

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ им. В. М. ГОРБАТОВА» РАН**

На правах рукописи

Зубарев Юрий Николаевич

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ЙОДСОДЕРЖАЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Специальность 4.3.3 Пищевые системы

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

Дыдыкин Андрей
Сергеевич, доктор
технических наук

Москва

2025

Содержание

Введение.....	4
ГЛАВА 1. Аналитический обзор литературы	13
1.1 Нормативно-техническое регулирование производства и оборота функциональных пищевых продуктов в мировой практике.....	13
1.2 Оценка йододефицита и пути его коррекции.....	20
1.3 Современные формы йодсодержащих пищевых компонентов	23
1.4 Современные системы контроля качества и безопасности пищевых продуктов.....	31
1.5 Методы риск-ориентированного подхода в системах анализа воздействия фактора и его значимости.....	38
Заключение к обзору научно-технической литературы.....	44
ГЛАВА 2. Организация эксперимента, объекты и методы.....	46
2.1 Организация исследований	46
2.2 Объекты исследования.....	47
2.3 Методы исследования.....	51
ГЛАВА 3. Разработка подходов к идентификации рисков.....	55
3.1 Обоснование допустимых потерь (снижения) уровня йода в функциональных пищевых продуктах.....	58
3.2 Изучения влияния источников риска на его реализацию.....	59
3.3 Анализ причин возникновения рисков и последствий при производстве функциональных пищевых продуктов.....	60
3.4 Сравнительная оценка риска реализации опасных факторов.....	64
Глава 4. Результаты собственных исследований	75
4.1 Исследование молекулярного йода в образцах ФПИ вольтамперметрическим методом.....	75

4.2 Исследование йодтирозинов в образцах ФПИ методом ВЭЖХ-МС	83
4.3 Анализ этапов производства функциональных пищевых продуктов с целью выявления наибольших рисков потери йода	92
4.4 Изучение влияния способов технологической обработки на содержание йода в функциональных пищевых продуктах	93
4.5 Изучение влияния условий и сроков хранения на показатели качества йодсодержащих ФПП.....	102
ГЛАВА 5.....	114
5.1 Выведение коэффициентов использования ФПИ.....	114
5.2 Разработка системы контроля качества ФПП, обогащенных йодсодержащими ФПИ.....	117
5.3 Экономическая эффективность применения системы управления качеством функциональных пищевых продуктов.....	118
ВЫВОДЫ.....	120
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	125
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	147

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время проблема дефицита йода решается главным образом внедрением в рацион граждан йодированной соли. Согласно исследованиям ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, ежегодно на территории Российской Федерации оказывается медицинская помощь 1,5 млн взрослых пациентов и 600 тыс. детей с эндокринологическими нарушениями. В денежном эквиваленте затраты на лечение превышают 250 млрд рублей, что в 5 раз больше суммы необходимой для организации мероприятий по профилактике всех йододефицитных заболеваний в Российской Федерации. Уровень фактического потребления йода жителями России составляет 40–80 мкг в день, что ниже установленных норм физиологической потребности в 3 раза. Йододефицитные состояния чреваты нарушением биологических функций и развитием эндокринологических заболеваний, таких как зоб, гипотиреоз, нарушение когнитивных функций.

К мероприятиям по профилактике йододефицитных заболеваний относится использование поваренной йодированной соли при изготовлении пищевых продуктов и для досаливания домашней пищи, установление требований к размещению йодированной соли и продуктов её содержащих в месте их продажи, обогащение пищевых продуктов йодом, а так же информирование населения о последствиях йододефицита и способах их профилактики. Альтернативным способом обеспечения достаточного содержания йода для населения может быть употребление продуктов питания, богатых природным йодом, либо обогащенных органической формой йода.

Эффективное применение обогащенных йодом пищевых продуктов для коррекции йододефицитных состояний населения возможно в условиях регулирования органами государственного и ведомственного контроля, а также за счет применения современных систем производственного контроля производства и оборота обогащенных пищевых продуктов. При переработке

продовольственного сырья богатого йодом или при изготовлении обогащенных этим микроэлементом пищевых продуктов, за счет использования функциональных ингредиентов, необходимо обеспечить контроль за количественным содержанием йода в конечном продукте, как в процессе технологического производства, так и на протяжении всего срока хранения продукции.

Направление научных исследований в рамках данной диссертационной работы соответствует Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, Стратегии научно-технологического развития РФ в части обеспечения продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, способствует развитию конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия и входит в группу приоритетов и перспектив научно-технологического развития Российской Федерации в части перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству.

