшем линейном измерении), %, не более	0,0003	-
Массовая доля минеральных примесей (песка), %, не более	0,01	-
Восстановление нативных свойств продукта при температуре 20 °С, мин, не более	-	20*
Массовая доля поваренной соли, %, не более	-	2

*Только высушенных кусочков папоротника длиной 5 см

В соответствии с требованиями ГОСТ 32065-2013 «Овощи сушеные» к основным физико-химическим показателям качества данной группы продуктов относятся: массовая доля влаги; массовая доля диоксида серы; массовая доля металлических примесей; массовая доля минеральных примесей (песка) и развариваемость.

Разработанная технология получения снеков, порошка из папоротника формирует новые физико-химические показатели продуктов, которые должны быть введены как регламентируемые и не приведены в ГОСТ 32065-2013.

На основании данных, представленных в таблице 19, установлено, что для обеспечения характерной хрустящей консистенции продукта массовая доля влаги в сублимированном продукте не должна превышать 9 %. Учитывая особенности разработанной технологии переработки папоротника, использование диоксида серы в качестве консерванта нецелесообразно, в связи с этим данный показатель исключен из перечня регламентируемых. Это обусловлено тем, что используется папоротник с высоким содержанием соли, которая выступает в качестве консерванта, кроме того, применение сублимационной сушки предотвращает развитие микроорганизмов и потемнение продуктов, тем самым отсутствует необходимость в добавлении диоксида серы.

Показатели содержания металлических и минеральных примесей (песка) также исключены, что объясняется высокой степенью очистки сырья на трех этапах технологического процесса засолки папоротника, его вымачивания, многократного промывания, обеспечивающих удаление металлических и минеральных примесей (песка) в конечных продуктах.

Вместо показателя развариваемость, который регламентируется на некоторые сушеные овощи, для снеков введен показатель – способность к восстановлению нативных свойств при температуре 20 °С. Экспериментально установлено, что при восстановлении водой ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) из 100 г сублимированного продукта возможно получить до 1000 г восстановленного менее чем за 20 минут, что идентично по органолептическим характеристикам вымоченного папоротника, который возможно использовать в различных блюдах и кулинарных изделиях.

Для продуктов переработки папоротника введен показатель – массовая доля поваренной соли не более 2 %, которая формирует легкую соленость и формирует своеобразный вкус данной продукции.

Предложенные изменения в перечне физико-химических показателей учитывают особенности используемого сырья, технологию получения снеков, порошка и стандартизируют требования к новым продуктам, которые обеспечивают технологические свойства (способность к восстановлению

нативных свойств) и потребительскую привлекательность (текстуру, вкус, отсутствие консерванта, «чистая этикетка»).

Установление безопасности полученных продуктов переработки папоротника осуществляли путем определения микробиологических и гигиенических показателей. Несмотря на то, что сублимационная сушка снижает вероятность микробиологической порчи, подтверждение безопасности является основанием для производства и потребления. В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 на продукты переработки папоротника не установлены регламентируемые показатели безопасности, в связи с этим выбрана группа продуктов «Плодоовощная продукция». Приложение 1 «Овощи, продукты их переработки», приложение 2 «Порошки овощные (сублимационной сушки) и овощи сушеные, небланшированные перед сушкой», приложение 3 «Овощи и продукты из них». Результаты определения микробиологических и гигиенических показателей продуктов переработки папоротника представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Микробиологические и гигиенические показатели продуктов переработки папоротника

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ				
Показатели	ТР ТС 021/2011		Продукты переработки папоротника	
	Масса продукта (г), в которой не допускается			
	Овощи сушеные	Порошок овощной	Снеки	Порошок
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	25	25	Не обнаружены в 25 г	
Бактерии рода Yersinia	25	25	Не обнаружены в 25 г	
Показатели	Допустимые уровни		Полученные результаты	
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г (см ³), не более	5x10 ⁵	5x10 ⁴	2,0x10 ²	3,7 x10 ²
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г (см ³)	0,01	0,01	Не обнаружены в 0,01	

Продолжение таблицы 20

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ				
Показатели	ТР ТС 021/2011		Продукты переработки папоротника	
	Масса продукта (г), в которой не допускается			
	Овощи сушеные	Порошок овощной	Снеки	Порошок
Показатели	Допустимые уровни		Полученные результаты	
Плесени, КОЕ/г, не более	500	100	5	7
Неспорообразующие микроорганизмы B.cereus, не допускаются в массе продукта, (г)	10 ³	-	Не обнаружено	-
ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ				
Показатели	Допустимые уровни		Полученные результаты	
Свинец	0,5	0,5	0,07	0,07
Мышьяк	0,2	0,2	0,001	0,001
Кадмий	0,03	0,03	0,002	0,002
Ртуть	0,02	0,02	0,004	0,004
ГХЦГ (а, в, у -изомеры)	0,5	0,5	н.о.	н.о.
ДДТ и его метаболиты	0,1	0,1	н.о.	н.о.

Результаты анализа показателей безопасности свидетельствуют о соответствии снеков и порошка из папоротника установленным требованиям ТР ТС 021/2011. Отсутствие патогенных микроорганизмов указывает на надлежащий санитарный уровень производства и эффективность применяемой технологии сублимационной сушки. Показатели содержания токсичных элементов находятся в пределах допустимых значений, а также в продуктах не обнаружены ГХЦГ и ДДТ, что подтверждает безопасность используемого растительного сырья и соблюдение установленных требований при его заготовке и переработке.

5.2 Химический состав и отличительные признаки продуктов переработки папоротника

В данном разделе рассмотрены химический состав и отличительные признаки продуктов переработки папоротника, определяющие качество и пищевую ценность.

Массовая доля влаги в полученных продуктах (снеки и порошок) составляет 8,4 % и 8,1 % соответственно. Содержание белка в снеках достигает 25 г на 100 г, а в порошке составляет 24 г на 100 г продукта. Результаты исследования качественного и количественного аминокислотного состава продуктов переработки папоротника представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Качественный и количественный состав аминокислот продуктов переработки папоротника

Наименование аминокислот	Содержание аминокислот, г/100 г	
	Снеки	Порошок
Валин	1,57±0,05	1,52±0,04
Изолейцин	1,14±0,03	1,11±0,03
Лейцин	2,20±0,07	2,13±0,06
Треонин	1,32±0,04	1,28±0,03
Лизин	1,74±0,05	1,69±0,05
Метионин	0,11±0,01	0,10±0,00
Фенилаланин+ тирозин	2,09±0,06	2,03±0,06
Аспарагин	2,36±0,07	2,29±0,06
Серин	1,34±0,04	1,29±0,03
Глутамин	3,18±0,10	3,08±0,09
Глицин	1,31±0,04	1,27±0,03
Аланин	1,48±0,04	1,44±0,04
Гистидин	0,58±0,02	0,56±0,02
Аргинин	1,52±0,05	1,47±0,04
Пролин	1,07±0,03	1,04±0,03
Сумма заменимых аминокислот	12,84±0,39	12,44±0,37
Сумма незаменимых аминокислот	10,17±0,31	9,86±0,30
Общая сумма аминокислот	23,01±0,69	22,3±0,67

Анализ данных, представленных в таблице 21, свидетельствует об идентичном качественном составе аминокислот как в свежем папоротнике, так и в продуктах его переработки. Установлено, что сублимационная сушка позволяет

сохранить весь аминокислотный профиль. Общее содержание аминокислот в снеках составляет 23,01 г/100 г, в порошке на 4 % меньше. При этом доля незаменимых аминокислот для снеков и порошка достигает 44 % – 10,17 и 9,86 г/100 г, соответственно. Среди заменимых аминокислот в продуктах переработки, как и в свежем сырье, доминирует глутамин (до 3,18 г/100 г), среди незаменимых аминокислот фенилаланин+тирозин (до 2,09 г/100 г).

Глутамин входит в состав всех белков, выполняющий структурную функцию в клетках. Он участвует в обезвреживании аммиака посредством его превращения в нетоксичные соединения, а также играет важную роль в синтезе ДНК, РНК и нейромедиаторов, обеспечивающих передачу нервных импульсов. Кроме того, глутамин способствует поддержанию энергетического обмена в условиях физической нагрузки. Фенилаланин синтезирует адреналин и тирозин, способствует повышению когнитивных функций, улучшает память и оказывает положительное влияние на функциональное состояние печени и поджелудочной железы. Тирозин, в свою очередь, необходим для синтеза тироксина (гормона щитовидной железы), регулирует деятельность гипофиза и надпочечников, способствует снижению уровня стресса, усталости и раздражительности, укрепляет сон [91].

Для оценки биологической ценности белка полученных продуктов переработки проведен сравнительный анализ содержания незаменимых аминокислот с идеальным белком ФАО/ВОЗ, результаты которого представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Биологическая ценность белка продуктов переработки папоротника

Аминокислоты	Идеальный белок ФАО/ВОЗ		Снеки		Порошок	
	г/100г белка	Скор, %	г/100г белка	Скор, %	г/100г белка	Скор, %
валин	4,0	100	6,28	157	6,09	152
изолейцин	3,0	100	4,56	152	4,42	147
лейцин	6,1	100	8,8	144	8,54	140
лизин	4,8	100	6,96	145	6,75	141

Продолжение таблицы 22

Аминокислоты	Идеальный белок ФАО/ВОЗ		Снеки		Порошок	
	г/100г белка	Скор, %	г/100г белка	Скор, %	г/100г белка	Скор, %
метионин+ цистин	2,3	100	0,44	19	0,42	18
фенилаланин+ тирозин	4,1	100	8,36	203	8,11	197
треонин	2,5	100	5,28	211	5,12	205
триптофан	0,66	100	-	-	-	-
КРАС (коэффициент аминокислотного сора), %	различия		70		68	
БЦ (биологическая ценность), %			30		29	
U (коэффициент утилитарности АК состава), дол. ед.			77		75	
ИНАК (Индекс незаменимой кислоты)			0,19		0,18	

На основании представленных данных можно заключить, что исследуемый белок продуктов из сублимированного папоротника обладает определенной биологической ценностью и может быть включен в состав сбалансированного рациона. Высокое значение коэффициента различия аминокислотного сора (70 % и 68 %), и сравнительно небольшая биологическая ценность (30 % и 29 %) указывают на определенный дисбаланс аминокислотного состава. Однако готовые продукты содержат важные незаменимые аминокислоты, что свидетельствует о пищевой ценности данного белка. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (77 дол. ед. и 75 дол. ед.) свидетельствует о способности организма эффективно усваивать значительную часть содержащихся аминокислот. Индекс незаменимой кислоты (0,19 и 0,18) указывает на наличие лимитирующего фактора, которым является метионин+цистин. Таким образом, данный белок может способствовать поддержанию белкового баланса, особенно при употреблении в качестве «здорового перекуса». С целью повышения его биологической ценности возможно сочетать с другими белковыми источниками, что позволит улучшить аминокислотный состав продукта.

В продуктах переработки папоротника содержание жира достигает 2,76 г в 100 продукта. Качественный и количественный состав жирных кислот продуктов переработки папоротника приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Качественный и количественный жирнокислотный состав продуктов переработки папоротника

Наименование жирных кислот	Содержание, % от суммы ЖК	
	Снеки	Порошок
14:0 (миристиновая)	0,5±0,0	0,4±0,0
16:0 (пальмитиновая)	35,7±1,1	34,6±1,0
16:1n-9 (гексадеценовая)	0,2±0,0	0,2±0,0
16:1n-7 (пальмитолеиновая)	0,2±0,0	0,2±0,0
16:1t (транс-гексадеценовая)	0,2±0,0	0,2±0,0
16:3n-3 (гексадекатриеновая)	1,1±0,0	1,0±0,0
18:0 (стеариновая)	2,7±0,1	2,6±0,1
18:1n-9 (олеиновая)	6,1±0,2	5,8±0,2
18:1n-7 (вакценовая)	0,7±0,0	0,6±0,0
18:2n-6 (линолевая)	21,0±0,6	20,4±0,6
18:3n-6 (гамма-линоленовая)	2,0±0,1	1,9±0,1
18:3n-3 (α -линоленовая)	8,0±0,2	7,7±0,2
20:0 (арахиновая)	2,0±0,1	1,9±0,1
20:3n-6 (эйкозатриеновая)	2,0±0,1	1,9±0,1
20:4n-6 (арахидоновая)	9,8±0,3	9,5±0,3
20:5n-3 (эйкозапентаеновая)	0,6±0,0	0,5±0,0
22:0 (бегеновая)	2,3±0,1	2,2±0,1
24:0 (лигноцериновая)	3,4±0,1	3,2±0,1
26:0 (гексакозановая)	0,8±0,0	0,7±0,0

В процессе переработки папоротника удалось сохранить практически полный профиль жирных кислот, исключение составила только эйкозодиеновая кислота (C20:2n-6), содержание которой в свежем папоротнике было незначительным – всего 0,2 % от общей суммы жирных кислот, и в переработанных продуктах она не была обнаружена, вероятно, вследствие низкой исходной концентрации. Жирнокислотный состав как в снеках, так и в порошке демонстрирует сходство с профилем свежего папоротника.

Основными жирными кислотами как в свежем сырье, так в сублимированных продуктах являются ненасыщенная линолевая и насыщенная пальмитиновая кислота (C16:0), которая преобладает среди всех жирных кислот,

на ее долю приходится 35,7 % в снеках и 34,6 % в порошке, что количественно составляет 0,99 г и 0,95 г на 100 г продукта соответственно. Линолевая кислота (C18:2n-6) представлена в количестве 21 % и 20,4 % (0,58 г и 0,56 г соответственно). В меньших количествах (в диапазоне от 6 % до 10 %) в снеках и порошке присутствуют полиненасыщенные арахидоновая (0,27 г и 0,26 г, соответственно) и α -линоленовая (0,22 г и 0,21, соответственно) жирные кислоты, а также моновенасыщенная олеиновая кислота (0,17 г и 0,16, соответственно). Остальные жирные кислоты находятся в незначительном количестве, что не оказывает существенного влияния на общий липидный состав продуктов переработки папоротника.

Присутствие жира и жирных кислот играет важную роль в организме. Доминирующая пальмитиновая кислота является одним из основных источников энергии, хотя ее избыток может повысить уровень холестерина тем самым, увеличить риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. Линолевая кислота не синтезируется организмом и поступает только с продуктами, выполняя важные функции в организме. Арахидоновая кислота важна для иммунной системы, α -линоленовая важна для работы мозга, а олеиновая кислота улучшает липидный профиль крови, снижая уровень «плохого» холестерина [94].

Полученные продукты переработки папоротника не являются значимым источником жира и жирных кислот. Однако употребление снеков из папоротника в качестве «здорового перекуса» может временно восполнить потребность организма в жирах, способствуя преодолению «голодного окна» между основными приемами пищи.

Качественный и количественный состав некоторых углеводов и других соединений продуктов переработки папоротника представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Содержание некоторых углеводов и других соединений продуктов переработки папоротника

Наименование компонентов	Содержание, г/100г	
	Снеки	Порошок
Целлюлоза	20,23±0,61	19,42±0,58
Гемицеллюлоза	2,36±0,07	2,27±0,06
Пектин	5,39±0,16	5,17±0,15
Крахмал	4,28±0,13	4,11±0,12
Лигнин	12,03±0,36	11,55±0,34

Изученные компоненты, за исключением крахмала, относятся к группе пищевых волокон, которые представляют собой комплекс сложных углеводов, включающий целлюлозу, гемицеллюлозу, пектин, а также не являющийся углеводом лигнин (полимер ароматических спиртов) [120; 128].

Содержание целлюлозы составляет 20,23 г/100 г в снеках и 19,42 г/100 г в порошке, а гемицеллюлозы – 2,36 г/100 г и 2,27 г/100 г соответственно. Пектин, относящейся к водорастворимой фракции пищевых волокон, составляет 5,39 г/100 г в снеках и 5,17 г/100 г в порошке. Содержание безуглеводного компонента лигнина составляет 12,03 г/100 г и 11,55 г/100 г соответственно.

Пищевые волокна не растворяются и не подвергаются разрушению кислотами, щелочами и ферментами пищеварительного тракта человека. Пищевые волокна расщепляются лишь частично в толстом кишечнике под влиянием микрофлоры кишечника [42; 120; 128]. Ценность пищевых волокон в том и заключается, что они не перевариваются в желудочно-кишечном тракте человека.

Целлюлоза сокращает время пребывания пищи в желудочно-кишечном тракте и одновременно способствует очищению организма от токсинов и шлаков. Потребление достаточного количества клетчатки нормализует работу кишечника. Клетчатка относится к питательным веществам, которые, подобно витаминам, минеральным солям и воде, не обеспечивают организм энергией, но играют важную роль в его жизнедеятельности. Кроме того, клетчатка является субстратом для микрофлоры кишечника. Гемицеллюлоза, в отличие от

целлюлозы, частично растворима в воде и обладает способностью удерживать воду и связывать ионы металлов, включая катионы тяжелых металлов. Гемицеллюлоза и целлюлоза препятствуют возникновению запоров, и защищают от дивертикулов, спазматического колита, геморроя, рака толстой кишки. Пектины представляют собой сложные полисахариды, обладающие выраженной способностью к гелеобразованию и ионному обмену. В желудочно-кишечном тракте они связывают тяжелые металлы (свинец, ртуть и др.), в том числе радионуклиды – радиоактивные изотопы металлов, и образуют комплексы, которые выводятся из организма. Пектины впитывают в кишечнике токсические продукты, уменьшают в нем гнилостные процессы, способствуют заживлению ран в слизистой оболочке. Пектины в большей степени, чем другие компоненты пищевых волокон (кроме камеди), способствуют выведению из организма холестерина, способны адсорбировать продукты обмена микроорганизмов, желчные кислоты, соли тяжелых металлов, поступающих в кишечник, способствуют профилактике рака кишечника. Лигнин придает прочность растительной клеточной стенке и играет важную роль в снижении всасывания холестерина за счет связываний солей желчных кислот [120; 128].

Количество крахмала, присутствующего в составе продуктов переработки папоротника, достигает 4,28 г/100 г в снеках и 4,11 г/100 г в порошке. Крахмал, в контексте физиологии играет важную роль в нормализации микробиоты кишечника и снижении уровня холестерина в сыворотке крови.

Полученные результаты указывают на высокое содержание пищевых волокон в снеках 40,01 г/100 г и в порошке 38,41 г/100 г. Сочетание углеводных и неуглеводных компонентов обеспечивает выраженные сорбиционные и регуляторные свойства, способствует нормализации функции желудочно-кишечного тракта, снижения уровня холестерина и выведению токсичных соединений. Присутствие крахмала дополнительно усиливает пребиотический эффект.

Содержание золы в снеках составляет 6,4 г в 100 г, в порошке 6,1 г. Данные о содержании качественного и количественного состава макро- и микроэлементов продуктов переработки папоротника приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Качественный и количественный состав макро- и микроэлементов продуктов переработки папоротника

Наименование элементов	Содержание макро, -микроэлементов	
	Снеки	Порошок
Макроэлементы, мг/100 г		
Кальций (Ca)	129,6±3,9	124,4±3,7
Калий (K)	92,5±2,8	88,8±2,6
Магний (Mg)	41,2±1,2	39,6±1,1
Фосфор (P)	325,0±9,8	312,1±9,4
Сера (S)	192,3±5,8	184,6±5,5
Микроэлементы, мг/100 г		
Медь (Cu)	1,4±0,0	1,3±0,0
Железо (Fe)	8,6±0,3	8,3±0,2
Марганец (Mn)	0,7±0,0	0,6±0,0
Цинк (Zn)	4,7±0,1	4,5±0,1
Алюминий (Al)	2,9±0,1	2,8±0,1
Бор (B)	1,2±0,0	1,1±0,0
Барий Ba	1,3±0,0	1,2±0,0
Никель (Ni)	0,3±0,0	0,2±0,0

В продуктах переработки папоротника идентифицировано 13 макро- и микроэлементов из 16, обнаруженных в свежем папоротнике. Элементы стронций, галлий и хром в снеках и порошке не выявлены. Сравнительный анализ содержания макроэлементов свежего папоротника и продуктов его переработки показал, что разработанная технология получения снеков и порошка оказывает значительное влияние на их количество. Так, например, содержание калия уменьшилось в 40 раз в пересчете на абсолютно сухое сырье. Количество кальция, магния, серы и фосфора снизилось не более чем в 5 раз. Содержание микроэлементов в продуктах из сублимированного папоротника уменьшилось не более чем в 2 раза.

Выявленное снижение макро- и микроэлементов в снеках и порошке по сравнению со свежим папоротником, вероятно, связаны с технологическими этапами – трехкратной засолкой и вымачиванием, необходимыми для удаления

горечи и предотвращения быстрого одервенения. Именно на этих этапах, до начала сублимационной сушки, происходят потери водорастворимых соединений, особенно калия и магния. Несмотря на снижение содержания отдельных элементов, полученные продукты обладают высокой пищевой ценностью и могут рассматриваться как функциональные продукты. Особенно следует отметить сохранение необходимых для ежедневного рациона человека минеральных веществ кальция (129,6 мг/100 г), фосфора (325,0 мг/100 г), серы (192,3 мг/100 г), железа (8,6 мг/100 г) и цинка (4,7 мг/100 г).

Кальций необходим для формирования костной ткани и зубов, участвует в регенерации клеток, регуляции нервной проводимости и функционировании эндокринной системы. Фосфор обеспечивает прочность костной структуры, участвует в энергетическом обмене, поддерживает работу нервной системы, печени и почек. Сера участвует в обменных процессах, играет важную роль в поддержании кислородного баланса, улучшает работу нервной системы и стабилизирует уровень сахара в крови. Железо необходимо для транспорта кислорода, окислительно-восстановительных реакций и функционирования иммунной системы. Цинк необходим для функции нескольких сотен ферментов, которые участвуют в различных метаболических процессах, включая синтез и распад углеводов, жиров, белков и нуклеиновых кислот [92].

Таким образом, несмотря на снижение количества отдельных химических элементов, снеки и порошок сохраняют в своем составе значительное количество макро- и микроэлементов, что позволяет их считать дополнительным источником минеральных веществ в рационе человека.

Содержание некоторых витаминов в продуктах переработки папоротника представлено в таблице 26.

Таблица 26 – Содержание витаминов в продуктах переработки папоротника

Наименование витаминов	Снеки	Порошок
Витамин С, мг/100 г	21,24±1,26	20,39±0,61
Витамин А, мкг/100 г	159,61±4,78	153,23±4,59
Витамин РР, мг/100 г	4,33±0,13	4,16±0,12

Результаты исследования, приведенные в таблице 26, свидетельствуют, что в переработанных продуктах сохраняются витамины С, А и РР на 69 %, 83 % и 79 % соответственно по сравнению со свежим папоротником. Содержание водорастворимых витаминов: С (21,24 мг/100 г) и РР (4,33 мг/100 г) в снеках, а в порошке на 4 % меньше. Количество жирорастворимого витамина А достигает 159,61 мкг/100 г в снеках и на 3,8 % ниже в порошке. Присутствие идентифицированных витаминов в продуктах переработки папоротника позволяет рассматривать их как потенциальный источник указанных нутриентов.

Витамины А, С и РР являются важными биологически активными соединениями, которые участвуют в физиологических процессах организма. Одним из значимых аспектов их биологической активности является участие в антиоксидантной защите, обеспечивающей нейтрализацию свободных радикалов, которые вызывают стресс и повреждение клеточных структур. Антирадикальная активность витаминов обусловлена их способностью вступать в реакции с активными формами кислорода, предотвращая перекисное окисление липидов, белков и нуклеиновых кислот [50].

Исследование антирадикальной активности (АРА) водных экстрактов сублимированного папоротника с помощью ДФПГ-теста позволило установить, что все исследуемые образцы проявляют АРА (рисунок 26).

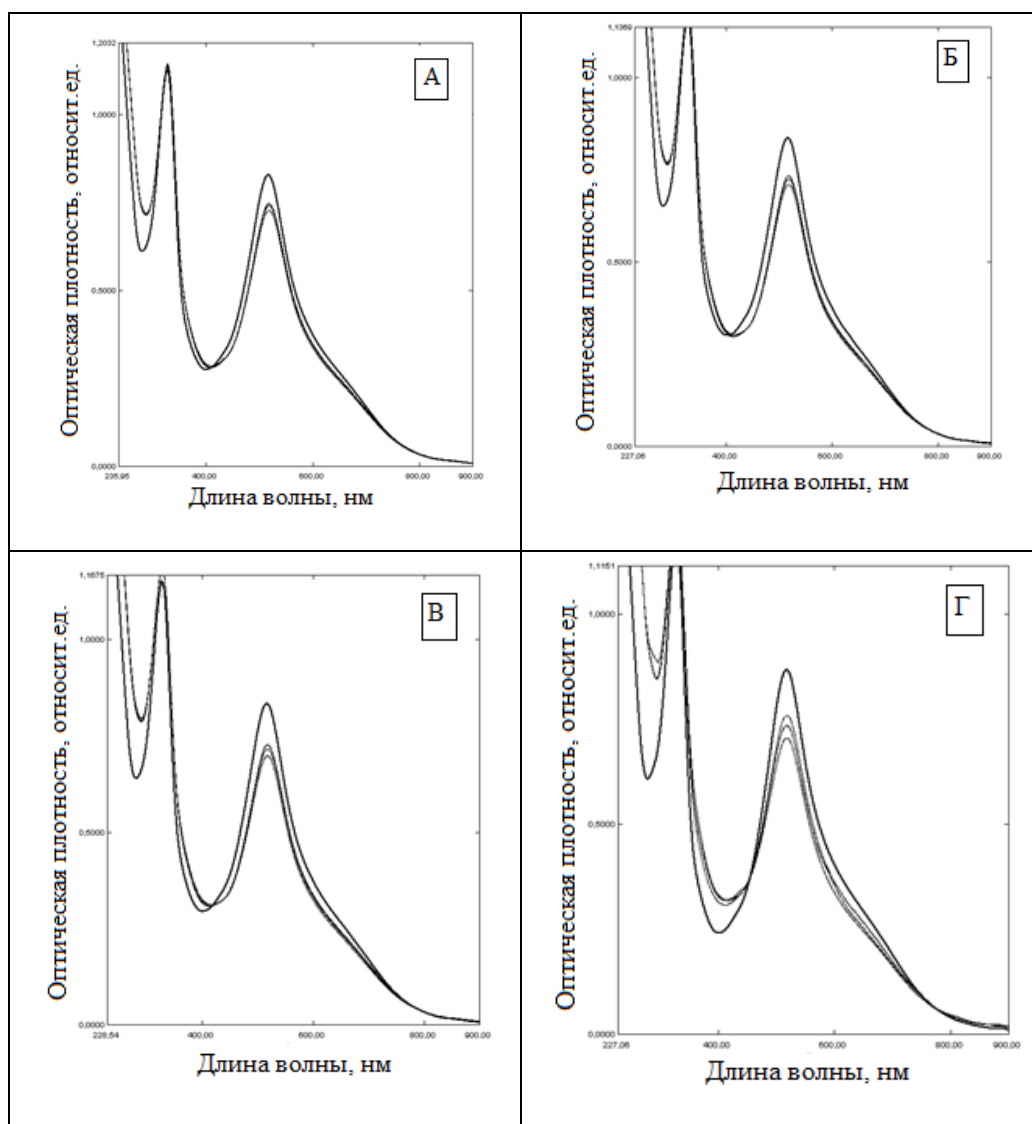


Рисунок 26 – Электронный спектр радикала ДФПГ в этаноле (верхняя линия) и динамика его изменения после добавления 100 мкл экстрактов в течение 30 мин:

А – образец 1 (навеску сублимированного папоротника настаивали в дистиллированной воде при 20 °С в течение часа), Б – образец 2 (навеску сублимированного папоротника заливали водой, имеющей температуру 50 °С, и выдерживали в течение часа), В – образец 3 (навеску сублимированного папоротника заливали водой, имеющей температуру 80 °С, и выдерживали в течение часа), Г – образец 4 (навеску сублимированного папоротника помещали в воду, нагретую до 100 °С, и кипятили в течение часа)
(кинетические кривые записаны через 5, 10 и 30 мин).

На рисунке 27 приведены данные по изучению антирадикальной активности исследуемых экстрактов в сравнении с АРА аскорбиновой кислоты как эталонного вещества с максимальным 100 % значением. Установлено, что образцы 1, 2 и 3 проявляют АРА 12,2 %, 15,1 % и 16,3 % соответственно. Наибольшая антирадикальная активность (19 %) зарегистрирована для образца 4, экстракт которого получали наименее щадящей термообработкой навески папоротника.

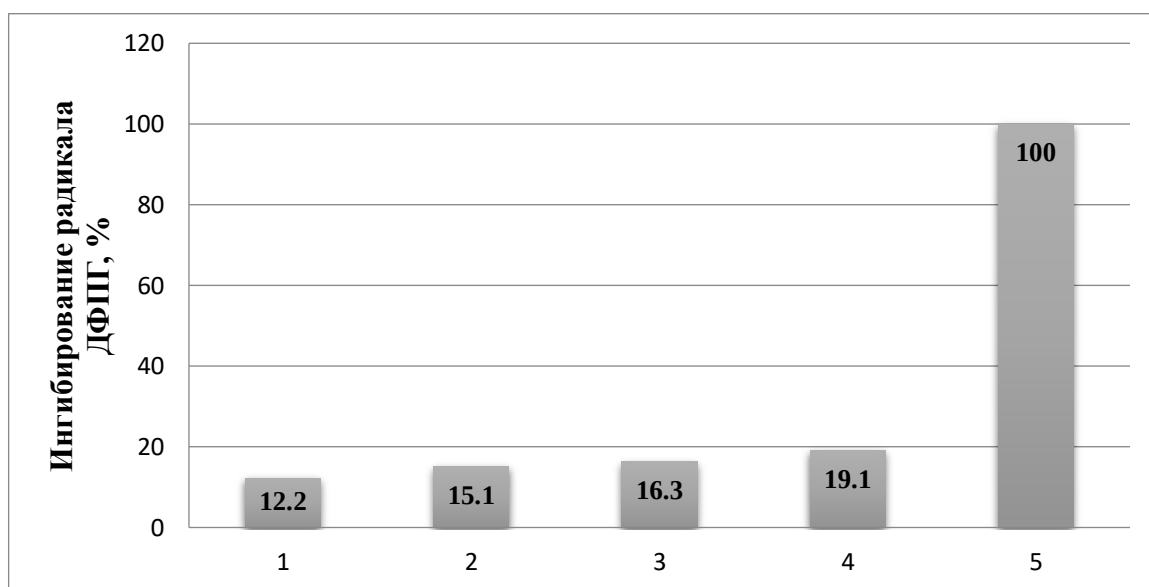


Рисунок 27 – Антирадикальная активность исследуемых образцов за 30 мин (1–4 – образцы водных экстрактов сублимированного папоротника, 5 – аскорбиновая кислота)

Полученные результаты свидетельствуют о наличии в составе всех изученных образцов водных экстрактов сублимированного папоротника веществ, обладающих восстановительными свойствами и проявляющих антирадикальную активность. Как правило, в водные экстракты извлекаются водорастворимые дубильные вещества, редуцирующие сахара, ряд витаминов и некоторые классы биофлавоноидов.

Таким образом, изученный химический состав продуктов переработки папоротника позволяет заключить, что разработанная технология получения снеков и порошка обеспечивает сохранение биологически активных веществ в

нативном состоянии, что определяет их пищевую ценность, конкурентоспособность по нутриентному составу среди аналогичных продуктов из растительного сырья.

Степень удовлетворения в основных пищевых веществах, с учетом рекомендуемого уровня суточного потребления согласно ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Степень удовлетворения в основных пищевых веществах от физиологической нормы потребления, содержащихся в 100 г продуктов переработки папоротника

Наименование пищевых веществ	Рекомендуемый уровень суточного потребления по ТР ТС 022/2011	Содержание		Степень удовлетворения от уровня суточного потребления по ТР ТС 022/2011, %	
		Снеки	Порошок	Снеки	Порошок
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
Минеральные вещества:					
Кальций, мг	1000	129,6	124,4	13	12
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
Витамины:					
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 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» [127]

Полученные снеки и порошок характеризуются высоким содержанием биологически активных веществ и могут рассматриваться как функциональные продукты питания. Исследование их химического состава показывает, что в 100 г

продукта содержится до 25 г белка, что обеспечивает до 33 % от рекомендуемой нормы суточной потребности. Это указывает на значительный белковый потенциал данных продуктов, особенно актуальных для людей, рацион которых имеет ограничения в части потребления животного белка. Низкое содержание жира в снеках 2,8 г и в порошке 2,6 г, обеспечивает всего 3 % от суточной нормы. Содержание углеводов варьируется в пределах 45,1–46,4 г, что обеспечивает 12–13 % от рекомендуемого уровня, однако наибольший интерес представляет высокое содержание пищевых волокон. Их количество достигает 40 г в снеках и обеспечивает 133 % суточной потребности.

Минеральный состав снеков и порошка свидетельствует о высокой пищевой ценности. Продукты переработки папоротника содержат значительное количество некоторых минеральных веществ, обеспечивая степень удовлетворения железа 59–61 %, фосфора 39–41 %, цинка 30–31 % от суточной нормы потребления. Количество кальция и магния в продуктах обеспечивают до 13 % и 10 %, соответственно от ежедневного уровня потребления. Незначительное содержание калия в снеках и порошке составляет 92,5 мг и 88,8 мг, соответственно, что обеспечивает всего 3% от уровня потребления.

Количество белка, витаминов, некоторых минеральных компонентов в снеках и порошке позволяет отнести их к функциональным продуктам согласно ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения», 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 20–19 %, железо 61–59%, фосфор 41–39 %, цинк 31–30%.

Информация об отличительных признаках снеков и порошка в части ее пищевой ценности должна сопровождаться указанием в маркировке пищевой продукции количества соответствующих пищевых веществ, определяющих пищевую ценность данной продукции [167]. В таблице 28 представлены условия

использовании в маркировке снеков и порошка информации об отличительных признаках.

Таблица 28 – Условия использования в маркировке снеков и порошка информации об отличительных признаках

Показатель пищевой ценности или компонент	Информация об отличительных признаках пищевой продукции	Условия использования в маркировке продуктов переработки папоротника информации об отличительных признаках		
		Содержание пищевого вещества по ТР ТС 022/2011	Содержание пищевого компонента в продукте / Степень удовлетворения рекомендуемого уровня суточной потребности в пищевых веществах, %	
			Снеки	Порошок
Белок	Высокое содержание	Белок обеспечивает не менее 20% энергетической ценности (калорийности) пищевой продукции.	25 / 32 – от калорийности	24 / 32– от калорийности
Пищевые волокна	Высокое содержание	Пищевых волокон не менее 6 г на 100 г твердой пищевой продукции.	40,01/133	38,41/128
Фосфор	Высокое содержание	Витамины и минеральные вещества составляют не менее 30 процентов средней суточной потребности в витаминах и минеральных веществах на 100 г твердой пищевой продукции.	325,0 /41	312,1 / 39
Железо	Высокое содержание		8,6 / 61	8,3 / 59
Цинк	Высокое содержание		4,7 / 31	4,5 / 30
Витамин С	Высокое содержание		21,24 / 35	20,39 / 34
Витамин А	Источник	Витамины и минеральные вещества составляют не менее 15 процентов средней суточной потребности в витаминах и минеральных веществах на 100 г твердой пищевой продукции.	159,61 / 20	153,23 / 19
Витамин РР	Источник		4,33 / 22	4,16 / 21

Данные, представленные в таблице 28, свидетельствуют, что снеки и порошок, обладают отличительными признаками согласно требованиям ТР ТС 022/2011, которые могут быть указаны в маркировке продуктов: высокое содержание белка, пищевых волокон, витамина С, фосфора, железа и цинка, а также являются источником витаминов А и РР.

Таким образом, исследование химического состава, антирадикальной активности снеков и порошка позволяют установить отличительные признаки и функциональные свойства продуктов переработки папоротника, которые определяют их уникальность, конкурентоспособность в сегментах функциональные пищевые продукты, «продукты здорового питания», «полезные продукты для быстрого перекуса».

5.3 Обоснование срока годности при заданных условиях хранения, регламентируемые показатели качества, безопасности продуктов переработки папоротника

Следующим этапом работы было проведение исследования по обоснованию срока годности при заданных условиях хранения продуктов переработки папоротника. Для определения срока годности образцы снеков и порошка упаковывали в полимерные пакеты массой по 30 г, вакуумировали и хранили при заданных условиях: температура 20 ± 2 °С и относительная влажность воздуха не более 75 %. Проектируемый срок годности составил 12 месяцев с даты изготовления. В соответствии с этим отбор проб проводили с периодичностью: в день производства продуктов, через 3, 9, 12 и 14 месяцев хранения. Коэффициент резерва 1,15 в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 [82; 103]. Результаты исследований представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Изменение показателей качества и безопасности продуктов переработки папоротника при хранении в установленных условиях

Показатель	Время хранения, мес.				
	0	3	9	12	14
Снеки					
Органолептические показатели					
Внешний вид	Однородный, аккуратный внешний вид. Кусочки папоротника целые, без изломов, без видимых дефектов.				
Форма и размер	Кусочки папоротника длиной 5 см, без деформации формы и изменения размера.				
Текстура	Хрустящая, воздушная, не слишком сухая. Кусочки приятно разламываются, не крошатся.				
Цвет	Равномерный, насыщенный темно-зеленый или оливковый, характерный для сушеного папоротника.				
Вкус	Гармоничный, свойственный папоротнику, с легкой соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.				
Запах	Свойственный папоротнику с ярко выраженными травянистым ароматом. Отсутствуют посторонние запахи.				
Физико-химические показатели					
Содержание белка, г	25,0±0,7	25,0±0,3	24,8±0,2	24,7±0,4	24,7±0,2
Содержание пищевых волокон, г	40,0±0,9	40,0±0,2	40,0±0,3	39,9±0,4	39,7±0,5
Массовая доля влаги, %	9,0±0,3	9,0±0,3	9,0±0,3	9,2±0,1	9,2±0,1
Восстановление нативных свойств продукта при температуре 20 °С мин	20,0±0,6	20,0±0,6	20,0±0,6	20,0±0,6	20,0±0,6
Массовая доля поваренной соли, %	2,0±0,1	2,0±0,1	2,0±0,1	2,0±0,1	2,0±0,1
Микробиологические показатели					
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	не обнаружены				
Бактерии рода Yersinia	не обнаружены				
КМАФАнМ, КОЕ/г, (см³)	2,1x10²	2,5x10²	2,7x10²	3,1x10²	3,2x10²
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), г (см³)	не обнаружены				
Плесени, КОЕ/г	7	8	10	12	13
B.cereus	не обнаружены				
Порошок					
Органолептические показатели					
Внешний вид	Однородный порошок без посторонних включений и комков.				
Форма и размер	Порошкообразная, с включением частиц размером от 1 до 3 мм.				
Текстура	Сыпучая, среднedisперсная, частицы ощущаются на ощупь.				

Продолжение таблицы 29

Показатель	Время хранения, мес.				
	0	3	9	12	14
Порошок					
Органолептические показатели					
Цвет	Оливковый с светло-коричневым оттенком, характерный для данного вида растительного сырья				
Вкус	Свойственный папоротнику, с легкой соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.				
Запах	Свойственный папоротнику, с ярко выраженным травянистым ароматом. Отсутствуют посторонние запахи.				
Физико-химические показатели					
Содержание белка, г	24,0±0,7	23,9±0,1	23,7±0,2	23,7±0,2	23,6±0,3
Содержание пищевых волокон, г	38,4±0,2	38,4±0,1	38,1±0,4	38,0±0,2	37,6±0,2
Массовая доля влаги, %	9,0±0,3	9,0±0,1	9,1±0,1	9,2±0,7	9,4±0,5
Массовая доля поваренной соли, %	2,0±0,1	2,0±0,1	2,0±0,1	2,0±0,1	2,0±0,1
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	не обнаружены				
Бактерии рода Yersinia	не обнаружены				
КМАФАнМ, КОЕ/г, (см³)	3,8x10²	3,9x10²	4,1x10²	4,3x10²	4,4x10²
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), г (см³)	не обнаружены				
Плесени, КОЕ/г	8	10	13	14	15

Данные таблицы 29 свидетельствуют, что в течение 14 месяцев хранения органолептические показатели продуктов переработки папоротника оставались без изменений. Существенных отклонений по физико-химическим показателям также не выявлено. Патогенные микроорганизмы, включая сальмонеллы, бактерии рода *Yersinia*, бактерии группы кишечных палочек (колиформы) и *B. cereus* не обнаружены.

Отмечен рост показателей КМАФАнМ и плесени в процессе хранения: для снеков – 3,2x10² КОЕ/г, для порошка 4,4x10² КОЕ/г, и 13 и 15 КОЕ/г соответственно, но они не превышают установленных нормативных значений.

Таким образом, на основании проведенных исследований обоснован срок годности 12 месяцев для снеков и порошка при следующих условиях хранения в

полимерной упаковке, при температуре не выше 20 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Регламентируемые показатели качества и безопасности снеков и порошка из папоротника представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Регламентируемые показатели качества и безопасности снеков и порошка из папоротника

Наименование показателя	Регламентируемые значения	
	Снеки	Порошок
Органолептические показатели		
Внешний вид	Однородные, аккуратный внешний вид. Кусочки папоротника целые, без изломов, без видимых дефектов.	Однородный порошок без посторонних включений и комков.
Форма и размер	Кусочки (длина стебля) папоротника не более 5 см. Форма и длина кусочков без деформации.	Порошкообразная, состоящая из частиц от 1 до 3 мм.
Текстура	Хрустящая, воздушная, не слишком сухая. Кусочки приятно разламываются, не крошатся.	Сыпучая, среднedisперсная, частицы ощущаются на ощупь.
Цвет	Равномерный, насыщенный темно-зеленый или оливковый, свойственный для сушеного папоротника.	Оливковый с светло-коричневым оттенком, характерный для данного вида растительного сырья.
Вкус	Гармоничный, свойственный папоротнику, с легкой соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.	Гармоничный, свойственный папоротнику, с легкой соленостью. Отсутствуют посторонние привкусы, сырости и затхлости.
Запах	Свойственный папоротнику с ярко выраженными травянистым ароматом. Отсутствуют посторонние запахи.	Свойственный папоротнику с ярко выраженными травянистым ароматом. Отсутствуют посторонние запахи.
Физико-химические показатели		
Содержание белка, г не менее	24	23
Содержание пищевых волокон, г не менее	39	37
Массовая доля влаги, %, не более	9	9

Продолжение таблицы 30

Наименование показателя	Регламентируемые значения	
	Снеки	Порошок
Физико-химические показатели		
Восстановление нативных свойств продукта при температуре 20°C мин, не более	20*	-
Массовая доля поваренной соли, % не более	2	2
Микробиологические показатели		
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, не допускаются в массе продукта, г	25	25
Бактерии рода <i>Yersinia</i> , не допускаются в массе продукта, г	25	25
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	5×10^5	5×10^4
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,01	0,01
Плесени, КОЕ/г, не более	500	100
Неспорообразующие микроорганизмы <i>V.сегеус</i> , не допускаются в массе продукта, (г)	10^3	-
Гигиенические показатели		
Свинец	0,5	0,5
Мышьяк	0,2	0,2
Кадмий	0,03	0,03
Ртуть	0,02	0,02
ГХЦГ (а, в, у -изомеры)*	0,5	0,5
ДДТ и его метаболиты*	0,1	0,1

*Высушенных кусочков папоротника длиной 5 см

На основании полученных регламентируемых показателей на снеки разработаны технические условия ТУ 10.39.13 – 015 – 02067876 – 2025, технологическая инструкция ТИ (приложение Г и приложение Д), на порошок ТУ 10.39.13 – 016 – 02067876 – 2025 и технологическая инструкция ТИ (приложение Е и приложение Ж). Акт о внедрении представлен в приложении В.