Степень разработанности темы исследования. Научным исследованиям в области разработки функциональных пищевых продуктов и применения йодсодержащих пищевых ингредиентов, а также систем контроля безопасности и управления качеством пищевых продуктов, посвящены работы отечественных и зарубежных ученых: Устиновой А.В., Дыдыкина А.С., Аслановой М.А., Мамцева А.Н., Коденцовой В.М., Кочетковой А.А., Лисицына А.Б., Чернухи И.М., Кузнецовой О.А., Смирновой Е.А., Липатова Н.Н., Мартинчика А.Н., Жаринова А.И., Тутельяна А.В., Рисника Д.В., Дунченко Н.И., Макеевой И.А., Zimmerman M.B., Vithanage M., Waszkowiak K., Patel D., Pamela R. Pehrsson и др.

До настоящего времени анализ и оценка рисков, влияющих на качество пищевых продуктов, проводились в отношении безопасности, органолептических свойств и показателей пищевой ценности. Однако с появлением на рынке ФПП дополнительно возникла необходимость количественного контроля ФПИ в составе продукта.

Цель и задачи исследований. Целью данной работы являлась разработка системы управления качеством йодсодержащих ФПИ, входящих в состав функциональных мясных продуктов, на основе анализа и оценки рисков снижения содержания йода. Для реализации поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

- провести исследования стабильности содержания йода и йодтирозинов в йодсодержащих ФПИ на всем жизненном цикле продукта;
- разработать научные подходы к идентификации и оценке рисков снижения содержания йода в ФПИ, входящих в состав ФПП;
- определить контрольные точки при производстве и обращении ФПП;
- изготовить модельные образцы ФПП на основе мясного сырья с учетом имитации производственных и постпроизводственных процессов вареных колбасных изделий, консервов и полуфабрикатов для исследования потерь йода в процессе технологической обработки и в процессе хранения готовой продукции;
- разработать методику расчета коэффициентов обогащения ФПИ в зависимости от содержания йода в ФПИ, способа технологической обработки и срока хранения готовой продукции;
- разработать стандарт организации на систему управления качеством йодсодержащих ФПИ, входящих в состав ФПП и определить эффективность системы.

Научная новизна. Предложены новые научные подходы к процедуре разработки управления качеством йодсодержащих ФПИ, входящих в состав ФПП, основанные на анализе и оценке рисков снижения содержания йода на этапах входного контроля, технологической обработки и хранения продукции.

Получены новые экспериментальные данные по динамике снижения содержания йода на различных этапах жизненного цикла ФПП.

Обосновано применение методики FMEA для идентификации и оценки рисков снижения содержания йода в ФПИ, входящих в состав ФПП.

Разработан ряд превентивных (предупреждающих) мер, направленных на гарантированное обеспечение выпуска обогащенного йодом ФПП.

Установлены контрольные точки при производстве и обращении ФПП, включающих йодсодержащие ФПИ.

Предложена методика вычисления коэффициентов обогащения для ФПИ, характеризующая целесообразность их использования.

Теоретическая и практическая значимость работы. Представлены данные, расширяющие ранее изученные аспекты стабильности содержания йода в процессе хранения ФПИ в зависимости от вида его носителя.

Показана эффективность системы управления качеством йодсодержащих ФПИ, входящих в состав ФПП, разработанной на основании методики анализа и оценки рисков FMEA. Выявлены наиболее уязвимые этапы производства, с помощью квалитетрических и аналитических методов определены контрольные точки на производстве, и сформирована программа обязательных предварительных мероприятий.

Определена зависимость стабильности содержания йода в модельных мясных системах при имитации отдельных производственных и постпроизводственных процессов от вида ФПИ, способа технологического воздействия и срока хранения готового продукта.

Методология и методы исследования. Методология исследования основана на комплексном системном подходе к анализу и оценке рисков всей производственной цепи, а также оценке качества йодсодержащих ФПИ, входящих в состав ФПП.

При осуществлении исследований применялись квалитетрические методы оценки и анализа, инструменты качества, экспертные методы исследования и методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

- экспериментальные данные содержания йода в ФПИ, входящих в состав ФПП на всем жизненном цикле продукта. Анализ и оценка рисков

снижения содержания йода в контрольных точках и составление программы обязательных предварительных мероприятий.

- перечень превентивных (предупреждающих) мер, направленных на гарантированное обеспечение выпуска обогащенного йодом ФПП. Разработка методики вычисления коэффициентов обогащения для ФПИ в зависимости от технологии изготовления и срока годности ФПП.

- система управления качеством ФПИ, входящих в состав функциональных пищевых продуктов на основе мясного сырья.

Степень достоверности и апробация результатов. Промышленная апробация разработанной системы управления качеством в экспериментальном цехе НИИ «ПрофиБио» показала возможность выпуска ФПП, обогащенных йодсодержащими ФПИ с гарантированным содержанием содержания йода.

Достоверность результатов подтверждается необходимым и достаточным содержанием теоретических и экспериментальных исследований, повторением экспериментов, правильным применением современных и стандартных методов, статистической обработкой экспериментальных данных, публикацией результатов в проиндексированных отечественных изданиях. Научные положения и выводы подтверждаются фактическими данными, представленными в табличных и графических материалах диссертации.