5.4 Анализ рынка ириса, представленного в ритейле г. Красноярск

Ассортимент сахаристых кондитерских изделий стремительно расширяется, однако сегмент «ириса» достаточно однообразный, что подтверждает проведенный анализ рынка ириса, представленного в торговых сетях федерального и регионального уровней, специализированных магазинах г. Красноярск.

В ходе исследования установлено, что наибольшее разнообразие ассортимента ириса среди федеральных торговых сетей представлено в гипермаркете «Лента» – 11 наименований, что составляет 31 % от общего количества, «Магнит» – 10 (28 %), «Аллея» – 8 (22 %), «Метро» – 5 (14 %), Пятерочка – 2 (5 %) соответственно количество видов ириса и доля от общего объема.

Среди региональных торговых сетей лидирующую позицию занимает «Командор», представляя 8 наименований ириса, что составляет 73 % от общего количества. На торговых полках магазинов «Красный Яр» можно найти только 3 наименования (27 %). Структура ассортимента ириса по торговым сетям на рынке г. Красноярск представлена на рисунке 28.

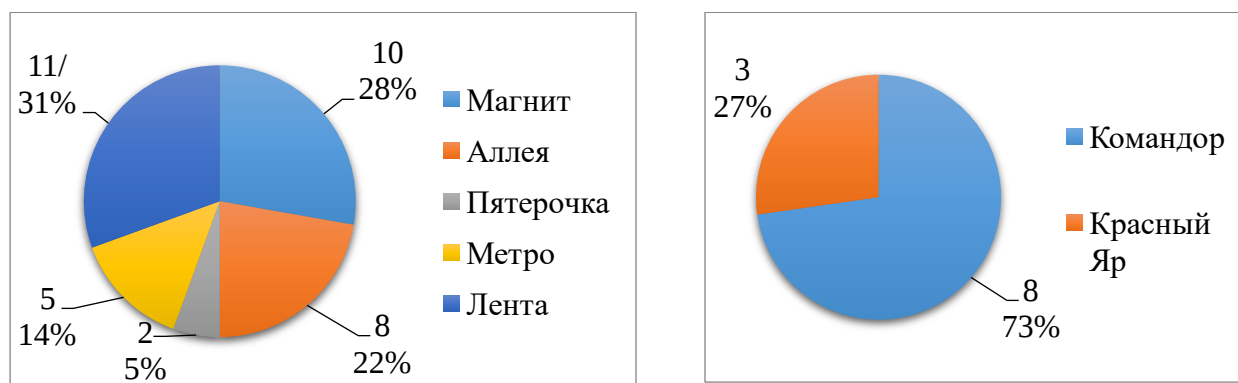


Рисунок 28 – Структура ассортимента ириса по торговым сетям федерального и регионального уровней на рынке г. Красноярска (количество наименований/доля от общего количества)

Анализ структуры ассортимента ириса по производителям, представленного в федеральных торговых сетях г. Красноярска отражен на рисунке 29.

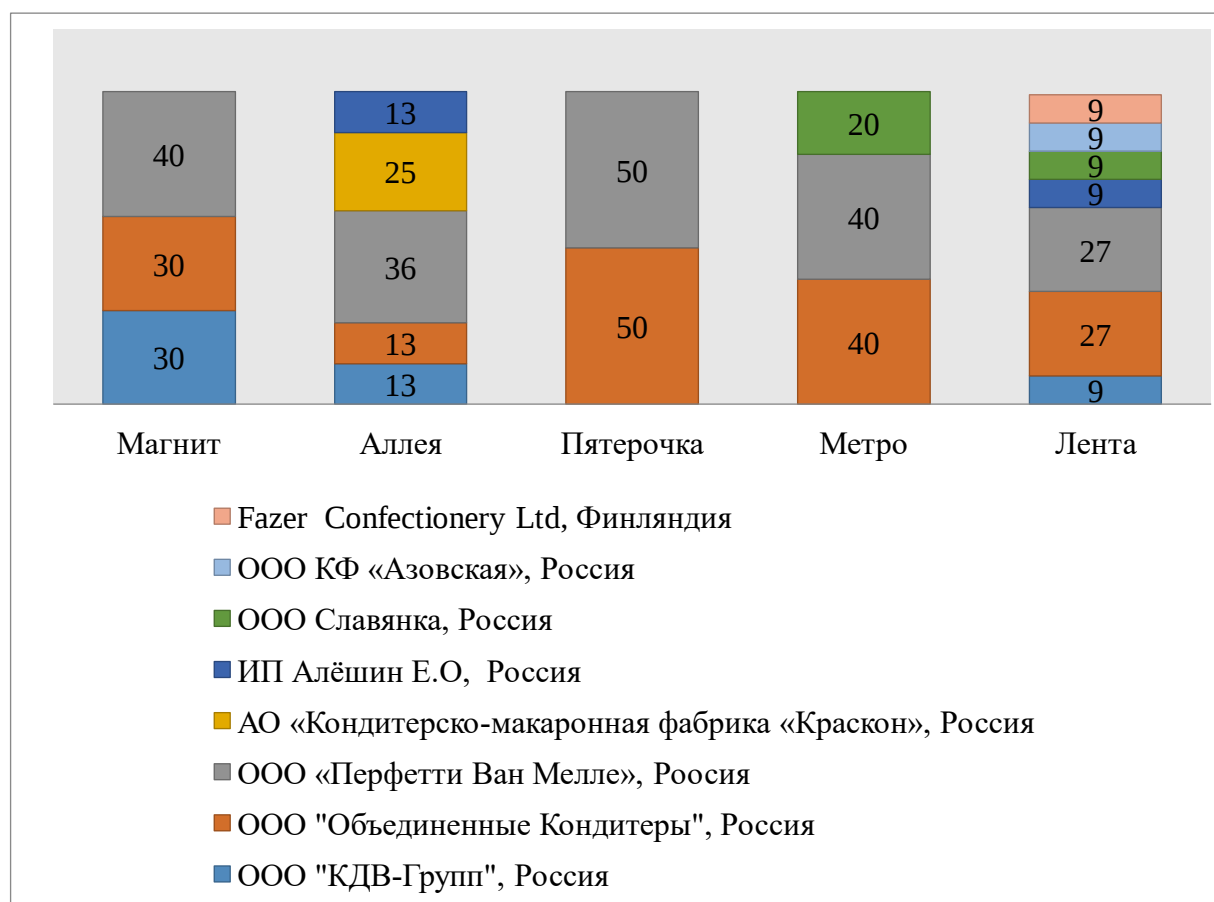


Рисунок 29 – Структура ассортимента ириса по производителям, представленного в федеральных торговых сетях г. Красноярска

Данные рисунка 29 свидетельствуют, что во всех исследуемых торговых сетях продаются конфеты Meller с различными вкусами (соленая карамель, шоколад, банан, кокос) компании ООО «Перфетти Ван Малле» и ирисы Кис-Кис, Золотой ключик и Крепыш ООО «Объединенные кондитеры». Жевательные конфеты с ореховой начинкой Нота Бум, ирис Яшкино (сливочный, с арахисом, шоколадный) от производителя ООО «КДВ-Групп» можно приобрести в трех сетях «Магнит», «Аллея» и «Лента». Производитель ИП «Алешин» представлен в сетях «Аллея» и «Лента» ирисом под наименованием «Настоящий». Сети «Метро» и «Лента» предлагают ирис Левушка от ООО «Славянка».

Региональный производитель кондитерских и макаронных изделий АО «Краскон» представлен в сети «Аллея» двумя позициями «Школьный мир Краскоши» и ирис сливочный. В гипермаркете «Лента» выявлены ирис сливочный, тираженный производителя ООО КФ «Азовская» и мягкий сливочный ирис в молочном шоколаде финской компании «Fazer Confectionery Ltd», продукция данных производителей не представлена в других рассматриваемых сетях.

Анализ структуры ассортимента ириса по производителям, представленного в региональных торговых сетях г. Красноярск отражен на рисунке 30.

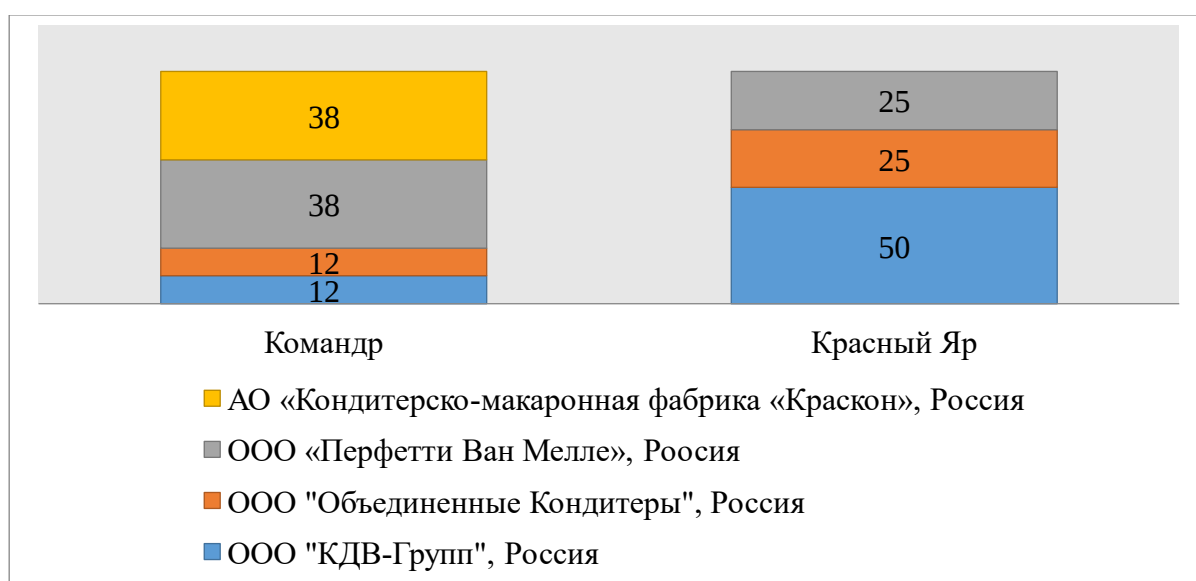


Рисунок 30 – Структура ассортимента ириса по производителям, представленного в региональных торговых сетях г. Красноярск

В процессе исследования товарных предложений регионального ритейла установлено, что в магазинах «Красный Яр» представлен ирис трех производителей: ООО «КДВ-Групп», ООО «Объединенные кондитеры» и ООО «Перфетти Ван Малле». Ассортимент продукции отличается ограниченным разнообразием и включает следующие виды: Золотой ключик, Яшкино (сливочный и шоколадный) и Meller с шоколадом.

Сеть «Командор» предлагает ассортимент продукции четырех производителей: АО «Краскон», ООО «Перфетти Ван Малле», ООО «Объединенные кондитеры» и ООО «КДВ-Групп». Выявили особенность, что на торговых полках данной сети продается ирис «Краскон Сливочный Тормик с начинкой», который не встречается в других супермаркетах.

Таким образом, можно заключить, что ассортимент ириса в ритейле регионального и федерального уровней не отличается ни широтой, ни глубиной ассортимента. Из 46 наименований исследуемого сахаристого кондитерского изделия, только 18 видов не повторяются. В состав всех изученных образцов входят базовые компоненты: сахар, патока или глюкозный сироп, молоко сгущенное, молоко сухое, растительные жиры и др. В некоторых образцах присутствуют стабилизаторы, эмульгаторы, красители, антиокислители и др. Дополнительно в некоторые разновидности ириса включены вкусообразующие ингредиенты: шоколад, какао-порошок, арахис и ароматизаторы, соответствующие заявленным вкусовым характеристикам.

По видовому признаку весь ассортимент был классифицирован на два типа: ирис литой (56 %) и тираженный (44 %). Ассортимент первого типа включает Золотой ключик, Кис-Кис, Meller и Левушка. Тираженный ирис представлен преимущественно в вариантах: сливочный, шоколадный, с арахисом.

Анализ ассортимента специализированных магазинов «Краскон» показал, что реализуется шесть наименований ириса собственного производства, из которых 50 % литого и 50 % тираженного. Установлена особенность состава ириса, произведенного Красноярской кондитерско-макаронной фабрикой, в котором отсутствуют стабилизаторы, эмульгаторы и красители, что делает состав

простым: сахар, молоко сгущенное с сахаром, патока, и маргарин, ароматизаторы, в некоторых видах присутствует какао-порошок и арахис.

Сеть магазинов «Калина-Малина» предлагает ирис «Сибирский вкус», который выделяется среди прочего ассортимента своим натуральным составом. В его рецептуру входят сливки 33 %, сироп глюкозы, сахар, сливочное масло 82 %, малина сублимированная, соль пищевая. Аналогичные изделия с «чистым», коротким составом встречаются в небольших авторских кондитерских г. Красноярска, например, «Ата-та», «Мигуша», «Ромовая баба», однако данный вид ириса имеет ограниченные периоды реализации и нестабильное наличие в продаже. В рамках исследования также были выявлены единичные образцы ириса с добавлением кедрового ореха, морской соли и сушеной клюквы.

На основании проведенного анализа была установлена средняя цена за 100 г на ирис, реализуемый на потребительском рынке г. Красноярска (рисунок 31).



Рисунок 31 – Средняя цена на ирис за 100 г, реализуемый на потребительском рынке г. Красноярска

Согласно проведенному анализу ассортимента и ценовой политики на рынке ириса выявили, что по самой большой стоимости продается ирис импортного производителя FAZER Dumle (мягкий сливочный в молочном шоколаде) 421 руб. за 100 г. Практически в 2 раза дешевле, 229 руб./100 г, покупателю предлагается ирис «Сибирский вкус с натуральным составом и добавлением сублимированной малины. Ирис Meller находится в ценовом диапазоне от 131 руб. до 169 руб. за 100 г. Ирис тираженный от Красноярской кондитерской фабрики «Краскон» представлен по цене от 70 до 73 руб. за 100 г, тогда как аналогичная продукция других производителей варьируется в пределах от 31 до 63 руб. Ирис литой «Кис-кис», «Золотой ключик» стоит от 50 до 66 руб. за 100 г., а сливочный ирис с желейной начинкой – 128 руб.

Таким образом, ценовой диапазон ириса на рынке характеризуется значительной вариативностью, обусловленной рядом факторов: страной и брендом-производителем, рецептурным составом и качеством используемого сырья. Также одним из значимых факторов, влияющих на ценообразование, является срок хранения продукции. Так, литой ирис имеет срок хранения до 180 дней, тираженный ирис преимущественно до 8 месяцев, за исключением продукции фабрики «Краскон» до 60 суток. Ирис «Сибирский вкус» отличается минимальным сроком хранения 30 суток, что связано с натуральным составом и отсутствием консервантов. Анализ ассортимента данного вида сахаристых кондитерских изделий позволяет констатировать ограниченность выбора, особенно в сегменте изделий с натуральным составом. Исходя из этого, создание новинок этой ниши является перспективным направлением в силу однообразного ассортимента. Однако давать рекомендации по расширению ассортиментной линейки возможно только на основании изучения потребительских предпочтений населения в отношении ириса в Красноярске.

5.5 Исследование потребительских предпочтений при выборе ириса (на примере г. Красноярска)

Результаты маркетингового исследования показали, что наибольшее предпочтение респонденты отдают ирису тягучей (мягкой) консистенции – 162 респондента (42 %). Ирис твердой текстуры предпочитают 119 человек (31 %), а крошливый ирис (по типу тираженного) выбирают 104 человека (27 %) (рисунок 32).

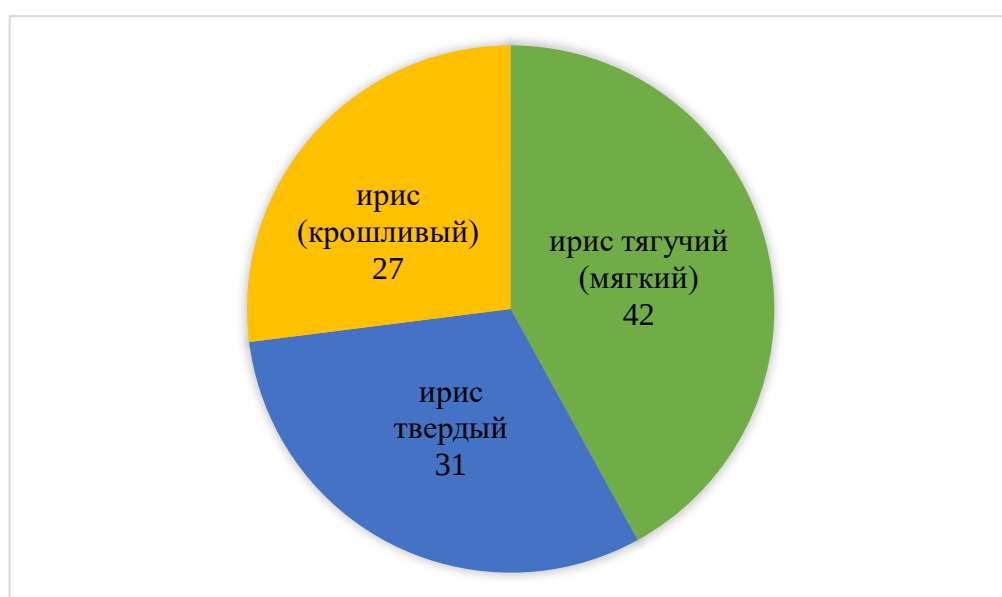


Рисунок 32 – Структура ответов респондентов о предпочтениях в отношении текстуры ириса, % от общего числа опрошенных

В ходе исследования установлена частота покупки ириса (рисунок 33), которая для большинства опрошенных зависит исключительно от желания или случая – 243 человека (63 %), несколько раз в месяц ирис приобретают 112 человек (29 %), лишь 19 человек от числа опрошенных, что составляет 5 %, покупают ирис раз в неделю. От покупки данного вида сахаристого кондитерского изделия полностью воздерживаются 2 % респондентов, тогда как ежедневная покупка ириса отмечена лишь у 1 % опрошенных.

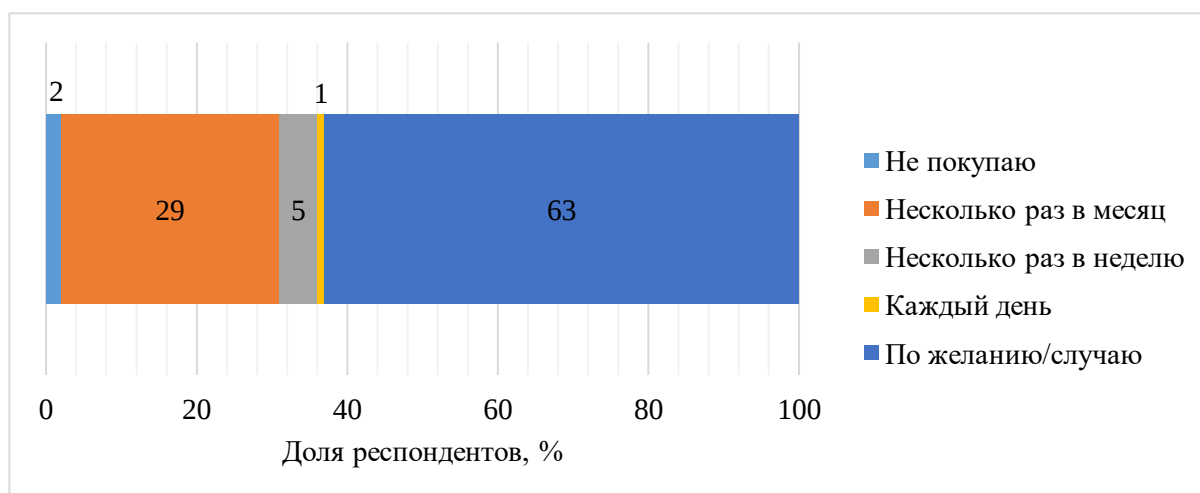


Рисунок 33 – Структура ответов респондентов в отношении частоты приобретения ириса, % от общего числа опрошенных

Представленный ассортимент ириса в г. Красноярске полностью устраивает 130 респондентов (34 %) из 385 человек, частично устраивает 219 (57 %) и 35 человек (9 %) не устраивает (рисунок 34).

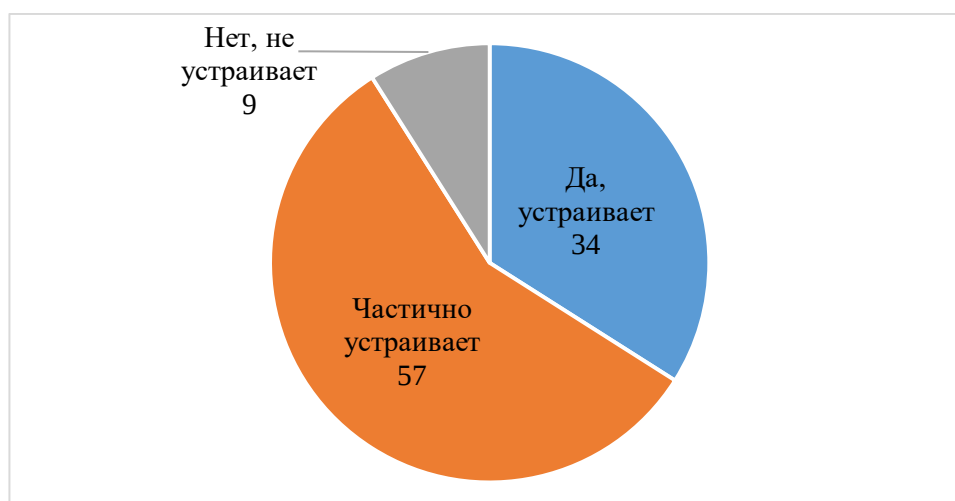


Рисунок 34 – Структура ответов респондентов в отношении удовлетворенности ассортиментом ириса, представленного в ритейле г. Красноярск, % от общего числа опрошенных

Далее в ходе исследования были получены ответы на вопрос «Как Вы относитесь к содержанию в ирисе натуральных растительных добавок (рисунок

35). Отрицательное отношение выразили 54 человека (14 %), подчеркнув, что предпочитают ирис именно за его сливочный вкус, без дополнительных компонентов. Нейтральную позицию, не обращая внимание на состав, выразил 81 человек (21 %). Большинство участников опроса – 250 человек (65 %) выразили положительное отношение к растительным добавкам в составе ириса. Среди них, 35 % сообщили, что регулярно приобретают ирис с орехами и положительно восприняли бы расширение ассортимента ореховых добавок (например, фундук, кедровый орех, миндаль, кешью, грецкий орех). Респонденты в количестве 25 % выразили интерес к ирису с травами или специями, с целью получения нового вкусового опыта, смягчения сладости и привнесения оригинальных оттенков. 5 % отметили интерес к ирису с ягодами при этом, уточнив, что ягоды должны обладать кислинкой, чтобы компенсировать чрезмерную сладость изделия.

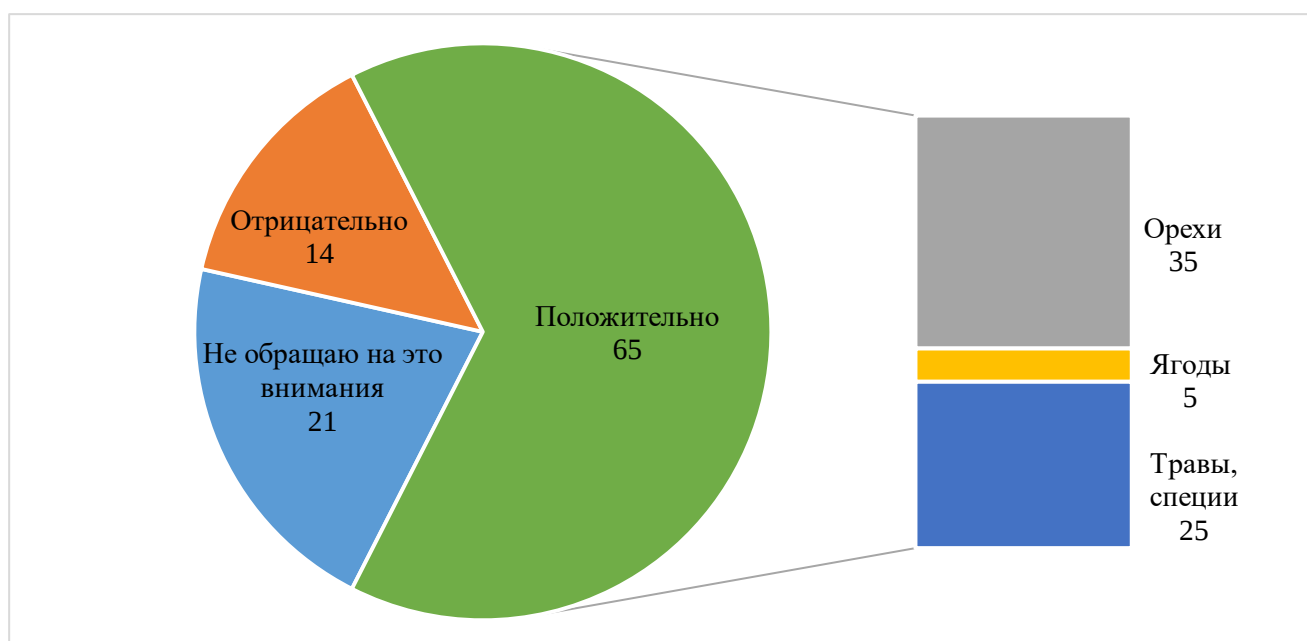


Рисунок 35 – Структура ответов респондентов в отношении наличия в составе ириса натуральных растительных добавок (орехов, ягод, трав)?», % от общего числа опрошенных

Проведенное исследование выявило ключевые тенденции в потребительских предпочтениях относительно ириса. Основная аудитория

женщины от 25 до 40 лет со средним уровнем дохода, которые осознанно подходят к выбору продуктов для собственного рациона. Ирис занимает в потребительской корзине респондентов нишу неповседневного лакомства, приобретаемого в основном спонтанно или по настроению. Однако его выбирают стабильно несколько раз в месяц 112 человек (29 %). Наибольший интерес вызывает тягучий (мягкий) ирис. Большинство опрошенных 250 человек (65 %) положительно относятся к включению в состав растительных добавок, из них 35 % хотели, чтобы в рецептуре были орехи, 25 % травы или специи и 5 % отдали предпочтение кислым ягодам.

Таким образом, на основе результатов анализа рынка ириса, представленного в ритейле г. Красноярск и полученных данных изучения потребительских предпочтений в отношении ириса выявили, что перспективным направлением является разработка ириса с добавлением растительных ингредиентов. Применение новых технологий и натуральных добавок при формировании вкуса позволит создать продукты, сочетающие традиционные качества ириса с новыми и неожиданными вкусовыми решениями, что в перспективе может расширить целевую аудиторию потребителей и повысить конкурентоспособность продукта. В условиях активного развития глобального тренда на контрастные вкусы, который отражает стремление покупателей к более сложным и разнообразным органолептическим ощущениям, возникает необходимость модернизации и адаптации рецептуры ириса.

При проектировании новых видов продуктов, в особенности сахаристых кондитерских изделий, производители стали ориентироваться на тренд «контрастные вкусы», для которого характерно необычное сочетание: сладкое и соленое, горькое и пряное, кислое и острое. Например, темный шоколад с морским гребешком или шоколад с чили, мармелад с лимоном и имбирем, пастила с корицей или бадьяном, зефир с малиной, ромом и красным перцем и другое. Тренд ориентирован на то, чтобы потребитель взглянул на привычные продукты другими глазами и попробовал новые удивительные сочетания. В связи с этим для разработки ириса в рамках глобального тренда «контрастные вкусы»

нами выбран порошок сублимированного папоротника орляк, который выступает в качестве натуральной растительной добавки, формирующей новый вкус «сладко – соленый» и повышающей пищевую ценность за счет микро-и макронутриентов.

5.6 Разработка рецептуры и технологии ириса литого с использованием порошка из сублимированного папоротника

В качестве контрольного образца № 1 выбран авторский ирис литой, включающий следующие стадии технологического процесса: подготовка сырья к производству, приготовление сахарного сиропа, приготовление ирисной массы, охлаждение массы, формование, стабилизация, нарезка, упаковка и маркировка. Авторский ирис относится к категории литого ириса, так его консистенция отличается мягкостью, тягучестью, приближенной к текстуре мягкой карамели, а структура – аморфная. В массовом производстве в базовый состав литого ириса, входят патока, молоко или сгущенное молоко, ароматизатор «ваниль», что обеспечивает стандартные характеристики вкуса и текстуры изделия. В отличие от традиционной рецептуры в авторском составе ириса вместо сгущенного молока используются сливки с массовой долей жира 33 %, что придает продукту более выраженный сливочный вкус и нежную, бархатную текстуру. Применение высококачественного молочного сырья позволяет повысить гастрономическую ценность готового изделия [124].

Папоротник орляк в первую очередь рассматривается в составе сахаристого кондитерского изделия как перспективный источник белка, пищевых волокон и других БАВ. В связи с этим разработаны экспериментальные рецептуры ириса с заменой сахара на порошок из сублимированного папоротника в количестве 10 %, 20 % и 30 % для образцов № 2, № 3 и № 4, соответственно. Ингредиентный состав на 1 кг ириса представлен в таблице 31.

Таблица 31 – Ингредиентный состав образцов ириса

Наименование ингредиентов	Контрольный образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Сироп:	Масса, г			
Сахар	750,0			
Воды	420,0			
Лимон	50,0			
Выход сиропа	1000			
Ирисная масса:	Масса, г			
Сироп	130,0	130,0	130,0	130,0
Сливки 33%	550,0	550,0	550,0	550,0
Сахар-песок	550,0	495,0	440,0	385,5
Масло сливочное 82,5%	60,0	60,0	60,0	60,0
Порошок из сублимированного папоротника	-	55,0	110,0	165,0
Выход ириса	1000	1000	1000	1000

Технология приготовления состоит из следующих стадий:

Стадия 1 – подготовка сырья к производству: вскрывают упаковку, промывают лимон, взвешивают сырье на весах;

Стадия 2 – приготовление сахарного сиропа: соединяют $\frac{1}{2}$ часть сахара-песка и воду, варят 10 минут до полного растворения сахара и получения медового цвета при температуре 105 °С. Далее добавляют остаток сахара-песка и разрезанный лимон, варят 45 минут при температуре, не превышая 110 °С (температура измеряется термощупом). После завершения варки сахарного сиропа, лимон вынимают.

Стадия 3 – приготовление ирисной массы: соединяют сахар-песок, сахарный сироп, сливки, масло сливочное и уваривают смесь 4 часа до температуры 125 °С.

Стадия 4 – охлаждение ирисной массы: охлаждают до 40 °С и добавляют порошок из сублимированного папоротника в количестве 10 %, 20 % и 30 % в образцы № 2, № 3 и № 4, соответственно. Затем тщательно и быстро перемешивают. Охлаждение ниже 40 °С нецелесообразно, так как введение порошка в ирисную массу при более низкой температуре способствует образованию комков, что связано с недостаточной равномерностью

перемешивания из-за более плотной массы. Введение порошка при более высоких температурах, способствует разрушению БАВ.

Стадия 5 – формование и стабилизация ирисной массы: готовую ирисную массу заливают в металлический лоток с бортами высотой 3 см и стабилизируют при температуре 2 °С ... 6 °С, 2 часа.

Стадия 6 – нарезка, упаковка и маркировка: нарезают ирис на прямоугольные формы 7х3 см, упаковывают штучно в потребительскую упаковку, в соответствии с требованием ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и маркируют.

Блок – схема технологического процесса приготовления ириса представлена в приложении И.

Полученные образцы ириса после остывания анализировали по органолептическим показателям. Внешний вид исследуемых образцов представлен на рисунке 36.



Образец № 1



Образец № 2



Образец № 3



Образец № 4

Рисунок 36 – Внешний вид контрольного и экспериментальных образцов ириса с порошком сублимированного папоротника

Результаты органолептической оценки контрольного и экспериментальных образцов ириса представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Результаты оценки контрольного и экспериментальных образцов ириса по органолептическим показателям

Наименование критерия /коэффициент весомости	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
	Средний балл / Средний балл с учетом коэффициента весомости			
Цвет/0,1	5,0/0,5	5,0/0,5	5,0/0,5	2,0/0,2
Вкус и запах /0,35	4,9/1,7	4,7/1,6	4,8/1,7	3,7/1,3
Структура /0,1	4,9/0,5	4,5/0,5	4,4/0,4	3,5/0,4
Консистенция /0,35	4,8/1,7	3,2/1,1	4,5/1,6	1,8/0,6
Поверхность /0,1	4,8/0,5	4,3/0,4	5,0/0,5	4,2/0,4
Итого	24,4/4,9	21,7/4,1	23,7/4,7	15,2/2,9

В результате комплексной органолептической оценки наивысшую суммарную балльную оценку получил контрольный образец № 1, набравший с учетом коэффициента весомости 4,9 баллов. По результатам дегустации большинство экспертов, включая преподавателей, отметили, что данный образец соответствует классическим представлениям о вкусе ириса, вызывая ассоциации со «вкусом детства». Студенты-дегустаторы также положительно оценили вкус и консистенцию контрольного образца, однако часть из них указала на избыточную сладость изделия.

Образец № 3 получил на 0,2 балла меньше, чем контрольный образец, набрав суммарно 4,7 балла с учетом коэффициента весомости. Дегустаторы отметили, что данный образец имеет оригинальные вкусовые характеристики – «сладкий вкус ириса гармонирует с чем-то напоминающее соленую морскую капусту», что делает вкус интересным и запоминающим. Вместе с тем, некоторые респонденты снизили незначительное количество баллов, отмечая, что ирисная масса данного образца имеет более плотную консистенцию по сравнению с контрольным образцом, но при этом имеет аморфную структуру.

Образец № 2 занял третье место по количеству баллов в дегустационной оценке, набрав 4,1 балла с учетом коэффициента весомости. По мнению дегустаторов, вкусовые качества образца аналогичны контрольному, однако отмечены нехарактерный приглушенный посторонний привкус и более твердая консистенция по сравнению с контрольным образцом.

Образец № 4 получил самый наименьший балл – 2,9. Респонденты охарактеризовали консистенцию изделия как крошливую и неоднородную, структура данного ириса имеет неравномерное распределение кристаллов сахара, что в целом отрицательно повлияло на все критерии органолептической оценки.

Таким образом, введение порошка из сублимированного папоротника в состав образцов № 2 и № 3 способствует приобретению более насыщенного коричневого цвета и более твердой консистенции по сравнению с контрольным образцом, что незначительно снизило оценку респондентов. Оба образца имеют высокие баллы 21,7 и 23,7, соответственно. Образец № 4 получил наименьшую среднюю оценку всего 15,2 балла, дегустаторы отметили, что цвет данного образца неоднородный по всему изделию, консистенция крошливая.

На основе комплексной оценки органолептических показателей установлена рациональная дозировка порошка из сублимированного папоротника в рецептуре ириса. Оптимальная дозировка 20 % примененная в образце № 3, обеспечивает максимальные значения органолептических показателей среди изделий с дозировкой 10 % и 30 % порошка. Ирис образца № 3 характеризуется оригинальным вкусом, сочетающим выраженную сливочную сладость и умеренную соленость с легким необычным послевкусием, что может повысить его привлекательность для современного потребителя.

Полученные образцы оценили по физико-химическим показателям в соответствии с ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия». Результаты представлены на рисунке 37.

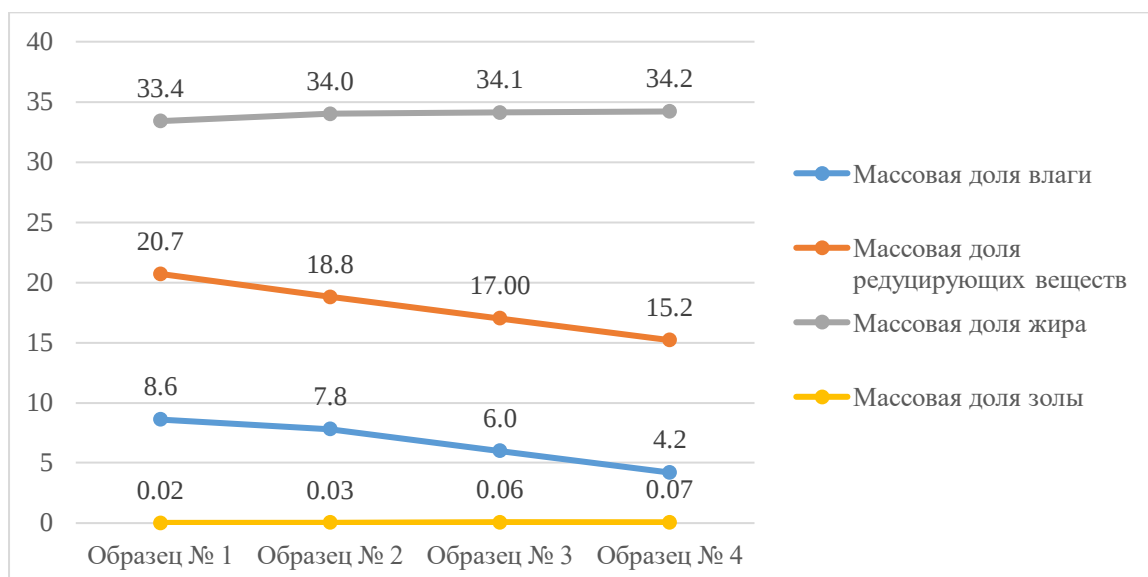


Рисунок 37 – Физико-химические показатели контрольного и экспериментальных образцов ириса с порошком сублимированного папоротника

Результаты исследования показывают, что все образцы соответствуют нормативным значениям, установленным ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия». Однако, массовая доля влаги в контрольном образце составляет 8,6 %, что находится на пределе нормы для литого ириса (не более 9 %). При увеличении дозировки порошка данный показатель снижается: в образце № 4 он равен 4,2 %, что объясняет его низкие органолептические характеристики, в частности, нарушение консистенции и структуры. В образцах № 2 и № 3 массовая доля влаги составляет 7,8 % и 6,0 %, соответственно, что может положительно повлиять на увеличения срок хранения. Массовая доля редуцирующих веществ также не превышает допустимого уровня (не более 22 %) и уменьшается с увеличением дозировки порошка. Содержание жиров в среднем возрастает на 2 %. Массовая доля золы во всех образцах находится в пределах нормы (до 0,1 %).

Таким образом, все образцы по физико-химическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ 6478-2014. По органолептической оценке наивысший балл получил образец № 3 (с дозировкой 20 % порошка), который был

выбран в качестве оптимального для сравнения его пищевой и энергетической ценности с контрольным образцом (таблица 33).

Таблица 33 – Результаты сравнительного анализа пищевой и энергетической ценности контрольного образца и ириса с порошком сублимированного папоротника

Наименование пищевых веществ	Средняя суточная потребность в основных пищевых веществах ТР ТС 022/2011	Содержание		Степень удовлетворения суточной потребности в основных пищевых веществах, %	
		Контрольный образец	Образец №3	Контрольный образец	Образец №3
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
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 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» [127]

Данные таблицы 33 по сравнительному анализу пищевой и энергетической ценности двух образцов ириса свидетельствуют, что значения показателей по содержанию многих пищевых веществ ириса с порошком сублимированного папоротника выше контрольного образца. Замена сахара на порошок позволяет снизить содержание простых углеводов на 11 %, при этом увеличить количество пищевых волокон на 4,2 г и пектина на 0,6 г, которые отсутствовали в образце № 1. Введение порошка в рецептуру ириса позволило обеспечить степень

удовлетворения суточной потребности в пищевых волокнах и пектине на 14 % и 30 % соответственно.

Порошок сублимированного папоротника, введенный в состав образца № 3, способствовал повышению содержания макро- и микроэлементов по сравнению с контрольным образцом. В частности, количество фосфора повысилось на 34 мг, кальция на 15 мг, калия на 10 мг, магния на 4 мг, железо на 1,3 мг. Также отмечено появление цинка в количестве 0,5 мг, который отсутствовал в контрольном образце. В результате степень удовлетворения суточной потребности в минеральных веществах составила: фосфор – 17 %, кальций – 16 %, железо – 16 %, магний – 6 %, калий – 5 %, цинк – 3 %.

Установлено повышение содержания жирорастворимого витамина А на 17 мкг, что обеспечило степень удовлетворения суточной потребности на уровне 7 %. Выявлены положительные изменения по количеству водорастворимых витаминов С и РР. Витамин С, отсутствующий в контрольном образце, присутствует в незначительном количестве в образце № 3 – 2,2 мг, его вклад в удовлетворение суточной потребности составляет 3 %. Изменилось содержание витамина РР, его уровень в образце № 3 повысился на 0,6 мг, увеличивая степень удовлетворения с 13 % до 16 % (образец № 3) по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, результаты определения степени удовлетворения суточной потребности в пектине – 30 %, фосфоре – 17 %, кальция – 16 %, железа – 16 %, витамине РР – 16 % ириса с порошком сублимированного папоротника позволяют отнести его к функциональному продукту согласно требованиям ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные. Термины и определения».