Основные результаты исследований были апробированы на научных мероприятиях различного уровня: Сессии «Функциональное питание как основа полноценного рациона. Новые вызовы и правовая пробельность» в рамках Форума ВДК-2023 (Москва, 2023), Конференции издательского дома «Коммерсантъ» на тему: «Дорога к суверенитету в фармацевтике и здравоохранении», XII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2024).

Публикации. По материалам выполненных исследований опубликовано 7 печатных работ, в том числе 5 статей в журналах, рекомендуемых ВАК РФ (2 из которых ходят в базу данных Scopus).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует п.5 (Технология мясной, молочной и рыбной продукции и холодильных производств), п.10 (Механизмы и прогнозирование трансформаций сырья и пищевых продуктов на различных этапах жизненного цикла продукта), п.13 (Технология функциональных и специализированных продуктов, пищевых добавок и ингредиентов), п.28 (28 Стандартизация и управление качеством пищевой, кормовой, парфюмерно-косметической, табачной и иной продукции), паспорта специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Личный вклад автора. Вклад автора заключается в постановке задач, выборе объектов исследований, планировании и выполнении основного объема исследований. Все экспериментальные результаты, вошедшие в диссертационную работу, получены автором лично или совместно с соавторами опубликованных по теме работ. Во всех работах, которые выполнены в соавторстве, автор непосредственно участвовал в получении, обработке и анализе результатов исследований.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, библиографического списка, содержащего 160 наименований и 8 приложений. Основная часть изложена на 154 страницах, включает 21 таблицу и 42 рисунка.

ГЛАВА 1. Аналитический обзор литературы

1.1 Нормативно-техническое регулирование производства и оборота функциональных пищевых продуктов в мировой практике

Сегодня в международной практике производство и оборот ФПП зачастую регулируется общими законами о пищевых продуктах [12]. Однако, во многих странах существует отдельный свод правил, вытекающий из нормативной документации о пищевых продуктах, регулирующий производство и оборот ФПП наравне с нутрицевтиками и БАД. Форма регистрации ФПП в таких странах дополнительно включает процедуру подтверждения наличия отличительных свойств или эффективности продуктов для здоровья.

По данным Mordor Intelligence [12], объем мирового рынка функциональных пищевых продуктов в 2021 году оценивался в 180 843,73 млн долларов США, и ожидается, что его CAGR (среднегодовой прирост) к 2027 году достигнет 2,71%. За последние годы COVID-19 оказал благотворное влияние на рост интереса потребителей к здоровому питанию, при этом увеличилось число потребителей ФПП и БАД.

Понятие ФПП сформировалось в процессе исследования, проведенного в середине 1980-х годов Министерством образования, науки и культуры Японии (*Reports of Systematic Analysis and Development of Food Functionalities, март 1988г.*). Это исследование включало анализ трёх основных функций пищи, в том числе третичной – регулирующей физиологию, открытие которой стало первым шагом к созданию «*Functional Foods*» или ФПП. Разработка нормативно-правовых требований к ФПП, отражающих четкое разграничение с лекарственными средствами, было возложено на Министерство здравоохранения Японии (*Ministry of Health, Labour and Welfare*) [14]. Позже, в 1991 году, маркировку «*Functional Foods*» изменили на более точное определение - FOSHU (*Food for specific health use*), а 1995 году в перечень

продуктов FOSHU ввели витаминно-минеральные комплексы и биологически-активные добавки.

В связи с ростом интереса потребителей к ФПП большинство развитых стран стремились занять данную рыночную нишу. Схема получения клейма FOSHU была сложна и включала доказательства эффективности доклиническими и клиническими испытаниями [15]. Влияние иностранных государств на политику в отношении ФПП спровоцировало MHLW на создание новой категории продуктов питания – FNFC (*Food with Nutrient Function Claims*) в 2001 году. Присвоение клейма FNFC осуществляется при наличии в продукте ФПИ в установленных содержаниях. Схема процедуры присвоения клейма FNFC изложена в Приложении 1. Перечень функциональных веществ, входящих в группу функциональных продуктов FNFC состоит из 12 витаминов, 6 минеральных веществ и одной группы макронутриентов – ПНЖК [8, 16, 17].

В 2015 году в Японии была запущена реформа системы законодательных актов, регулирующих производство и оборот пищевых продуктов. С этого момента для продуктов с добавленной пищевой ценностью введена классификация, включающая 4 группы: FOSHU (Food for Specified Health Use), FFC (Food with Function Claims), FNFC (Food with Nutrient Function Claims), FOSDU (Food for Special Dietary Uses) [18]. Для FFC и FNFC сертификация была и остается добровольной, однако необходимы лабораторные исследования для подтверждения функциональных свойств продукта.