Информация об отличительных признаках пищевой продукции в части ее пищевой ценности должна сопровождаться указанием в маркировке пищевой продукции количества соответствующих пищевых веществ, определяющих пищевую ценность данной продукции. В таблице 34 представлены условия использования в маркировке ириса с порошком сублимированного папоротника информации об отличительных признаках.

Таблица 34 – Условия использования в маркировке ириса с порошком сублимированного папоротника информации об отличительных признаках

Показатель пищевой ценности или компонент	Информация об отличительных признаках пищевой продукции	Условия использования в маркировке ириса с порошком сублимированного папоротника информации об отличительных признаках		
		Содержание пищевого вещества по ТР ТС 022/2011	Содержание пищевого компонента в ирисе с порошком сублимированного папоротника	Степень удовлетворения рекомендуемого уровня суточной потребности в пищевых веществах, %
Пищевые волокна	Источник	Пищевых волокон не менее 3 г на 100 г твердой пищевой продукции.	4,2 г	Более 3 г на 100 г ириса
Кальций	Источник	Витамины и минеральные вещества составляют не менее 15 процентов средней суточной потребности в витаминах и минеральных веществах на 100 г твердой пищевой продукции.	155 мг	16
Фосфор	Источник		139 мг	17
Железо	Источник		2,2 мг	16
Витамин РР	Источник		3,1 мг	16

Данные представленные в таблице 34 свидетельствуют, что ирис с порошком сублимированного папоротника, обладает отличительными признаками, согласно требований ТР ТС 022/2011, которые могут быть указаны в маркировке продукта: источник витаминов и минеральных веществ (витамина РР – 16 %, кальция – 16 %, фосфора – 17 %, железа – 16 %, имеющих степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в витаминах и минеральных веществах более 15 %, источник пищевых волокон 4,2 г, при норме не менее 3 г.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют обосновать целесообразность производства нового вида ириса с использованием

порошка сублимированного папоротника в сегменте продукции «контрастные вкусы», отличающегося необычным сочетанием сладкого и соленого по органолептическим показателям, имеющего отличительные признаки по пищевой ценности и обладающего функциональными свойствами, что дает возможность на маркировке позиционировать разработанный продукт как источник пищевых волокон, витаминов и минеральных компонентов, отнести к сегменту продукции «чистая этикетка» (Clean Label), установленные отличительные признаки, состав ириса на маркировке выступают в качестве элементов информированности потребителя и соответственно его продвижению на рынке. Это в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности продукции и формированию потребительской привлекательности.

5.7 Регламентируемые показатели качества и безопасности ириса с порошком сублимированного папоротника

На основе стандарта ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» проведена оценка качества и безопасности ириса с порошком сублимированного папоротника. В таблице 35 представлены разработанные регламентируемые органолептические показатели на данный вид сахаристого кондитерского изделия.

Таблица 35 – Органолептические показатели ириса с порошком сублимированного папоротника

Наименование показателя	Регламентируемые значения
Цвет	Насыщенный коричнево-карамельный с вкраплениями частиц папоротника, равномерный по всей массе изделия.
Вкус и запах	Вкус сладкий, с выраженным карамельным тоном, гармонично сочетается с легкой солоноватостью и растительным послевкусием, напоминающим морские водоросли. Запах приятный, с выраженным ароматом топленого сахара и тонкими растительными нотами, свойственными папоротнику.

Продолжение таблицы 35

Наименование показателя	Регламентируемые значения
Структура	Аморфная, с частицами папоротника. При разломе структура ровная, без крошения и пустот, с наличием мелких включений порошка папоротника, не влияющих на целостность изделия
Консистенция	Пластичная, тягучая при разжевывании, умеренно плотная. Масса не прилипает к зубам и не крошится, сохраняет форму при надавливании.
Поверхность	Гладкая, с легким глянцевым блеском, без налета, с вкраплениями частиц папоротника.
Форма	Прямоугольная, 7х3 см, края ровные.

Разработанные характеристики органолептических показателей для ириса с порошком сублимационного папоротника служат основой для стандартизации и идентификации продукции.

Для оценки качества и подтверждения соответствия ириса с порошком сублимационного папоротника установленным требованиям по ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия» было проведено исследование физико-химических показателей (таблица 36).

Таблица 36 – Физико-химические показатели ириса с порошком сублимированного папоротника, %

Наименование показателя	Регламентируемые значения	
	ГОСТ6478-2014	Ирис с порошком сублимационного папоротника
Содержание пищевых волокон, г не менее	4,0	
Массовая доля влаги, %	Не более 9,0	6,0
Массовая доля редуцирующих веществ, %	Не более 22,0	17,0
Массовая доля жира, %	Не менее 3,0	34,0
Массовая доля золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %	Не более 0,1	0,06

В результате исследований установлено, что ирис с порошком сублимационного папоротника по физико-химическим показателям качества соответствует установленным требованиям ГОСТ6478-2014.

Установлена безопасность ириса с порошком сублимационного папоротника путем определения микробиологических и гигиенических показателей. В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 выбрана группа продуктов «Сахар и кондитерские изделия». Микробиологические и гигиенические показатели ириса с порошком сублимационного папоротника представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Микробиологические и гигиенические показатели ириса с порошком сублимированного папоротника

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ		
Показатели	ТР ТС 021/2011	Ирис с порошком сублимационного папоротника
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, не допускаются в массе продукта, г	25	не обнаружены в 25 г
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	1×10^3	$3,5 \times 10^2$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г (см ³)	1,0	не обнаружены в 1,0 г
Плесени КОЕ/г	не более 10	менее $1,0 \times 10^1$
Дрожжи КОЕ/г	не более 10	менее $1,0 \times 10^1$
ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ		
Свинец, мг/кг	не более 1,0	менее 0,01
Мышьяк, мг/кг	не более 1,0	менее 0,025
Кадмий, мг/кг	не более 0,1	менее 0,01
Ртуть, мг/кг	не более 0,01	менее 0,0025
Афлатоксин В, мг/кг	не более 0,005	менее 0,0010

На основании установленных регламентируемых показателей разработаны технические условия на ирис с порошком сублимационного папоротника ТУ 10.82.23 – 017 – 02067876 – 2025 и технологическая инструкция ТИ (приложение

К и приложение Л). Результаты внедрены в производственную деятельность ООО «Завод Алешина» и ООО «Ромбаба» (приложение М и приложение Н).

5.8 Расчет себестоимости и оценка экономической целесообразности внедрения разработанных продуктов переработки папоротника

Внедрение сублимированных продуктов в процесс производства требует тщательного экономического обоснования, основанного на калькуляции себестоимости. В рамках диссертационного исследования был разработан технологический процесс получения снеков и порошка из папоротника. Экономический расчет построен на условиях выполнения 15 производственных циклов в месяц на сублимированном аппарате Lio25 (Россия), с объемом загрузки сырья 25 кг за 1 цикл, оптовая цена соленого папоротника составляет: 173 руб./кг,

Выход готовой продукции после одного цикла сушки составляет 2,5 кг, в том числе:

- снеки – 2,1 кг (85 % от выхода);
- порошок – 0,4 кг (15 % от выхода).

С учетом того, что сублимированные продукты фасуются преимущественно в упаковки массой от 25 г до 50 г, для расчета принята фасовка по 30 г (0,03 кг)

Таким образом, месячный объем производства составляет:

- снеки: – 31,5 кг (1050 упаковок фасовкой по 30 г);
- порошок: – 6 кг (200 упаковок фасовкой по 30 г).

Для корректного расчета себестоимости все затраты распределены пропорционально доле каждого продукта в общем выходе готовой продукции (85 % на снеки, 16 % на порошок) (таблица 38).

По итогам проведенных расчетов установлено, что ежемесячная прибыль будет составляет – 107 335,80 руб., годовая прибыль – 1 288 030 руб. Общий срок окупаемости составляет: 2 года 2 месяца.

Таблица 38 – Калькуляция продуктов из сублимированного папоротника

Наименование статьи затрат	Единицы измерения	Снеки	Порошок
Сырье	руб./мес.	63 525,60	11 237,40
Упаковка	руб./мес.	36750,00	7000,00
Амортизация оборудования	руб./мес.	16786,73	3197,47
Прочее (электроэнергия, вода, фонд заработной платы, продвижение продукции)	руб./мес.	64 747,44	11 426,02
Себестоимость 1 упаковки (30 г)	руб./шт	173,15	164,30
Продажная цена 1 упаковки (30 г)	руб./шт	259,73	246,45
Наценка	%	50	50
Выручка	руб./мес.	27 2716,50	49 290,00
Прибыль	руб./мес.	90906,70	16429,11

Формирование ценовой политики на разрабатываемые продукты является важным элементом экономического обоснования их внедрения. Установление стоимости должно учитывать не только себестоимость и рыночные условия, но и уникальные характеристики продукта, определяющие его потребительскую ценность и конкурентные преимущества. В данном случае цена на снеки и порошок из папоротника формируется под воздействием совокупности факторов, ключевыми из которых являются:

- уникальность регионального продукта и функциональные свойства – использование папоротника в качестве сырья для сублимации представляет собой принципиально новое решение;
- двойное применение – снеки могут использоваться как готовый, удобный перекус или восстановиться водой для дальнейшего применения;
- широкая область применения порошка – возможность использовать как функциональную пищевую добавку для обогащения рациона (смузи, соусы, каши, кондитерские изделия и т.д.);

– конкурентоспособность – цена полученных продуктов выгодно отличается от стоимости аналогичных сублимированных продуктов. Более того выявленные продукты не имеют отличительных характеристик в маркировке (рисунок 38).



Рисунок 38 – Некоторые овощные сублимированные продукты, представленные на маркетплейсах

Таким образом, расчеты подтверждают высокую экономическую эффективность производства сублимированной продукции из папоротника. Себестоимость одной упаковки снеков составляет 173,15 руб., порошка – 164,30 руб. При установленной продажной цене 259,73 руб. для снеков и 246,45 руб. для порошка годовая прибыль достигнет 1 288 030 руб., срок окупаемости 2 года 2 месяца. Формирование ценовой политики осуществляется с учетом уникальных потребительских свойств продуктов, их функциональной направленности, отличительных признаков с подтвержденным составом БАВ и широкой сферы применения, что обеспечивает конкурентоспособность на рынке в сегментах «продуктов здорового питания», «полезных продуктов для быстрого перекуса», «с чистой этикеткой», «функциональных продуктов».

В рамках диссертационной работы предложена возможность использования порошка для расширения продуктовой линейки сахаристых кондитерских изделий. В частности, включение порошка сублимированного папоротника в рецептуру ириса в качестве функционального ингредиента. Это позволило

разработать обогащенное изделие. Себестоимость производства 100 г такого ириса составляет 165 руб., рекомендуемая розничная цена 214 руб. Ориентировочный срок окупаемости составляет от 1 года 5 месяцев до 2 лет, что свидетельствует о целесообразности его реализации и перспективности на рынке функциональных кондитерских изделий.

Выводы по пятой главе

Установленные характеристики органолептических показателей для снеков и порошка из сублимационного папоротника служат основой для стандартизации и идентификации продукции.

Разработанная технология получения снеков, порошка из папоротника формирует новые физико-химические показатели продуктов, которые не приведены в ГОСТ 32065-2013 и должны быть введены как регламентируемые: массовая доля влаги в сублимированном продукте не должна превышать 9 % для обеспечения характерной хрустящей воздушной текстуры продукта; использование диоксида серы в качестве консерванта нецелесообразно, в связи с этим данный показатель исключен из перечня регламентируемых; содержания металлических и минеральных примесей (песка) также исключены, что объясняется высокой степенью очистки сырья на трех этапах технологического процесса засолки папоротника; показатель развариваемость заменен на показатель способность к восстановлению нативных свойств при температуре 20°C; введен показатель массовая доля поваренной соли не более 2 %, которая формирует легкую соленость и своеобразный вкус данной продукции. Результаты анализа показателей безопасности свидетельствует о соответствии снеков и порошка из папоротника установленным требованиям ТР ТС 021/2011.

Впервые получены данные по химическому составу снеков и порошка из папоротника, которые позволяют 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 %, витамина А – 20–19 %, железо 59–61 %, фосфор 39–41 %, цинк 30–31 %. Кроме того, разработанные продукты переработки папоротника обладают антирадикальной активностью, отличительными признаками, что дает основание указывать их в маркировке продукции: высокое содержание (белка, пищевых волокон, витамина С, фосфора,

железа и цинка), а также 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 годности 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.

Анализ ассортимента, состава ириса, представленного в ритейле г. Красноярск, позволяет констатировать ограниченность выбора, особенно в сегменте изделий с натуральным составом, растительными добавками, что подтверждает актуальность разработки нового вида ириса.

Определена целесообразность замены сахара 20 % на порошок из сублимированного папоротника в рецептуре ириса на основании изучения органолептических и физико-химических показателей, разработана технология его приготовления.

Для разработанного ириса с порошком папоротника установлены значения регламентируемых органолептических, физико-химических, микробиологических и гигиенических показателей, которые соответствуют нормативным значениям, установленным ГОСТ 6478-2014 «Ирис» и ТР ТС 021/2011. На основании полученных результатов разработаны ТУ и ТИ.

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 макроэлементов 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, сохранности белка, способности 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 $Y_2 = 24,8$ б; 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 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. Красноярск, 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 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 литературы

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» : утвержден решением комиссии Таможенного Союза от 09.12.2011 № 881: с изменениями на 22 апреля 2024 года // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения: 02.04.2025).
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» : утвержден решением комиссии Таможенного Союза от 09.12.2011 № 880: с изменениями на 9 декабря 2024 года // Кодекс : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 02.04.2025).
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.06.2012 № 58 : с изменениями на 29 августа 2023 года // Кодекс : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения: 08.04.2025).
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» : утвержден решением комиссии Таможенного Союза от 01.08.2011 № 769 : с изменениями на 06 сентября 2024 года // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902299529> (дата обращения: 08.04.2025).
5. Об утверждении правил заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений : приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 28.06.2020 № 494 // Гарант : информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74948156> (дата обращения: 08.04.2025).
6. ГОСТ 6478-2014 Ирис. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в

действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17.11. 2014 г. N 1593-ст : взамен ГОСТ 6478-89 : дата введения 2016-01-01 / разработан Государственным научным учреждением Научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ НИИКП Россельхозакадемии) . – Москва : Стандартинформ, 2019. – 6 с.

7. ГОСТ 32065-2013 Овощи сушеные: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.07.2013 г. N 255-ст: введен впервые: дата введения 2004-07-01/ подготовлен Государственным научным учреждением Всероссийским научно-исследовательским институтом консервной и овощесушильной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИКОП Россельхозакадемии). - Москва : Стандартинформ, 2014. – 15 с.

8. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» маркировки : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31.05.2005 г. № 138-ст : ст : введен впервые : дата введения 2006-07-01/ разработан Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования "Московский государственный университет пищевых производств" Министерства образования Российской Федерации (МГУПП). - Москва: Стандартинформ, 2006. – 17 с.

9. ГОСТ Р 59425-2021 Продукция органическая из дикорастущего сырья. Правила сбора, заготовки, переработки, хранения, транспортирования и маркировки: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 апреля 2021 г. № 212-ст : введен впервые : дата введения 2021-06-01/ разработан Автономной некоммерческой организацией "Российская система качества" (Роскачество),

Обществом с ограниченной ответственностью "Научно-консультационный центр ЭкоБизнесПроект" (ООО "Научно-консультационный центр ЭкоБизнесПроект"), Ассоциацией участников развития отрасли пищевых недревесных и лекарственных лесных ресурсов "Дикоросы" (Ассоциация "Дикоросы"). - Москва: Стандартинформ, 2021. – 16 с.

10. Патент № 2110925 С1. 20.05.1998 Российской Федерации Способ производства кондитерского изделия типа ириса тиражного / Парфенова Т.В., Кленин С.А., Кудряшева А.А. [и др.] 1996. - 5 с.

11. Патент № 2590728 С1 Российская Федерация, МПК С12Н 1/22, С12G 3/07. Способ созревания коньячного спирта: № 2015120434/10: заявл. 29.05.2015: опубл. 10.07.2016 / Центроев М. В., Центроева М. М. - 4 с.

12. Патент № 2711782 С1 Российская Федерация, МПК А23L 2/00, А23L 2/38. Способ производства безалкогольного напитка: № 2019116576: заявл. 29.05.2019 : опубл. 22.01.2020 / Якуба Ю. Ф., Ферзаули А. И., Центроев М. В. [и др.]; заявитель Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия. - 6 с.

13. Патент № 2751794 С1 Российская Федерация, МПК А23J 1/14, А23J 3/16, А23L 11/00. Способ получения соево-папоротникового функционального ингредиента : № 2020134654 : заявл. 21.10.2020 : опубл. 16.07.2021 / Скрипко О. В.; Амурский государственный университет. - 8 с.

14. Патент № 2750880 С1 Российская Федерация, МПК А23L 17/00. Способ приготовления комбинированного рыбного фарша функционального назначения: № 2020134661: заявл. 21.10.2020: опубл. 05.07.2021 / Скрипко О. В., Бодруг Н. С.; Амурский государственный университет. - 7 с.

15. Патент № 2760933 С1 Российская Федерация, МПК А23G 3/00. Способ производства конфет ириса, литого : № 2021101298 : заявл. 21.01.2021 : опубл. 01.12.2021 / Купрюнина А. А., Щербакова Е. В. ; заявитель Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. - 7 с.

16. Патент № 2776762 С1 Российская Федерация, МПК F26В 5/06, F26В 3/30, А23В 7/024. Способ сублимационной сушки манго: № 2022101212: заявл.

20.01.2022 : опубл. 26.07.2022 / Федоров Д. Е., В. А. Ермолаев ; заявитель Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия». – 4 с.

17. Патент № 2776090 С1 Российская Федерация, МПК F26В 5/06, F26В 3/30, A23В 7/024. Способ сублимационной сушки банана : № 2022101167 : заявл. 19.01.2022 : опубл. 13.07.2022 /. Федоров Д. Е, Ермолаев В. А.; заявитель Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия». – 4 с.

18. Патент № 2778192 С1 Российская Федерация, МПК F26В 5/06, F26В 3/30, A23В 7/024. Способ сублимационной сушки апельсина : № 2022101131 : заявл. 19.01.2022 : опубл. 15.08.2022 / Федоров Д. Е., Ермолаев В. А.; заявитель Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия. - 5 с.

19. Патент № 2814832 С1 Российская Федерация, МПК A23G 3/36, A23G 3/48. способ производства ириса: № 2022124771: заявл. 21.09.2022 : опубл. 05.03.2024 / Быкова Е. Д., Митрошина Д. П., Славянский А. А. [и др.]; заявитель Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)» - 6 с.

20. Патент № 2835177 С1 Российская Федерация, МПК A23L 13/40, A23L 13/60. Мясное суфле: № 2835177: заявл. 04.07.2024 : опубл. 24.02.2025 / Доржиева М. В., Хамаганова И. В.; заявитель Сибирский государственный университет технологий и управления. - 6 с.

21. Патент № 2817319 С1 Российская Федерация, МПК A23L 2/02, A23L 2/44, A23L 2/52. Способ приготовления плодово-ягодного сока с добавлением растительного экстракта в качестве консерванта: № 2023101113: заявл. 19.01.2023 : опубл. 15.04.2024 / Ферзаули А. И., Насарова Э. С. ; заявитель Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. - 9 с.

22. А. с. 1655440 СССР, МПК A23G 3/34, A23G 3/00Способ производства карамели, ириса, помадных конфет / А. Д. Прокопенко, А. С. Острик, Т. Н. Фурдецкая [и др.]. - № 4464789; заявл. 25.07.1988 ; опубл.15.06.1991, Бюл. № 5. – 2 с.

23. О порядке заготовки гражданами пищевых лесных ресурсов и сбора ими лекарственных растений для собственных нужд: закон Красноярского края от 28.06.2007 № 2-204 // Правовые акты Красноярского края. – URL: <https://krasnoyarsk-pravo.ru/zakon/2007/06/28/n-2-204/> (дата обращения: 08.04.2025).

24. Аккумуляция металлов в растениях урбоэкосистем / П. В. Масленников, В. П. Дедков, М. В. Куркина [и др.] // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2015. – № 7. – С. 57-69.

25. Аккумуляция тяжелых металлов в лекарственных растениях и оценка рисков при их употреблении / Ю. В. Пелихович, И. В. Бегдай, К. В. Харин, Т. А. Цесарь // Наука. Инновации. Технологии. – 2020. - № 4. - С. 171-183.

26. Алексеев Г. В. Математические методы в пищевой инженерии: учебное пособие / Г. В. Алесеев, Б. А. Вороненко, Н. И. Лукин. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 176 с.

27. Алексеенко, Е. В. Современное состояние и перспективы развития способов переработки ягод черники: обзор предметного поля / Е. В. Алексеенко, Н. Ю. Каримова, А. А. Цветкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – № 1. – С. 22-44.

28. Альдиева, А. Б. Влияние параметров сублимационной сушки на содержание полифенолов и антоцианов в ягодах клубники / А. Б. Альдиева, Д. Д. Хамитова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2023. – № 3. – С. 52–56.

29. Анализ показателей качества сублимационных продуктов на примере лука и свеклы / У. Р. Кадиров, М. М. у. Арипов, Д. Юсупова, Ш. М. Маматов // Universum: технические науки. – 2023. – № 1-3(106). – С. 30–33. – DOI 10.32743/UniTech.2023.106.1.14859.