В США контроль производства и оборота БАД и пищевых продуктов осуществляет FDA. Закон о маркировке БАД и пищевых продуктов (NLEA) разработан в 1990 году [19] и направлен на регламент маркировки питательных веществ, указанной на упаковке пищевых продуктов, характеризующей уровень содержания функциональных веществ и пользу для здоровья. Процедура проверки функциональных свойств продукта подразумевала клинические исследования на пациентах с алиментарно-зависимыми заболеваниями по стандарту Significant Scientific Agreement и

предназначалась скорее для специализированных пищевых продуктов, чем для функциональных [20]. Современная классификация и определение ФПП в США показаны на Рисунке 1. Для подтверждения функциональных свойств пищевых продуктов и размещения соответствующего клейма на упаковке в США необходимы подтвержденные данные о содержании ФПИ и доклинических исследований или клинических испытаний данного или аналогичного ФПИ, опубликованными в научной литературе [21].

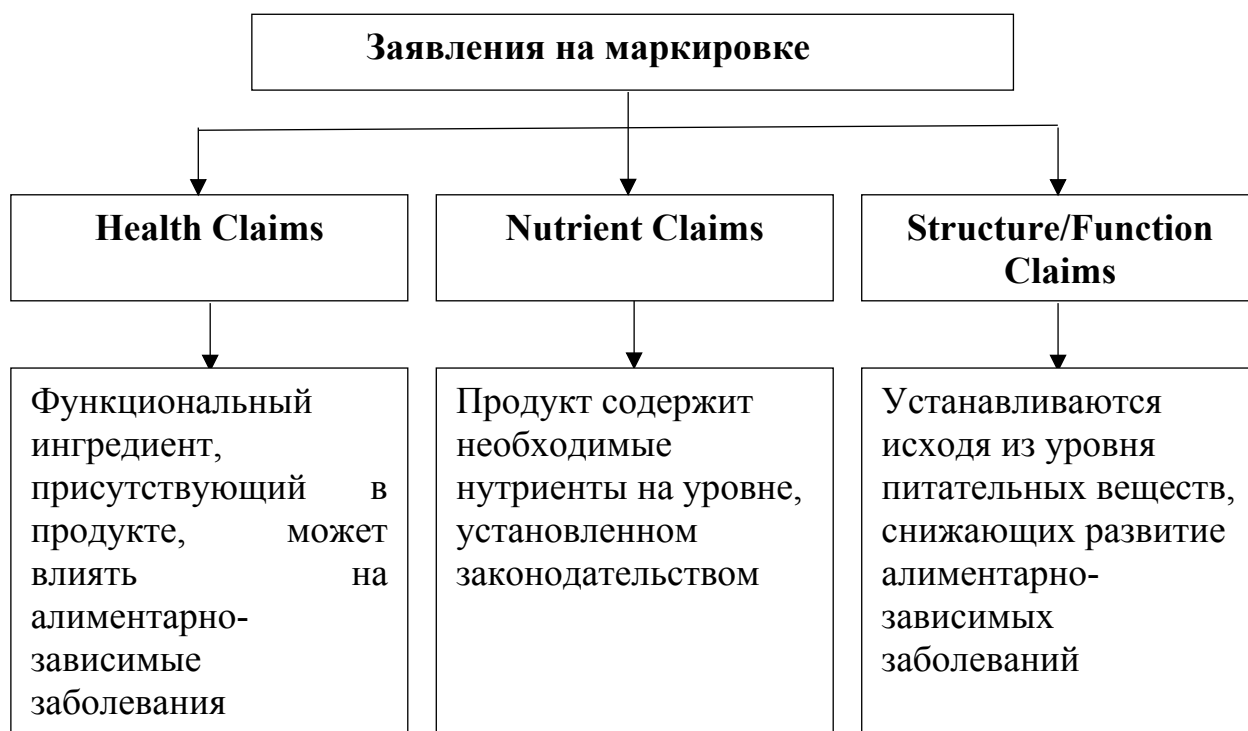


Рисунок 1 - Заявления на маркировке функциональных продуктов в США

Закон о модернизации FDAMA в 1997 году расширил возможности использования научных данных о ФПП, поступающих из федеральных научных учреждений, не входящих в структуру FDA или НАН. В результате ряда судебных решений по известному делу Пирсона против Шалалы в 1999 году [20] FDA разрешило использовать клейм «Qualified health claims» (QHC) для описания заявлений о профилактическом эффекте [22] без клинических испытаний. В 2003 г. опубликован регламент FDA по отношению к ФПП, согласно которому, содержание ФПИ в продукте должно быть не менее 20% от суточной нормы потребления.