30. Анализ рынка сахаристых кондитерских изделий в России в 2018–2022 гг., прогноз на 2023–2027 гг. в условиях санкций. Структура розничной торговли. - URL: [sugar_confectionery_russia_demo_businessstat.pdf](#). (дата обращения: 08.04.2025).

31. Астахова, Г. А. Исследование рынка сахаристых кондитерских изделий в России за 2019–2022 гг. / Г. А. Астахова, А. Р. Назырова // Экономический рост как основа устойчивого развития России : сборник научных статей участников 7-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 01–02 декабря 2022 г. / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Курский филиал ; Курская региональная общественная организация общероссийской общественной организации «Вольное экономическое общество России». - Курск, 2022. - С. 32–33.

32. Баркова, В. Г. Разработка рецептуры мясорастительного паштета из мяса индейки / В. Г. Баркова, Н. А. Величко, О. В. Иванова // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 5(146). – С. 167–173.

33. Безручко, Е. В. Кремний – недооцененный элемент питания растений / Е. В. Безручко // Земледелие. - 2020. – № 4. – С. 40–46.

34. Беркаль, И. В. Использование папоротников в Амурской области / И. В. Беркаль // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития.: материалы всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 21 апреля 2021 г. В 2 частях. Ч. 2. / Дальневосточный государственный аграрный университет. – Благовещенск, 2021. – С. 451-456.

35. Берлякова, А. В. Рекреационный потенциал Курагинского района Красноярского края / А. В. Берлякова, Е. С. Шестакова // Экологический и этнографический туризм: становление, проблемы и перспективы развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Хабаровск, 09 октября 2009 г. / Дальневосточный государственный университет путей сообщения ; под редакцией В. Н. Завгрудько, В.А. Чернова. – Хабаровск, 2009. – С. 21–25.

36. 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.

37. Благонравова, М. В. Разработка рецептур вяленого филе камбалы с добавлением дикорастущих растений Камчатского края / М. В. Благонравова //

Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – № 40. – С. 37–44.

38. Блохнин, М. А. Анализ современных методов и способов производства чипсов / М. А. Блохнин, А. В. Шелкунов, В. Д. Очиров // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы всероссийской научно-практической конференции, п. Молодежный, 05–06 марта 2020 г. / Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. – Молодежный, 2020. – Т. III – С. 3–10.

39. Бойцова, Ю. С. Рынок сублимированной продукции / Ю. С. Бойцова, И. П. Аленин, К. В. Патанина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 12-1(70). – С. 98–102.

40. Бордаченко, Н. С. Оценка потенциала отрасли пищевых лесных ресурсов Красноярского края / Н. С. Бордаченко // Приоритетные направления развития регионального экспорта продукции АПК: материалы Международной научно-практической конференции, Красноярск, 13–20 ноября 2019 г. / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2019. – С. 20–24.

41. Борзов, С. С. Обезвоживание растительного сырья для разнообразия космического меню / С. С. Борзов, Н. Э. Каухчешвили, Е. В. Янченко // Овощи России. – 2024. – № 2. – С. 43-50.

42. Броневец, И. Н. Пищевые волокна - важная составляющая сбалансированного здорового питания / И. Н. Броневец // Медицинские новости. – 2015. – № 10. – С. 46-48.

43. Бурак, Л. Ч. Использование технологии каталитического инфракрасного излучения при переработке плодоовощного сырья. Обзор предметного поля / Л. Ч. Бурак, А. В. Востриков // Научное обозрение. Технические науки. – 2024. – № 4. – С. 21–34.

44. Бурак, Л. Ч. Использование технологии омического нагрева в процессе переработки плодов и овощей. Обзор предметного поля / Л. Ч. Бурак, А. Н. Сапач // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 1. – С. 59–70.

45. Вайтанис, М. А. Изучение функционально-технологических свойств фаршевой системы для производства мучных кулинарных изделий / М. А. Вайтанис // Вестник алтайской науки. – 2015. – № 1 (23). – С. 340–345.
46. Васильева, А. В. Маркетинговые исследования рынка сублимированных продуктов / А. В. Васильева, Н. А. Ежова, Т. В. Козлова // Инноватика-2022 : сборник материалов XVIII международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 21–22 апреля 2022 г. – Томск, 2022. – С. 136–139.
47. Васькина, В. А. Влияние рецептуры на физико-химические свойства массы ириса / В. А. Васькина, И. И. Кондратова, Ш. А. Мухамедиев // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2010. – № 1–2. – С. 21–23.
48. Величко, Н. А. Проектирование мясорастительного полуфабриката повышенной пищевой ценности на основе оленины / Н. А. Величко, Е. В. Мельникова, В. А. Пенькова // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 11(176). – С. 264–272.
49. Величко, Н. А. Разработка мясорастительного рубленого полуфабриката из мяса оленя для жителей Крайнего Севера / Н. А. Величко, А. А. Беляков, Е. В. Мельникова // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 12(165). – С. 177–183.
50. Витаминно-минеральные комплексы в питании взрослого населения / В. М. Коденцова, А. В. Погожева, О. А. Громова, Е. В. Ших // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 6. – С. 141–150.
51. Влияние концентрации соли на скорость роста экстремально галофильных архей // Известия высших учебных заведений / С. В. Хижняк, М. А. Янова, Е. Я. Мучкина [и др.] // Пищевая технология. - 2016. - № 1 (349). - С. 34–37.
52. Влияние предварительной обработки ягод клюквы на экстракцию антоциановых пигментов, выход сока и его антиоксидантную активность / Е. В. Алексеенко, О. Е. Бакуменко, М. М. Азарова [др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. - № 4. – С. 10–27.

53. Влияние сублимационной сушки на качественные показатели клубней картофеля / В. И. Старовойтов, С. В. Жевора, О. А. Старовойтова [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 60–64.

54. Влияние сублимационной сушки на органолептические свойства и химический состав ягод голубики / С. Г. Каманова, И. Ж. Темирова, А. Б. Альдиева, Г. Х. Оспанкулова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2023. – Т. 16, № 3(61). – С. 36–41.

55. Влияние технологических приемов на качество овощных снеков / С. В. Золотокопова, А. А. Неваленная, А. И. Миронов, Р. П. Павликова // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития : материалы III национальной научно-практической конференции, Москва, 02 июня 2022 г. / Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина. - Москва, 2022. – С. 57–62.

56. Влияние экономики на экологию Красноярского края / Е. Д. Толстихина, Л. А. Арабли, У. В. Зенкова [и др.] // Экономические науки. – 2019. – № 178. – С. 66–69.

57. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей / Н. А. Дьякова, А. И. Сливкин, Е. Е. Чупандина, С. П. Гапонов // Химия растительного сырья. – 2020. – № 4. – С. 179–186. – DOI 10.14258/jscrpm.2020047609.

58. Вяткина, К. С. Основные проблемы экологии в Красноярском крае / К. С. Вяткина // E-Scio. – 2020. – № 5(44). – С. 120–127.

59. Горбунова, Т. П. Патентные исследования для разработки устройства смешивания растительных порошков / Т. П. Горбунова // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 08–09 апреля 2020 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск, 2020. - С. 315–319.

60. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 году». - Красноярск, 2021. – 337 с.

61. Губаненко, Г. А. Разработка паштета из индейки повышенной пищевой ценности / Г. А. Губаненко, Е. А. Речкина, Е. А. Рыгалова // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 16–18 апреля 2024 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск, 2024. – С. 180-185.
62. Гурьянова, Л. В. Использование добавок растительного происхождения в производстве плавленых сыров / Л. В. Гурьянова, А. А. Матвеева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2018. – № 20. – С. 278-280.
63. Денисова, Я. В. Дикорастущие пищевые растения острова Сахалин, используемые в корейской и японской кухне / Я. В. Денисова, Я. П. Попова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 31. – С. 1807–1813.
64. Деркачева, Е. А. Тенденции развития и трансформационные особенности рынка кондитерских изделий Российской Федерации / Е. А. Деркачева, Е. О. Белова, Е. Б. Шелудько // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. - 2019. - № 4 (250). - С. 100–108.
65. Доржиева, М. В. Изменение органолептических свойств мясного фарша при включении папоротника Орляк / М. В. Доржиева, И. В. Хамаганова, Т. Ц. Дамдинова // Пищевая промышленность. – 2021. – № 12. – С. 31-34.
66. Еремеева, Н. Б. Методы исследования пищевых продуктов : учебное пособие / Н. Б. Еремеева. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2022. – 131 с.
67. Ершова, Э. А. Рост и развитие орляка обыкновенного в условиях Западной Сибири / Э. А. Ершова // Turczaninowia. – 2010. – № 3. – С. 135–139.
68. Жаркова, Н. Н. Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка растениями *Achillea Millefolium* L. в условиях техногенной нагрузки / Н. Н. Жаркова, А. А. Синкевич // Экологический вестник Северного Кавказа. -2024. - Т. 20, № 1.- С.174-181.

69. Жилкина, Я. В. Экологические проблемы и угрозы Красноярского края / Я. В. Жилкина, И. Л. Степанова, Т. Н. Афанасьева // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики, Красноярск, 11–15 апреля 2022 г. В 3 томах. Т. 3 / Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева. - Красноярск, 2022. – С. 164–166.

70. Захарова, И. И. Возможность применение лиофилизированных продуктов в индустрии питания / И. И. Захарова, Р. Ф. Крылова, Е. В. Климина // Столыпинский вестник. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 14.

71. Зотова Л.В. Совершенствование технологий многокомпонентных функциональных снеков из отечественного растительного сырья: специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Зотова Лилия Валентиновна; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2019. – 24 с.

72. Изменения потребительских свойств папоротника-орляка при использовании разных методов хранения / И. В. Шалиско, М. И. Дмитриченко, В. В. Пеленко, С. В. Шахов // Вестник ВГУИТ. - 2016. - № 3. - С. 151–158.

73. 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 Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии», Кемерово, 17–19 мая 2021 г. / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2021. – Т. 1. - С. 40–42.

74. Изучение возможности использования папоротника Орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*) в технологии бисквитов для школьного питания / Е. А. Гуз, Н. Ю. Чеснокова, А. А. Кузнецова, Н. М. Портнов //

Ползуновский вестник. – 2024. – № 2. – С. 53–65. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.007.

75. Изучение особенностей накопления эфирного масла в траве тысячелистника обыкновенного синантропной флоры Ростовской области / Ю. А. Селиванова, Н. А. Дьякова, И. М. Коренская, А. И. Сливкин // Аспирантский вестник Поволжья. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 84–88.

76. Инновационные конструкции и технологии сушки плодоовощной продукции / Э. С. Иванова, Ю. В. Родионов, О. А. Зорина [и др.] // Наука в центральной России. – 2021. – № 1(49). – С. 43-53. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-1-43-53.

77. Использование плодово-ягодных растительных порошков в производстве ириса тираженного / Н. В. Присухина, Е. В. Мельникова, Т. А. Лисовец, А. В. Полинская // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 5(170). – С. 195–201.

78. Использование порошка из побегов папоротника «Орляк» в производстве бисквита / Н. Н. Типсина, Д. А. Кох, Е. В. Мельникова, А. Е. Туманова // Хлебопродукты. – 2014. – № 3. – С. 58–59.

79. Исследование процесса сублимационной сушки плодов сливы / О. К. Эргашев, А. А. у. Эгамбердиев, А. М. Хамдамов, О. Т. Маллабаев // Universum: технические науки. – 2022. – № 12-4(105). – С. 22–25.

80. Канунникова, П. А. Биоразнообразие высших сосудистых растений смешанного леса в окрестностях пгт. Шушенское / П. А. Канунникова, А. А. Лихтинов // E-Scio. - 2021. - №11 (62).

81. Кобаненко, Т. И. Природно-климатическая характеристика Козульского района / Т. И. Кобаненко, В. И. Незамов // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной научной конференции, Красноярск, 15 октября 2020 г. / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2020. - С. 35-37.

82. Копылова А. В. Применение порошков из растительного сырья инфракрасной сушки для повышения пищевой ценности мучных и хлебобулочных изделий: специальность 05.18.15 «Технология и товароведение

пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Копылова Анастасия Валерьевна; Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2022. – 204 с.

83. Коробченко, Н. С. Сравнительный анализ загрязнения атмосферного воздуха в городах Красноярского края автомобильным транспортом / Н. С. Коробченко, А. А. Мошков, Р. А. Степень // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – Т. 1, № 7. – С. 235–236.

84. Кузнецова, А. А. Использование папоротника орляка в производстве изделий из бисквитного теста / А. А. Кузнецова, Л. В. Кушнарченко, Т. В. Левчук // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство: материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 20 февраля 2020 г. / Дальневосточный государственный аграрный университет. - Благовещенск, 2020. – С. 90–94.

85. Кузякина, А. И. Способы переработки субтропических и южных плодовых культур (литературный обзор) / А. И. Кузякина, В. А. Кунина, Н. Б. Платонова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2023. – № 87. – С. 46–66.

86. Купрюнина, А. А. Разработка рецептуры ириса специализированного назначения на овсяном молоке / А. А. Купрюнина, Е. В. Щербакова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год, Краснодар, 10–30 марта 2021 г. / Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – Краснодар, 2021. – Ч. 1. - С. 639–643.

87. Купчак, Д. В. Совершенствование рецептов и технологии кулинарной продукции с использованием папоротника-орляка (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) / Д. В. Купчак, А. А. Синяева // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. – 2020. – № 1(31). – С. 35–39.

88. Лапин, А. А. Антиоксидантные свойства папоротника / А. А. Лапин, В. Н. Зеленков // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные

технологии и продукты: сборник научных трудов / Российская академия естественных наук; под общей редакцией В.Н. Зеленкова. – Москва, 2017. – Вып. 25. – С. 64–68.

89. Левченко, И. С. Использование местных растительных добавок при производстве тестовых полуфабрикатов / И. С. Левченко, И. Р. Яркина // Студенческая наука - взгляд в будущее: материалы XVIII Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 15–17 марта 2023 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск, 2023.- Ч. 2. – С.377-380.

90. Летучие соединения свежего *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, произрастающего в Красноярском крае / Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, А. А. Анискина [и др.] // Ползуновский вестник. – 2022. – № 2. – С. 57–64.

91. Лысиков, Ю. А. Аминокислоты в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88–105.

92. Лысиков, Ю. А. Роль и физиологические основы обмена макро- и микроэлементов в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2009. – № 2. – С. 120–131.

93. Мазалова, Н. Ф. Разработка ассортимента рыбных кулинарных полуфабрикатов - «русские гёдза» / Н. Ф. Мазалова, И. И. Николаев // Морские технологии: проблемы и решения – 2021 : сборник статей участников Национальной научно-практической конференции, Керчь, 19–30 апреля 2021 года / Керченский государственный морской технологический университет ; под общей редакцией Е. П. Масюткина. – Керчь, 2021. – С. 180-183.

94. Макарова, С. Г. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты классов ω -3 и ω -6 как эссенциальный нутриент в разные периоды детства / С. Г. Макарова, Е.А. Вишнева // Педиатрическая фармакология. - 2013. – Т. 10, № 4.- С. 80–88.

95. Маркетинговый анализ российского рынка сахаристых кондитерских изделий / О. В. Таранец, С. А. Калманович, Е. А. Вербицкая [и др.] // Известия

высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2023. – № 5-6(394). – С. 148–155. – DOI 10.26297/0579-3009.2023.5-6.23.

96. Марченко, Р. А. Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажном производстве : специальность 05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.21.03 / Марченко Роман Александрович ; Сибирский государственный технологический университет. - Красноярск, 2016.- 161 с.

97. Матюнина, В. А. Экологические проблемы Красноярского края / В. А. Матюнина, Р. П. Медведев // Молодёжь Сибири - науке России : материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 27 апреля 2022 г. / Сибирский институт бизнеса, управления и психологии. – Красноярск, 2022. – С. 33–35.

98. Матюшев, В. В. Разработка рецептур производства кондитерских изделий с использованием ягод барбариса / В. В. Матюшев, Н. Н. Типсина, Н. И. Селиванов // Вестник АГАУ. - 2016. - № 1 (135). - С. 157–161.

99. Мелибоев, М. Ф. у. Энергопотребление и экономические показатели при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке слив / М. Ф. у. Мелибоев, Ш. М. Маматов, О. К. Эргашев // Universum: технические науки. – 2022. – № 5-7(98). – С. 9–12.

100. Мельникова, Е. В. Получение пищевого порошка из папоротника Орляк / Е. В. Мельникова // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 24–26 марта 2014 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск: 2015. – С. 266–268.

101. Мельникова, Е. В. Получение пищевой пасты из папоротника орляка / Е. В. Мельникова, Н. Н. Типсина // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы XIV международной научно-практической конференции, Красноярск, 22–23 апреля 2015 г. / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2015. – Ч. II. - С. 135–137.

102. Мельникова, Е. В. Разработка рецептуры и технологии пельменей из мяса оленя с использованием папоротникового порошка / Е. В. Мельникова, Н. А. Величко, Л. В. Гросс // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 6(171). – С. 194–199.

103. Мельникова, Е. В. Разработка рецептуры хлеба пшеничного с использованием порошка папоротника / Е. В. Мельникова, Н. В. Присухина // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы XIV международной научно-практической конференции, Красноярск, 22–23 апреля 2015 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск, 2015. – Ч. II. – С. 102–104.

104. Мельникова, Е. В. Совершенствование технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием дикорастущего растительного сырья Сибири: специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Мельникова Екатерина Валерьевна: Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2016. – 200 с.

105. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.]; под редакцией А. И. Ермакова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

106. Модифицированные ингредиенты для безалкогольных напитков / Ю. Ф. Якуба, А. И. Ферзаули, Я. В. Ушакова, А. А. Хохлова // Научный форум: Медицина, биология и химия: сборник статей по материалам XIII международной научно-практической конференции, Москва, 21-30 мая 2018 г. / Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр науки и образования». - Москва, 2018. – Т.5 (13). - С. 12–18.

107. Наговицина, Л. П. Факторы успеха в деятельности организаций потребительской кооперации (на примере Красноярского крайпотребсоюза) / Л. П. Наговицина // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. – 2018. – № 2(24). – С. 3–10.

108. Наймушина, Л. В. Современные методы исследований свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и пищевой продукции: учебное пособие / Л. В. Наймушина, И. Д. Зыкова; Сибирский федеральный университет. – Красноярск: СФУ, 2023. – 116 с.

109. Насарова, Э. С. Изучение возможности использования экстракта папоротника в качестве консерванта яблочного сока / Э. С. Насарова, А. И. Ферзаули // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 78(6). – С. 383-395.

110. Насарова, Э. С. Стабилизации плодово-ягодных соков с использованием растительных экстрактов / Э. С. Насарова, А. И. Ферзаули // Молодежь, наука, инновации: сборник статей XI Всероссийской научно-практической конференции, Грозный, 14 октября 2022 г. / Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова. – Грозный, 2022. – С. 119–123.

111. Некрасов, Е. В. Съедобные дальневосточные папоротники как диетический источник длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот / Е. В. Некрасов, В. И. Светашев // Foods. - 2021. – URL: <https://doi.org/10.3390/foods10061220> (дата обращения 02.09.2025).

112. Непомнящих, Е. Н. Влияния порошка сибирской груши на качество ириса тираженного / Е. Н. Непомнящих // Теория и практика современной аграрной науки: материалы III Национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2020 г. / Новосибирский государственный аграрный университет. - Новосибирск, 2020. - С. 431–434.

113. Нилова, Л. П. Влияние режимов сушки на содержание каротиноидов в тыквенных полуфабрикатах / Л. П. Нилова, С. М. Малютенкова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 3(55). – С. 125-128.

114. Обзор ВЭД: Сахаристые кондитерские изделия / Федеральный центр «Агроэкспорт». - Москва, 2021. – 24 с.

115. Обоснование способа дегидратации сырья при производстве чипсов из тыквы / К. Г. Горбунова, С. А. Масловский, Н. Э. Каухчешвили [и др.] // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2024. – № 3(33). – С. 27–36. – DOI 10.24888/2541-7835-2024-33-27-36.
116. Папоротник орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) как альтернативное сырье в производстве мясных изделий / Е. А. Рыгалова, Е. А. Речкина, Г. А. Губаненко [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2(167). – С. 151–160. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-151-160.
117. Папоротник, консервированный с использованием брусники (*Vaccinium vitis-idaea*), - перспективный продукт для товарного бренда макрорегиона "Енисейская Сибирь" / С. В. Хижняк, Г. А. Демиденко, Т. Г. Бутова [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 12(165). – С. 201–208.
118. Пашкова, Е. С. Анализ рынка сахаристых кондитерских изделий / Е. С. Пашкова, А. А. Музыченко // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: материалы VIII международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 ноября 2022 г. / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – Воронеж, 2022. – С. 393-396.
119. Пен, Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства: учебное пособие / Р. З. Пен – Красноярск : Изд-во КГУ, 1982. – 192 с.
120. Пищевые волокна в продуктах питания / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев [и др.] // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 8–10.
121. Плотникова, Т. В. Товароведно-технологические свойства свежего и соленого папоротника орляка: специальность 05.18.1 «Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Плотникова Тамара Викторовна. – Новосибирск, 1983. – 193 с.

122. Получение ириса с использованием порошка из плодов голубики / А. Е. Туманова, Н. Н. Типсина, Г. А. Демиденко, Е. А. Струпан // Пищевая промышленность. – 2024. – № 2. – С. 6–9.

123. Пономарев, А. В. Фитоценотическая приуроченность папоротника-орляка *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn в Красноярской лесостепи / А. В. Пономарев // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 5(56). – С. 215–219.

124. 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.

125. Производство органических продуктов питания из растительного сырья: состояние и перспективы / Н. А. Ткачев, М. Н. Ткачева, А. А. Колобаева, О. А. Котик // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2023. – № 2(21). – С. 57-64. – DOI 10.53914/issn2311-6870_2023_2_57.

126. Прокопенко, С. Т. Современные аспекты использования дикорастущего сырья в качестве продуктов питания на примере папоротника-орляка / С. Т. Прокопенко, И. В. Шалиско // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2013. – № 3(25). – С. 69–74.

127. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации / Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – Москва 2004. –46 с.

128. Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний / Н. С. Сметнева, А. В. Погожева, Ю. Л. Васильев [и др.] // Вопросы питания. - 2020. - Т. 89, № 3. - С. 114–124.

129. Россия и мир: 2023. Экономика и внешняя политика. Ежегодный прогноз. – Москва: ИМЭМО РАН, 2022. - 130 с.

130. Савенкова, Т. В. Технологические аспекты производства ириса без сахара / Т. В. Савенкова, Э. Н. Крылова, Е. Н. Маврина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2016. - № 2. - С. 12–13.

131. Садуллаев, Д. М. Исследование изменений химических, физических и органолептических свойств продукции в зависимости от метода сушки / Д. М. ў.

Садуллаев, А. У. Шингисов // *Universum: технические науки*. – 2024. – № 7-3(124). – С. 51–53.

132. Семенов, Г. В. Вакуумная сублимационная сушка пищевых продуктов: температурные границы для рационального использования в промышленном производстве / Г. В. Семенов, С. А. Ермаков, И. С. Краснова // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2022. – № 2-3. – С. 51–57.

133. Семенова, Д. В. Возможность использования папоротника «*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn» в производстве профитролей на основе муки овсяной / Д. В. Семенова // *Студент года 2024: сборник статей II Международного учебно-исследовательского конкурса*, Петрозаводск, 15 мая 2024 года. – Петрозаводск, 2024. – С. 481–487.

134. Семенюк, Т. Р. Разработка рецептуры рыбных фрикаделек с внесением растительного компонента / Т. Р. Семенюк // *Студенческая наука - взгляд в будущее: материалы XIX Всероссийской студенческой научной конференции*, Красноярск, 27–29 февраля 2024 г. / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2024. – С. 325–328.

135. Синяева, А. А. Оптимизация рецептур и технологического процесса кулинарной продукции с использованием папоротника-орляка / А. А. Синяева // *Молодые ученые - Хабаровскому краю: материалы XXIII краевого конкурса молодых ученых*, Хабаровск, 12–19 января 2021 г. / Тихоокеанский государственный университет. – Хабаровск, 2021. – С.175-180.

136. Скрипко, О. В. Использование сои и дальневосточных дикоросов в технологии функциональных продуктов питания / О. В. Скрипко // *Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты : сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей*, Пермь, 29 марта, 2016 г. – Пермь, 2016. – С. 51–52.

137. Скрипко, О. В. Разработка технологии функциональных продуктов питания на основе сои и папоротника / О. В. Скрипко, О. В. Литвиненко, О. В. Покотило // *Вестник КрасГАУ*. – 2017. – № 6(129). – С. 96–103.

138. Скрипко, О. В. Хрустящие хлебцы с белково-углеводной мукой для здорового питания / О. В. Скрипко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 9 (135).

139. Сложенкина, А. В. Использование кофейных экстрактов в кондитерских изделиях / А. В. Сложенкина, Н. А. Тарасенко // Инновационные технологии пищевых производств: материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, 12–13 декабря 2019 г. / Севастопольский государственный университет. - Севастополь, 2020. - С. 101.

140. 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.

141. Сравнительные исследования влияния сублимационной сушки на биохимические показатели ягод клубники и малины / Д. Б. Тоймбаева, М. Муратхан, Л. А. Мурат [и др.] // Наука и мир. – 2023. – № 6(118). – С. 24–28.

142. Ставникова, Л. В. Оценка экологической опасности промышленных и автотранспортных выбросов / Л. В. Ставникова, Р. А. Степень // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2013. – № 12. – С. 175–181.

143. Темирова, И. Ж. Исследование влияния сублимационной сушки на органолептические показатели и содержание витамина С в ягодах малины / И. Ж. Темирова, Г. Х. Оспанкулова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2023. – № 3. – С. 57–62.

144. Типсина, Н. Н. Кондитерские изделия с повышенной пищевой ценностью / Н. Н. Типсина, Н. В. Присухина // Вестник КрасГАУ. - 2015. - № 11 (110). - С. 115–119.

145. Типсина, Н. Н. Порошок из мелкоплодных яблок в кондитерском производстве / Н. Н. Типсина, Н. В. Присухина, Д. А. Кох // Вестник КрасГАУ. - 2012. - № 6. - С. 209–213.

146. Типсина, Н. Н. Использование порошка папоротника в производстве песочного печенья и бисквитного полуфабриката / Н. Н. Типсина, Е. В. Мельникова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12(99). – С. 219–224.

147. Тихонов, С. Ю. Использование сухого сырья калины в кондитерских изделиях с повышенной пищевой ценностью / С. Ю. Тихонов, Н. Н. Типсина // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции, Красноярск, 18–20 апреля 2017 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск, 2017. - С. 95–97.

148. Ткачев, А. В. Проблемы качественного и количественного анализа летучих веществ растений / А. В. Ткачев // Химия растительного сырья. – 2017. – № 3. – С. 5–37.

149. Трифонова, А. С. Разработка рецептуры и технологии ириса с семенами льна / А. С. Трифонова, А. М. Сюскина // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XVIII Всероссийской студенческой научная конференции, Красноярск, 15–17 марта 2023 г. / Красноярский государственный аграрный университет. - Красноярск, 2023. – С. 121–124.

150. Тюрина, В. А. Исследование влияния миндаля сладкого на формирование качественных характеристик ириса / В. А. Тюрина, А. С. Захарова, В. Г. Курцева // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Бийск, 18–20 мая 2022 г. - Бийск, 2022. - С. 401–405.

151. Устинова, М. Э. Оценка органолептических показателей и биологической ценности морковных чипсов / М. Э. Устинова // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Феодосия, 10–14 мая 2023 г. / Керченский государственный морской технологический университет. – Керчь, 2023. – С. 317–322.

152. Ферзаули, А. И. Инновационные разработки в области стабилизации напитков с использованием настоев дикорастущих растений / А. И. Ферзаули // Миллионщиков-2019 : материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ, Грозный, 30–31 мая 2019 г. / Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова. – Грозный, 2019. – Т. 1. – С. 248–251.

153. Ферзаули, А. И. Особенности использования растительного сырья в технологии напитков / А. И. Ферзаули, М. В. Центроев, Ю. Ф. Якуба // Перспективные аграрные и пищевые инновации : материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 06–07 июня 2019 г. / под редакцией И. Ф. Горлова. – Волгоград, 2019. – Т. 2. – С. 350-355.

154. Фролова, Н. А. Разработка рецептуры кондитерских изделий для функционального питания / Н. А. Фролова // Международный научно-исследовательский журнал. - 2018. - № 1-1 (67). - С. 157–160. DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.084.

155. Фролова, Н. А. Разработка технологии низкокалорийного ириса повышенной биологической ценности / Н. А. Фролова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2020. - Т. 9, № 1 (49). - С. 85–88.

156. Хамаганова, И. В. Разработка мясных полуфабрикатов пониженной калорийности с использованием сырьевых ресурсов региона / И. В. Хамаганова, А. С. Столярова, М. В. Доржиева // Вестник ВСГУТУ. – 2020. – № 4(79). – С. 21–30.

157. Хаменок, А. В. Сублимационная сушка в технологии плодовых продуктов длительного хранения / А. В. Хаменок, Ю. В. Соколов // Горизонты биотехнологии: сборник статей Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Орёл, 07 декабря 2023 г. / Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. - Орёл, 2024. – С. 288–292.

158. Характеристика элементного состава папоротников, произрастающих на территории Западной Сибири / И. В. Федько, Р. Р. Китапова, А. А. Хващевская, М. Г. Камбалина // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6-5. – С. 1193–1195.

159. Хижняк, С. В. Микрофлора консервированной растительной продукции при использовании насыщенного рассола в качестве консерванта / С. В. Хижняк, Г. А. Демиденко, Е. Я. Мучкина // Вестник КрасГАУ. - 2015. - № 11 (110). - С. 120–124.

160. Цапалова, И. Э. Съедобные папоротники и их рациональное использование / И. Э. Цапалова – Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, 1991. – 112 с.

161. Центроев, М. В. Обогащение коньяка экстрактивными веществами при выдержке / М. В. Центроев, А. И. Ферзаули // Вестник науки. – 2019. – Т. 3, № 1(10). – С. 163–169.

162. Черемных, Д. А. Возможность использования соленого папоротника орляка / Д. А. Черемных // Пищевые инновации и биотехнологии : материалы VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 25–27 мая 2020 г. / Кемеровский государственный университет. - Кемерово, 2020. - С. 70–72.

163. 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 года / Сибирский федеральный университет, Институт торговли и сферы услуг. – Красноярск: СФУ, 2022. – С. 85-90

164. Шалиско, И. В. Инновационный способ хранения дикорастущего пищевого сырья на примере папоротника-орляка / И. В. Шалиско // Инновационные технологии в сервисе: сборник материалов IV Международной

научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 декабря 2014 г. / Санкт-Петербургский государственный экономический университет; под редакцией А. Е. Карлика. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 354–356.

165. Шорина, Н. И. О модусах ритмологической эволюции папоротников / Н. И. Шорина, Н. М. Державина // *Turczaninowia*. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 67–81.

166. Шувалов, С. И. Оптимизация технологических процессов: учебное пособие / С. И. Шувалов // Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина. - Иваново: ИГЭУ, 2021. - 76 с.

167. Экспертиза пищевых продуктов специального назначения. Качество и безопасность: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Товароведение», «Технология продукции и организация общественного питания» / Л. А. Маюрникова, В. М. Позняковский, Б. П. Суханов [и др.]; под общей редакцией В. М. Позняковского. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2016. – 448 с.

168. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность: учебник / И.Э. Цапалова, О.В. Голуб, М.Д. Губина [и др.]; под общ. ред. В.М. Позняковского. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 463 с.

169. Эргашев, Б. А. Разработка экологически чистых и энергоэффективных технологий для переработки фруктов и овощей в функциональные продукты питания / Б. А. Эргашев // *Universum: технические науки*. – 2024. – № 6-4(123). – С. 21–23.

170. Эффективность использования папоротника «Орляка» в производстве паштета из индейки в условиях ООО «Расколбас» / Т. В. Никифорова, В. В. Никифоров, Н. С. Шабельская, М. А. Суханова // Студенческая наука - взгляд в будущее: материалы XV Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 26–27 марта 2020 г. / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2020. - Ч. 1. – С.433-436.

171. Яковлева, Е. В. Аккумуляция полиаренов в высших растениях бугристых болот южной и северной тундры / Е. В. Яковлева, Д. Н. Габов // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 1. – С. 75–82.
172. Яковлева, Е. В. Аккумуляция полициклических ароматических углеводородов *Betula nana* / Е. В. Яковлева, Д. Н. Габов, В. А. Безносиков // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 32–37.
173. Яковлева, Е. В. Формирование состава полициклических ароматических углеводородов бугристых болот в зональном ряду лесотундра–северная тундра / Е. В. Яковлева, Д. Н. Габов, Р. С. Василевич // Почвоведение. – 2022. – № 3. – С. 296–314.
174. Adiamo, O. Q. Effects of gum Arabic edible coatings and sun-drying on the storage life and quality of raw and blanched tomato slices / O. Q. Adiamo, Y. A. I. Eltoun, E. E. Babiker // Journal of Culinary Science & Technology. – 2019. – Vol. 17, iss. 1. – P. 45–58.
175. Ahmad, M. I. Heavy metal accumulation in vegetables and assessment of their potential health risk / M. I. Ahmad // Journal of Environmental Analytical Chemistry. – 2018. – Vol. 5, iss.1 – P. 1–7.
176. Ammelt, D. The impact of pulsed electric fields on quality parameters of freeze-dried red beets and pineapples / D. Ammelt, A. Lammerskitten, A. Wiktor [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 56, iss. 4. – P. 1777–1787.
177. Anishchenko, O. V. Benefit-risk ratio of canned pacific saury (*Cololabis saira*) intake: essential fatty acids vs. heavy metals [Text] / O. V. Anishchenko, N. N. Sushchik, O. N. Makhutova [et al.] // Food and Chemical Toxicology. – 2017. – Vol. 101. – P. 8–14.
178. An, J. Optimizing infrared wavelengths in food drying: A comprehensive review of standalone and combined techniques / J. An, F. Wicaksana, P. Liu [et al.] // Food Control. – 2025. – Vol. 169. – Art. 110991.

179. Askari, G. R. Effect of various drying methods on texture and color of tomato halves / G. R. Askari, Z. Emam-Djomeh, M. Tahmasbi // *Journal of Texture Studies*. – 2009. – Vol. 40, iss. 4. – P. 371–389.
180. Castillo, U. F. Ptaquiloside Z, a new toxic unstable sesquiterpene glucoside from the Neotropical bracken fern *Pteridium aquilinum* var. *Caudatum* / U. F. Castillo, M. Ojika, M. Alonso-Amelot [et al.] // *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. – 1998. – Vol. 6. – P. 2229–2233.
181. Castillo, U. F. Pteroside A2 – a new illudane-type sesquiterpene glucoside from *Pteridium caudatum* L. Maxon, and the spectrometric characterization of caudatodienone / U. F. Castillo, A. L. Wilkins, D. R. Lauren [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2003. – Vol. 51. – P. 2559–2564.
182. Chen, C. Development of healthy crispy carrot snacks using sequential infrared blanching and hot air drying method / C. Chen, C. Venkitasamy, Q. Shen [et al.] // *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. – 2018. – Vol. 97. – P. 469–475.
183. Chobot, M. Development of drying and roasting processes for the production of plant-based pro-healthy snacks in the light of nutritional trends and sustainable techniques / M. Chobot, M. Kozłowska, A. Ignaczak, [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2024. – Vol. 149. – Art. 104553.
184. Delfiya, A. Effect of microwave blanching and brine solution pretreatment on the quality of carrots dried in solar-biomass hybrid dryer / A. Delfiya, D. Mohapatra, N. Kotwaliwale [et al.] // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2018. – Vol. 42, iss. 2. – P. 1–14.
185. Deshmukh, P. Optimization & characterization of chips developed from cabbage powder, maize and rice flour using simplex lattice mixture design / P. Deshmukh, D. Patil, P. P. Bhalerao [et al.] // *Food Chemistry Advances*. – 2024. – Vol. 5. – Art. 100787.
186. Escher, G. B. Optimization of osmo-convective dehydration process for dry tomato production / G. B. Escher, S. R. M. Coelho, D. Christ // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2017. – Vol. 41, iss. 3. – Art. 1–10.

187. Faruq, A. A. Recent advances in frying processes for plant-based foods / A. A. Faruq, H. A. Khatun, S. M. Roknul Azam [et al.] // *Food Chemistry Advances*. – 2022. – Vol. 1. – Art. 100086.
188. Fischer, G. Heavy metal contamination of vegetables in urban and peri-urban areas: an overview / G. Fischer // *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. – 2023.
189. Fletcher, M. T. Norsesquiterpene glycosides in bracken ferns (*Pteridium esculentum* and *Pteridium aquilinum* subsp. *wightianum*) from Eastern Australia: Reassessed poisoning risk to animals / M. T. Fletcher, I. J. Brock, K. G. Reichmann [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 59. – P. 5133–5138.
190. Ghurchaee, A. Optimization of combined drying (osmotic-hot air) of aloe vera slice using response surface methodology / A. Ghurchaee, R. Rezaei, M. Moghimi // *Journal of Food Science & Technology*. – 2024. – Vol. 20 (144). – P. 1–24.
191. Giancaterino, M. Evaluation of the quality and stability of freeze-dried fruits and vegetables pre-treated by pulsed electric fields (PEF) / M. Giancaterino, C. Werl, H. Jaeger // *LWT*. – 2024. – Vol. 191. – Art. 115651.
192. Giráldez, P. Relationship between foliar polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) concentrations and plant traits: Intracanalopy variability for a broadleaf species in an urban environment / P. Giráldez, Z. Varela, A. Di Guardo [et al.] // *Science of the Total Environment*. – 2024. – Vol. 940. – Art. 173698.
193. Grimm, A. Novel drying treatment to stabilize bilberry, blackcurrant, and cloudberry press cakes: Dryer performance and product quality characteristics / A. Grimm, J. Nyström, T. Mossing [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 128. – Art. 109478.
194. Güneş, R. A preliminary study on the use of phycocyanin as a natural blue color source in toffee-type soft candy: Effect of storage temperature and pigment concentration / R. Güneş, I. Palabiyik, Ş. Kurultay // *Food Science & Nutrition*. – 2024. – Vol. 12. – P. 7885–7895.
195. Hao, J.-W. Solid-phase extraction followed by direct TOF-MS-MS and HPLC analysis of ptaquiloside in *Pteridium aquilinum* from different places of China /

J.-W. Hao, X.-Q. Liu, N.-D. Chen [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2021. – Vol. 98. – Art. 103845.

196. Ignaczak, A. Influence of pre-treatment and drying methods on the quality of dried carrot properties as snacks / A. Ignaczak, A. Salamon, H. Kowalska [et al.] // *Molecules*. – 2023. – Vol. 28, iss. 17. – Art. 1–22.

197. Jiang, D.-L. Effect of various different pretreatment methods on infrared combined hot air impingement drying behavior and physicochemical properties of strawberry slices / D.-L. Jiang, Q.-H. Wang, C. Huang [et al.] // *Food Chemistry: X*. – 2024. – Vol. 22. – Art. 101299.

198. Kardong, D. Screening of phytochemicals, antioxidant and antibacterial activity of crude extract of *Pteridium aquilinum* Kuhn / D. Kardong, S. Upadhyaya, L. R. Saikia // *Journal of Pharmaceutical Research*. – 2013. – Vol. 6. – P. 179–182.

199. Kisielius, V. Fast LC–MS quantification of ptesculentoside, caudatoside, ptaquiloside and corresponding pterosins in bracken ferns / V. Kisielius, D. N. Lindqvist, M. B. Thygesen [et al.] // *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. – 2020. – Vol. 1138. – Art. 121966.

200. Kohinkar, S. Studies on preparation of mixed fruit toffee from fig and guava fruits / S. Kohinkar, U. Chavan, V. D. Pawar [et al.] // *Journal of Food Science and Technology*. – 2014. – Vol. 51.

201. Lagnika, C. Effects of pretreatments on properties of microwave-vacuum drying of sweet potato slices / C. Lagnika, N. Jiang, J. Song [et al.] // *Drying Technology*. – 2019. – Vol. 37, iss. 15. – P. 1901–1914.

202. Liu, D. The aroma profiles of dried gonggans: Characterization of volatile compounds in oven-dried and freeze-dried gonggan / D. Liu, Q. Shen, K. Lin [et al.] // *Food Research International*. – 2024. – Vol. 191. – Art. 114716.

203. Ma, Y. Freeze-drying of fruits and vegetables in food industry: Effects on phytochemicals and bioactive properties attributes-A comprehensive review / Y. Ma, J. Yi, X. Jin [et al.] // *Food Reviews International*. – 2022. – P. 1–19.

204. Marchenko, R. A. Information system for calculating paper-forming indicators of fibrous semi-finished products based on regression models / R. A.

Marchenko, S. V. Yarovoy, V. I. Shurkina // Journal of Physics: Conference Series. – Krasnoyarsk, Russia: IOP Publishing Ltd, 2021. – Vol. 2094. – P. 032059.

205. Marzuki, S. U. Effect of blanching pretreatment and microwave-vacuum drying on drying kinetics and physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato / S. U. Marzuki, Y. Pranoto, T. Khumsap [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 58, iss. 8. – P. 2884–2895.

206. Nalawade, S. A. Infrared based dry blanching and hybrid drying of bitter gourd slices: Process efficiency evaluation / S. A. Nalawade, A. Sinha, H. U. Hebbar // Journal of Food Process Engineering. – 2018. – Vol. 41, iss. 4. – P. 1–11.

207. Nekrasov, E. V. Edible Far Eastern Ferns as a Dietary Source of Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids / E. V. Nekrasov, V. I. Svetashev // Foods. – 2021. – Vol. 10(6). – Art. 1220.

208. Paraskevopoulou, E. Combined effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pretreatments on mass transfer and quality of air-dried pumpkin / E. Paraskevopoulou, V. Andreou, E. K. Dermesonlouoglou [et al.] // Journal of Food Science. – 2022. – Vol. 87, iss. 11. – P. 4839–4853.

209. Peng, J. Engineering texture properties of instant controlled pressure drop (DIC) dried carrot chips via modulating osmotic conditions / J. Peng, J. Bi, J. Yi [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2018. – Vol. 11, iss. 9. – P. 1674–1685.

210. Piotrowski, D. Influence of drying methods on the structure, mechanical and sensory properties of strawberries / D. Piotrowski, E. Kostyra, P. Grzegory [et al.] // European Food Research and Technology. – 2021. – Vol. 247, iss. 8. – P. 1859–1867.