ФПП в Китае определяются понятием Health Food и предназначены такие продукты для употребления в пищу определенными группами населения для поддержания жизненных функций организма. Отличительные признаки ФПИ, входящие в состав Health Food, включают 27 понятий (Приложение 2) [15]. Схема процедуры присвоения клейма Health Food осуществляется под надзором CFDA и изложена в Приложении 3.

В Европе оборот продуктов, благотворно влияющих на целевые функции в организме и способствующие снижению риска развития заболеваний (FUFOSSE) осуществляется наравне с БАД и регулируется Регламент (ЕУ) № 1925/2006 Европейского Парламента и Совета [23-24]. Перечень допустимых к обогащению веществ перечислен в данном документе, одобрен Научным комитетом по пищевым продуктам в заключении от 12 мая 1999 года и принят Директивой 2002/46/ЕС Европейского парламента и Совета от 10 июня 2002 года. Максимальный уровень внесения ФПИ установлен Директивой 2002/46/ЕС с учетом потребления их из других источников. Минимальный уровень внесения регулируется государствами-членами ЕС с помощью национальных стандартов. Для регистрации ФПП в ЕС Регламентом 2015/2283 установлен порядок, изложенный в Приложении 3.

В странах РФ производство и оборот ФПП регулируется ТР ТС 021/2011 наравне с остальными пищевыми продуктами [25]. Определение ФПП изложено в ГОСТ Р 52349–2005 [26]. В отличие от специализированной пищевой продукции, для которой в 2012 году был принят ТР ТС 027, для ФПП не предусмотрено отдельного регламента, хотя данные пищевые продукты нуждаются в особом контроле качества и безопасности. Разработка стандартов на ФПП и методы анализов в рамках технической стандартизации находятся в области полномочий ТК 036 «Продукция пищевая специализированная». В состав ТК 036 входят Роспотребнадзор, Деппищепром Минсельхоза России, ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, а также 20 НИИ, 13 АНО и 17 коммерческих организаций.

В настоящее время ТК 036 для ФПП разработано 8 методических ГОСТ Р для осуществления анализа продуктов на показатели качества и 5 информативных ГОСТ Р для идентификации данных продуктов (Таблица 1).

Таблица 1 - Национальные стандарты на ФПП и методы исследований ФПП

№	Номер	Наименование
1	ГОСТ Р 52349-2005	Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения
2	ГОСТ 33933-2016	Продукты диетического (лечебного и профилактического) питания. Смеси белковые композитные сухие. Общие технические условия
3	ГОСТ Р 54014-2010	Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом
4	ГОСТ Р 54060-2010	Продукты пищевые функциональные. Идентификация. Общие положения
5	ГОСТ Р 54059-2010	Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования
6	ГОСТ Р 54058-2010	Продукты пищевые специализированные и функциональные. Метод определения каротиноидов
7	ГОСТ Р 54637-2011	Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина D3
8	ГОСТ Р 54635-2011	Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А
9	ГОСТ Р 54634-2011	Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е
10	ГОСТ Р 56139-2014	Продукты пищевые функциональные. Метод определения и подсчёта пробиотических микроорганизмов
11	ГОСТ Р 56201-2014	Продукты пищевые функциональные. Метод определения бифидогенных свойств
12	ГОСТ Р 56145-2014	Продукты пищевые функциональные. Методы микробиологического анализа
13	ГОСТ Р 55793-2013	Продукты пищевые функциональные. Биологически активные добавки к пище. Требования к прослеживаемости
14	ГОСТ Р 56543-2015	Напитки функциональные, Общие технические условия

Процедура декларирования соответствия для нанесения соответствующей маркировки на упаковку ФПП в настоящее время является добровольной. При этом, на упаковку в обязательном порядке наносится информация о содержании пищевых и биологически активных веществ в 100 см³ или 100 г или разовой порции продукта. Поскольку содержание данных веществ измеряется в мг и мкг, дополнительное их внесение в продукт на стадии технологической обработки осуществляется в составе матрицы-носителя для равномерного распределения в продукте. Как показывает практика, содержание ФПИ в обогащающих премиксах также может снижаться в процессе хранения и зависит от внешних и внутренних факторов [26-29]. Расчет внесения БАВ должен осуществляться с учетом технологических потерь и деградации их в процессе хранения с учетом срока годности продукта. Кроме наличия БАВ к отличительным признакам ФПП относится отсутствие или сниженное содержание веществ, способствующих риску развития алиментарно-зависимых заболеваний, что показывает сходство ФПП со специализированными пищевыми продуктами. Отечественными учеными предложена классификация пищевых продуктов с добавленной пищевой ценностью (Рисунок 2) [30, 31].

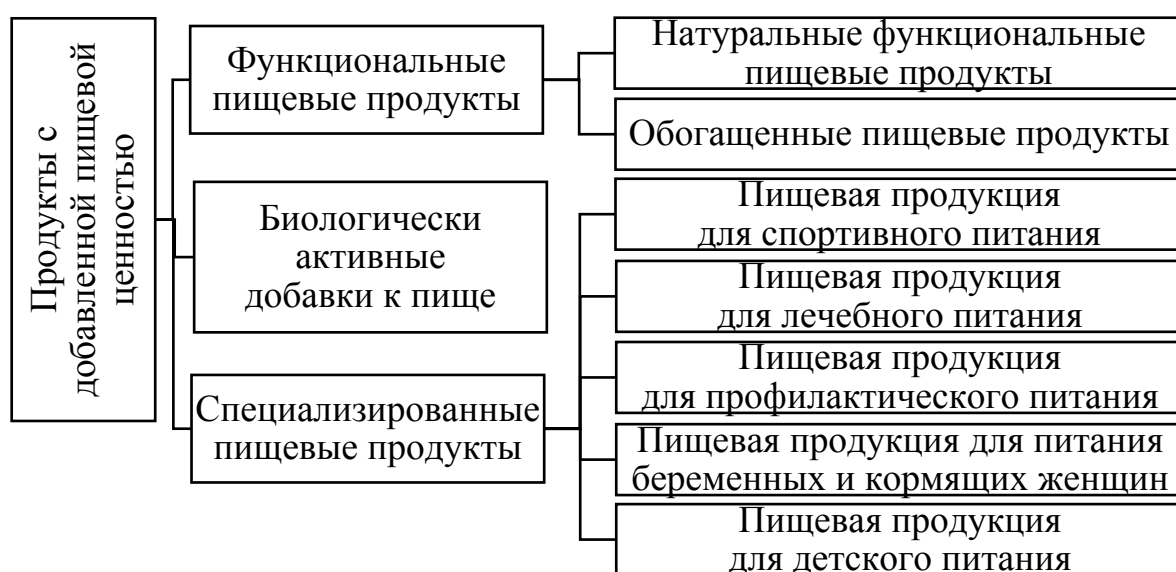


Рисунок 2 - Классификация пищевых продуктов с добавленной пищевой ценностью

Согласно определению, приведенному в ГОСТ Р 52349-2005, ФПП это «специальный пищевой продукт ... предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе ФПИ», а обогащенный пищевой продукт это ФПП, получаемый *добавлением* одного или нескольких ФПП к традиционным пищевым продуктам в количестве, обеспечивающем предотвращение или восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ и (или) собственной микрофлоры. Эффективность ФПП подлежит научному обоснованию и подтверждению в рамках экспериментальных исследований в порядке, установленном нормативными правовыми актами Российской Федерации, национальными и международными стандартами, сводами правил и (или) правилами и методами исследований (испытаний) и измерений, в том числе правилами отбора образцов [32].

Согласно СанПиН 2.3.2.2804-10 «...количество витаминов и минеральных веществ, дополнительно вносимых в обогащаемые ими продукты, должно быть рассчитано с учетом их естественного содержания в исходном продукте или используемом для его изготовления сырье, а также потерь в процессе производства и хранения с тем, чтобы обеспечить содержание этих витаминов и минеральных веществ на уровне не ниже регламентируемого в течение всего срока годности обогащенного продукта» [33]. В целях создания условий для производства обогащенной пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества, в том числе специализированных, функциональных и обогащенных, а так же органических пищевых продуктов, необходимо обеспечить проведение научных исследований, направленных на сохранения качества пищевой продукции и совершенствование системы мониторинга качества и безопасности пищевой продукции [10]. В связи с потерями БАВ, которые могут происходить вследствие химической и физической трансформации или деградации в процессе технологической переработки или хранения, при

производстве функциональных пищевых продуктов должна быть внедрена система контроля их качества на всем жизненном цикле продукта.

Кроме того, в соответствии с п. 27 плана реализации Стратегии 2030, создание условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества включает ежегодную разработку методологии подтверждения эффективности (пользы для здоровья) специализированной и функциональной пищевой продукции в форме отчетов о научно-исследовательских работах, а также разработку методов обоснования сроков годности пищевых продуктов и оценки сохранности эссенциальных пищевых и биологически активных веществ [11].

1.2 Оценка йододефицита и пути его коррекции

Программы по йодированию соли приняты во 125 странах мира, однако в связи со стратегией сокращения потребления соли совместимость данных инициатив представляется затруднительной [1, 3]. Снижение содержания натрия в продуктах питания практикуется в 44 странах мира [4]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) содействует как осуществлению программ по сокращению потребления соли населением в качестве одной из экономически эффективных стратегий снижения уровня алиментарно-зависимых заболеваний, так и всеобщему йодированию соли для профилактики и борьбы с йододефицитными заболеваниями [5].