211. Raza, R. New food product development by incorporation of *O. bracteatum* extract to produce memory enhancing milk toffee / R. Raza, S. Amir, E. Aslam [et al.] // Journal of Research (Science). – 2021. – Vol. 28-29, iss. 1–4. – P. 1–9.

212. Ribeiro, D. D. S. F. Ptaquiloside and pterisin B levels in mature green fronds and sprouts of *Pteridium arachnoideum* / D. D. S. F. Ribeiro, K. M. Keller, B. Soto-Blanco // Toxins (Basel). – 2020. – Vol. 12, iss. 5. – Art. 288.

213. Smith, B. L. Bracken fern *Pteridium* spp. carcinogenicity and human health: a brief review / B. L. Smith, A. A. Seawright // *Journal of Natural Toxins*. – 1995. – Vol. 3. – P. 1–5.
214. Souza, A. U. Hybrid microwave-hot air drying of the osmotically treated carrots / A. U. Souza, J. L. G. de Corrêa, D. H. Tanikawa [et al.] // *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. – 2022. – Vol. 156. – P. 1–9.
215. Wang, J. R. Effect of osmotic dehydration combined with vacuum freeze-drying treatment on characteristic aroma components of peach slices / J. R. Wang, X.-Y. Wu, C.-B. Cui [et al.] // *Food Chemistry: X*. – 2024. – Vol. 22. – Art. 101337.
216. Wang, H. Preparation and antioxidant activity of *Pteridium aquilinum*-derived oligosaccharide / H. Wang, H. Wu // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2013. – Vol. 61. – P. 33–35.
217. Xu, W. Antioxidant activity of a water-soluble polysaccharide purified from *Pteridium aquilinum* / W. Xu, F. Zhang, Y. Luo [et al.] // *Carbohydrate Research*. – 2009. – Vol. 344. – P. 217–222.
218. Zhang, F. Influence of traffic activity on heavy metal concentrations of roadside farmland soil in mountainous areas / F. Zhang, X. Yan, C. Zeng [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2012. – Vol. 9, iss. 5. – P. 1715–1731.
219. Zhang, X. L. Cold plasma pretreatment enhances drying kinetics and quality attributes of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) / X. L. Zhang, C. S. Zhong, A. S. Mujumdar [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2019. – Vol. 241. – P. 51–57.
220. Zhou, S. Recent advances in combined ultrasound and microwave treatment for improving food processing efficiency and quality: A review / S. Zhou, W. Chen, K. Fan // *Food Bioscience*. – 2024. – Vol. 58. – Art. 103683.

ПРИЛОЖЕНИЯ

**ПРИЛОЖЕНИЕ А Методические рекомендации «МР 10.39.17-001-2025» по
сбору и переработке папоротника**

ОКПД 10.39.17

УТВЕРЖДЕНО

ООО «КомСервис Крайпотребсоюза»

Директор

Омельченко С.Н.

_____ 2025 г.



Методические рекомендации (МР)

по сбору и переработке папоротника

МР 10.39.17-001-2025

Дата введения в действие

« 24 » 01 2025 г.

Без ограничения срока действия

РАЗРАБОТАНО:

ассистент кафедры

технологии и организации

общественного питания

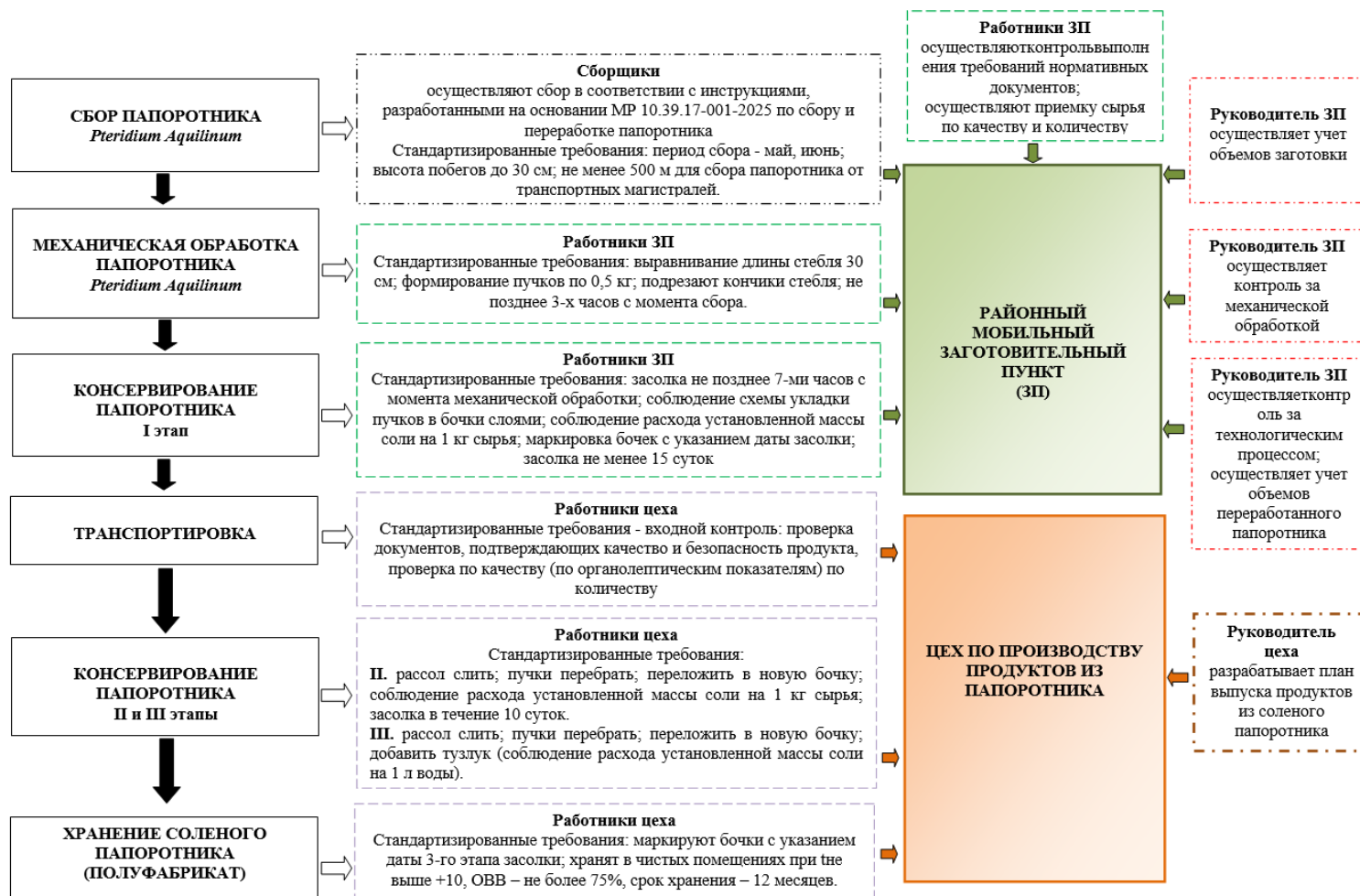
ФГАОУ ВО СФУ

_____ Д. А. Чермных

Красноярск

2025

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема сбора и переработки папоротника



ПРИЛОЖЕНИЕ В Акт о внедрении ООО «КомСервис Крайпотребсоюза»

ООО «КОМСЕРВИС КРАЙПОТРЕБСОЮЗА»

Предприятие занимается заготовкой и переработкой дикорастущей продукции, сельскохозяйственного сырья и оптовой торговлей.

Адрес: 660020, г. Красноярск, ул. Северное шоссе, д. 5 «А»

Телефон: +7 (391) 220-44-01, 8 (902) 975-44-41

e-mail: ltava62@yandex.ru, nat9118200@yandex.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ООО

«КомСервис Крайпотребсоюза»

Омельченко С.Н.

2025

АКТ

о внедрении результатов научной работы

Настоящий Акт подтверждает внедрение результатов научного исследования, выполненного ассистентом кафедры технологии и организации общественного питания ФГАОУ ВО «СФУ» Черемных Д.А. в рамках диссертационной работы на соискание учёной степени кандидата наук по теме: «Формирование качества новых видов продукции из папоротника, произрастающего в Красноярском крае» в производственную деятельность ООО «КомСервис Крайпотребсоюза»:

- в ходе работы были разработаны и утверждены Методические рекомендации по сбору и переработке папоротника (МР 10.39.17-001-2025), которые определяют санитарно-гигиенические, экологические и технологические требования к заготовке и первичной обработке дикорастущего папоротника орляка. Рекомендации обеспечивают безопасность и качество сбора пищевого растения, прослеживаемость и соответствие нормативным требованиям.

- внедрение технологии сублимационной сушки папоротника, планируемое на производственной базе ООО «КомСервис Крайпотребсоюза», обеспечит выпуск новых видов продукции готовых к употреблению снеки и порошков, с высокими органолептическими и функциональными характеристиками, сохранившей максимальное количество биологически активных веществ. Аналоги разработанной продукции отсутствуют как на территории Красноярского края, так и России, что открывает большие возможности для производства и реализацию не только в крае, а также на территории РФ.

- руководство ООО «КомСервис Крайпотребсоюза» считает разработанные технологии и рекомендации актуальными и целесообразными к применению. Внедрение результатов диссертационной работы способствует развитию производств локальных видов продукции, которые необходимо брендировать как региональные новые продукты рациональному использованию дикорастущих растительных ресурсов Красноярского края.

Настоящий Акт составлен в целях подтверждения практической значимости и внедрения результатов диссертационного исследования.

Представители ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель:
д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТиООП

Г. А. Губаненко

Исполнитель:
ассистент кафедры ТиООП

Д. А. Черемных

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Технические условия «Снеки из сублимированного папоротника»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
ФГАОУ ВО «СФУ»

ОКПД 2 10.39.13.000

ОКС 67.080.20 (Группа Н 54)

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Института торговли
и сферы услуг
Ю. Ю. Суслова
«11» февраля 2025 г.



СНЕКИ ИЗ СУБЛИМИРОВАННОГО ПАПОРОТНИКА

Технические условия

ТУ 10.39.13 – 015 – 02067876 – 2025
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «12» февраля 2025 г.

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., зав. кафедрой ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Г. А. Губаненко

ассистент кафедры ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Д. А. Черемных

г. Красноярск,
2025

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д Технологическая инструкция «Снеки из
сублимированного папоротника»**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
ФГАОУ ВО «СФУ»

ОКПД 2 10.39.13.000

ОКС 67.080.20 (Группа Н 54)

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Института торговли
и сферы услуг
Ю. Ю. Сулова
«11» февраля 2025 г.



СНЕКИ ИЗ СУБЛИМИРОВАННОГО ПАПОРОТНИКА

Технологическая инструкция

ТИ ТУ 10.39.13 – 015 – 02067876 – 2025
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «12» февраля 2025 г

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., зав. кафедрой ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Г. А. Губаненко



ассистент кафедры ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Д. А. Черемных



г. Красноярск,
2025

ПРИЛОЖЕНИЕ Е Технические условия «Порошок из сублимированного папоротника»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
ФГАОУ ВО «СФУ»

ОКПД 2 10.39.13.000

ОКС 67.080.20 (Группа Н 54)

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Института торговли
и сферы услуг
Ю. Ю. Суслова
«11» февраля 2025 г.



ПОРОШОК ИЗ СУБЛИМИРОВАННОГО ПАПОРОТНИКА

Технические условия

ТУ 10.39.13 – 016 – 02067876 – 2025
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «12» февраля 2025 г

РАЗРАБОТАНО:
д.т.н., зав. кафедрой ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Г.А. Губаненко

ассистент кафедры ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Д.А. Черемных

г. Красноярск
2025

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Технологическая инструкция «Порошок из
сублимированного папоротника»**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
ФГАОУ ВО «СФУ»

ОКПД 2 10.39.13.000

ОКС 67.080.20 (Группа Н 54)

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Института торговли
и сферы услуг
Ю. Ю. Солова
«11» февраля 2025 г.



ПОРОШОК ИЗ СУБЛИМИРОВАННОГО ПАПОРОТНИКА

Технологическая инструкция

ТИ ТУ 10.39.13 – 016 – 02067876 – 2025
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «12» февраля 2025 г

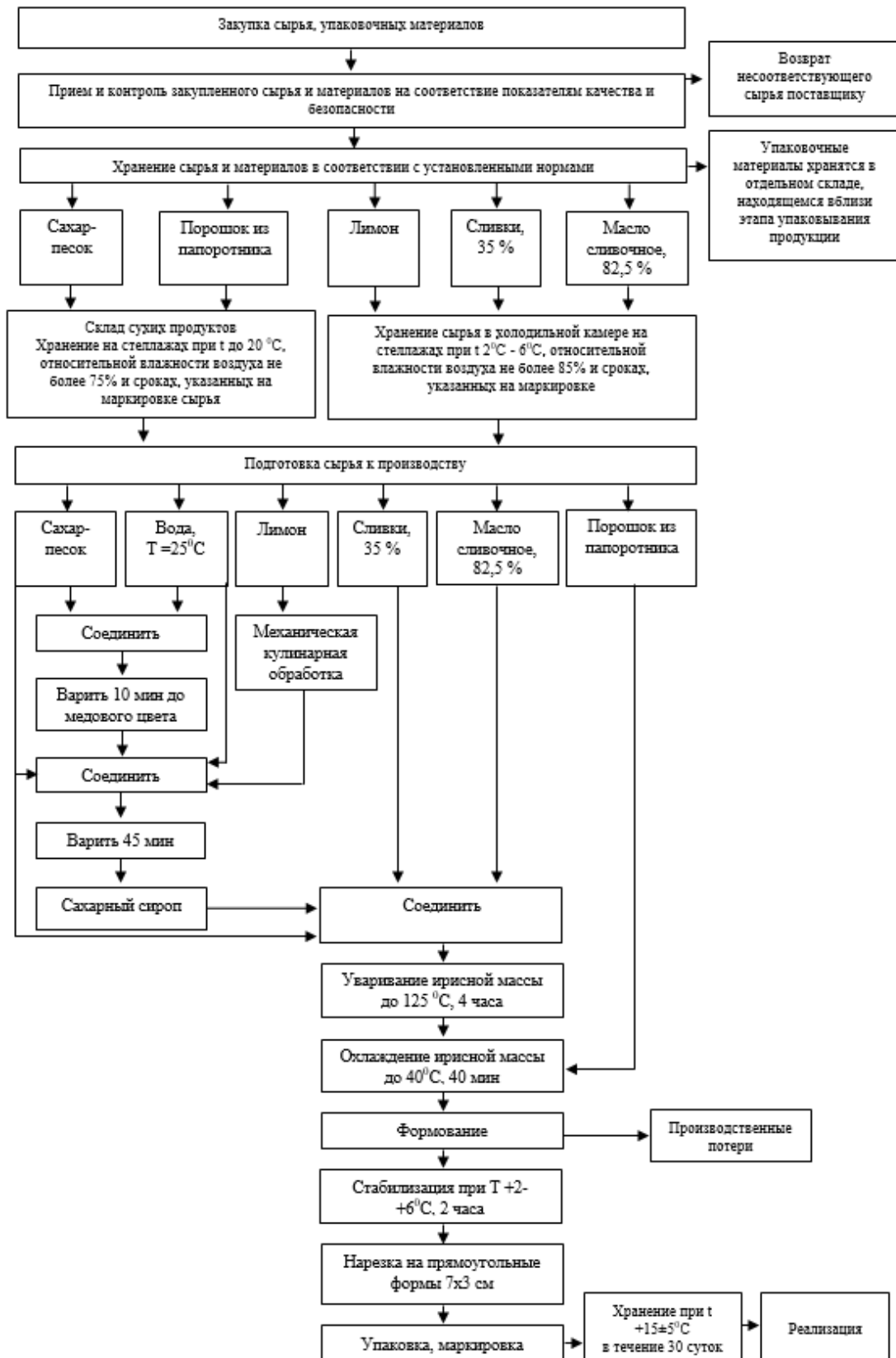
РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., зав. кафедрой ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Г. А. Губаненко

ассистент кафедры ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Д. А. Черемных

г. Красноярск
2025

ПРИЛОЖЕНИЕ И Блок – схема технологического процесса ириса



ПРИЛОЖЕНИЕ К Техническим условиям «Ирис с порошком сублимированного папоротника»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
ФГАОУ ВО «СФУ»

ОКПД 2 10.82.23.150

ОКС 67.180.10 (Группа Н 42)

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Института торговли
и сферы услуг
Ю. Ю. Сулова
«21» марта 2025 г.



ИРИС С ПОРОШКОМ СУБЛИМИРОВАННОГО ПАПОРОТНИКА

Технические условия

ТУ 10.82.23-017-02067876-2025
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «24» марта 2025 г

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., зав. кафедрой ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Г. А. Губаненко



ассистент кафедры ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Д. А. Черемных



г. Красноярск
2025

**ПРИЛОЖЕНИЕ Л Технологическая инструкция «Ирис с порошком
сублимированного папоротника»**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
ФГАОУ ВО «СФУ»

ОКПД 2 10.82.23.150

ОКС 67.180.10 (Группа Н 42)



ИРИС С ПОРОШКОМ СУБЛИМИРОВАННОГО ПАПОРОТНИКА

Технологическая инструкция

ТИ ТУ 10.82.23-017-02067876-2025
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «24» марта 2025 г

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., зав. кафедрой ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Г. А. Губаненко

ассистент кафедры ТиООП
ФГАОУ ВО «СФУ»
Д. А. Черемных

г. Красноярск
2025

ПРИЛОЖЕНИЕ М Акт о внедрении ООО «Завод Алёшина»

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «Завод Алёшина»

655004, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Кравченко, д. 11з стр. 1, помещ. 26и



УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

ООО «Завод Алёшина»

Алешин Е. О.

16.03.2025

АКТ

о внедрении результатов научной работы

Настоящим подтверждается, что научное исследование, проведенное ассистентом кафедры технологии и организации общественного питания ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Черемных Д. А. в рамках подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему: «Формирование качества новых видов продукции из папоротника, произрастающего в Красноярском крае», имеет практическую значимость и может быть рекомендовано для внедрения в производственный процесс ООО «Завод Алёшина».

Разработанные в ходе исследования рецептура и технология изготовления сахаристого кондитерского изделия — ириса с добавлением порошка из сублимированного папоротника в количестве 20 % от массы сахара позволит расширить ассортимент продукции с использованием натурального растительного сырья. Представленный образец литого ириса отличается гармоничным балансом по соотношению вкусовых характеристик «сладость – солёность», который отвечает актуальным тенденциям на рынке пищевой продукции в сегменте сахаристых кондитерских изделий.

Регламентируемые показатели качества и безопасности разработанного ириса соответствуют требованиям ГОСТ 6478-2014 «Ирис. Общие технические условия» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Ирис с добавлением порошка из сублимированного папоротника обладает отличительными признаками, которые возможно использовать при маркировке (источник минеральных компонентов и витаминов) в соответствии с ТР ТС 022/201 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Представители ФГАОУ ВО «СФУ»

Научный руководитель:

д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТиООП

Г. А. Губаненко

Исполнитель:

ассистент кафедры ТиООП

Д. А. Черемных

ПРИЛОЖЕНИЕ Н Акт о внедрении ООО «Ромбаба»



ООО «РОМБАБА»
 ИНН: 2464164919 КПП: 246401001 ОГРН 1242400009939
 660079, Красноярский край, город Красноярск, ул. 60 лет Октября, д. 90, стр. 5, помещение 5/2
 ☎ 8 (960) 774-24-59 ✉ konditerskyczex.bg@mail.ru 🌐 romababellini.ru



УТВЕРЖДАЮ:
 Директор
 ООО «Ромбаба»
 Николаева Н. Е.
 «17» апреля 2025 г

АКТ

о внедрении результатов научной работы по теме «Формирование качества новых видов продукции из папоротника, произрастающего в Красноярском крае»

Настоящим подтверждается, что результаты научного исследования, выполненного ассистентом кафедры технологии и организации общественного питания ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Черемных Д.А. в рамках диссертационной работы, признаны целесообразными для практического внедрения в производственную деятельность ООО «Ромбаба».

Разработанная рецептура и технология производства сахаристого кондитерского изделия — ириса с добавлением порошка из сублимированного папоротника в количестве 20 % от массы сахара обладают высоким потенциалом для расширения ассортимента продукции с использованием регионального растительного сырья. Руководство ООО «Ромбаба» считает, что применение продукта переработки папоротника в рецептуре ириса позволяет сформировать контрастный вкус, для которого характерно необычное сочетание: сладкое и соленое, а также придать функциональные свойства, что подтверждено результатами исследования его химического состава.

Проведенная товароведная экспертиза ириса с добавлением папоротника позволила установить соответствие продукции нормативным показателям качества и безопасности. Количественное содержание биологически активных веществ в сахаристом кондитерском изделии, позволяет указать на маркировке информацию по отличительным признакам в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»: источник пищевых волокон, минеральных веществ (фосфора, кальция, железа) и витамин РР. Отличительные признаки могут использоваться в качестве дополнительного конкурентного преимущества на маркировке продукта и при разработке информационно-рекламных материалов, направленных на его продвижение на рынке.

Представители ФГАОУ ВО «СФУ»

Научный руководитель:
 д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТиООП

Г. А. Губаненко

Исполнитель:
 ассистент кафедры ТиООП

Д. А. Черемных