Министерством здравоохранения Российской Федерации в 2021 году разработан проект федерального закона «О профилактике заболеваний, вызванных дефицитом йода». Согласно тексту законопроекта, к мероприятиям по профилактике йододефицитных заболеваний относится использование поваренной йодированной соли при изготовлении пищевых продуктов и для досаливания домашней пищи, установление требований к размещению йодированной соли и продуктов её содержащих в месте их продажи, обогащение пищевых продуктов йодом, а так же информирование населения

о последствиях йододефицита и способах их профилактики [2]. Кроме того, Минздравом в 2004 году разработаны методические рекомендации по применению йодказеина [6], устанавливающие основные принципы применения биологически активной добавки в качестве средства предупреждения йододефицитных заболеваний населения.

Рациональным способом обеспечения достаточного содержания йода для населения может быть употребление продуктов питания, богатых природным йодом, либо содержащих добавленный йод в органической форме. Диверсификация рациона с увеличением содержания морепродуктов может быть эффективной, но не всегда возможной по причине высокой стоимости продуктов этой категории. Отечественными учеными разработан ряд технологий производства биологически активных добавок, содержащих йод, связанный с органическими носителями – аминокислотами и полисахаридами, применяемыми при производстве функциональных и специализированных продуктов питания.

Согласно Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года (далее – Стратегия 2025) обеспечение здоровья нации осуществляется посредством увеличения продолжительности и повышения качества жизни за счет профилактики заболеваний и полноценного питания, а именно ликвидации микронутриентной недостаточности, прежде всего, дефицита йода [7]. Обеспечение профилактики неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваний возможно в условиях обеспечения достаточного поступления основных пищевых веществ в соответствии с физиологической нормой потребления, а также сокращения потребления пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами, провоцирующими развитие ряда заболеваний населения [8], [9]. Продукты с заданными характеристиками качества являются основным средством при организации сбалансированного питания для всех групп населения.

Йод является одним из важнейших микроэлементов для здоровья человека и необходим для синтеза гормонов щитовидной железы Т4 и Т3.

Йододефицитные состояния могут повлечь за собой ряд физиологических расстройств и нарушение биологических функций организма и, как следствие, развитие таких заболеваний как зоб и его осложнения, гипотиреоз, нарушений когнитивных функций [39]. Среди йоддефицитных патологий во время беременности выявляются такие как мертворождение, неврологический кретинизм и врожденные аномалии (карликовость, умственная отсталость, глухонмота, косоглазие и пр.) [40, 41].

По статистике ВОЗ 1/3 населения Земли проживает в йододефицитных регионах, а количество человек, подверженных риску недостаточного потребления йода достигает 2 млрд. (Рисунок 3). Исследование уровня потребления йода в 2005-2020 гг. [43] отражает статистические данные уровня потребления йода, представленные некоммерческой организацией по устойчивой ликвидации йода IGN. Уровень потребления йода оценивался по медианной содержания йода в моче у детей школьного возраста [42].

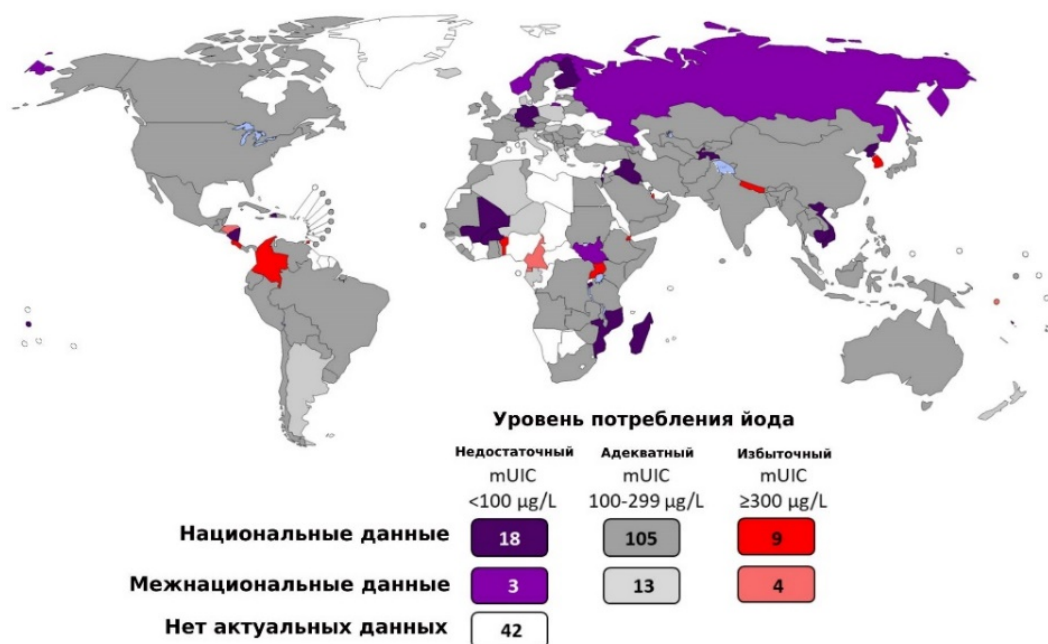


Рисунок 3 - Исследование уровня потребления йода в 2005–2020 гг. [43]

Российская Федерация находится в первой десятке списка стран, население которых испытывает йодную недостаточность [44]. Регионы, пострадавшие от последствий на Чернобыльской АЭС по сей день являются эндемичными по зобу [45]. По данным ФГБУ «НМИЦ эндокринологии»

Минздрава России ежегодно оказывается медицинская помощь 1,5 млн взрослых и 600 тысяч детей с нарушениями эндокринологического характера на территории РФ. Ежегодное медицинское обслуживание пациентов в этом случае составляет 250 млн рублей, что в 5 раз превышает средства, рассчитанные на мероприятия по профилактике и предотвращению всех йододефицитных заболеваний в России.

Физиологическая потребность в йоде для всех групп населения установлена Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей в МР от 2021 года и составляет для взрослых – 150 мкг/сутки, для детей – от 70 до 150 мкг/сутки [8]. Для отдельных групп населения суточная потребность в йоде рассчитывается индивидуально, например, для беременных женщин значение составляет от 200 до 250 мкг/сутки. Фактическое потребление йода россиянами составляет 40–80 мкг/сутки, что ниже установленных норм для взрослого человека в 3 раза.

Тенденция к снижению содержания продуктов животного происхождения в рационе также способствует упадку уровня потребления йода с пищей, поскольку основная масса растительного сырья не содержит йод в необходимых количествах, а дополнительному обогащению подвергается лишь небольшая часть таких продуктов [46, 47]. Употребление морских водорослей и морепродуктов значительно повышает вероятность получить необходимое количество йода без включения в рацион дополнительных источников [48], но этот способ является недоступным для большинства россиян по причине территориальной удаленности от мест вылова и производства, и высокой стоимости данных продуктов по причине дорогостоящей транспортировки. Обогащение пищевых продуктов широкого потребления витаминно-минеральными комплексами на сегодняшний день является эффективным способом предотвращения дефицита питательных микроэлементов [49] и в перспективе снижает частоту возникновения алиментарно-зависимых заболеваний населения, что значительно улучшает

демографическую ситуацию в стране и экономит часть бюджета, расходуемую на лечение подобного рода болезней.

Решению вопросов восполнения йододефицита в регионах, эндемичных по зобу уделено много работы, в том числе научной [50, 51] и практической [52, 53]. Йодированная соль в настоящее время самый распространенный продукт, обогащенный йодом. Программы по йодированию соли распространены в 125 странах мира [54], но, в тоже время в 44 из них приняты программы по сокращению натрия в продуктах питания, [44]. ВОЗ содействует обеим программам, с одной стороны для профилактики и борьбы с йододефицитными заболеваниями, а с другой для снижения уровня алиментарно-зависимых заболеваний по причине переизбытка натрия [55]. В 2022 году Роспотребнадзором разработан законопроект о проведении эксперимента по внедрению в производство обогащенных йодом пищевых продуктов (прежде всего соли) в йододефицитных регионах Российской Федерации [53]. Физиологическая норма потребления соли в день для взрослого человека согласно рекомендациям Роспотребнадзора составляет не более 5 грамм в сутки [8], что является ограничивающим фактором при организации профилактики нарушений здоровья, обусловленных йододефицитными состояниями, с помощью включения в рацион йодированной соли. Кроме того, йодированная соль содержит в себе неорганическую форму йода, что значительно снижает его усвояемость организмом человека [56], а также может способствовать разрушению тиамина в пищевых продуктах [57]. Об использовании йодированной соли в промышленно переработанных пищевых продуктах в качестве функционального пищевого ингредиента подробнее описано в п. 1.3.

Минздравом РФ в 2004 году разработаны методические рекомендации по применению йодказеина [6], устанавливающие основные принципы применения биологически активной добавки в качестве средства предупреждения йоддефицитных заболеваний населения. Кроме того, отечественными учеными разработан ряд технологий производства

биологически активных добавок, содержащих йод, связанный с органическими носителями – аминокислотами и полисахаридами, применяемыми при производстве функциональных и специализированных продуктов питания. Данные ингредиенты могут использоваться в производстве промышленно переработанных продуктов, однако при этом необходимо внедрение системы контроля количественного содержания йода в исходном сырье и на протяжении всего жизненного цикла продукта.

Таким образом, проблема обеспечения населения достаточным количеством йода, сохранность и биологическая доступность йода являются актуальными, особенно на территории Российской Федерации. Особое внимание в данной научной работе уделено вопросам обеспечения и гарантии качества при производстве функциональных пищевых продуктов. Работа посвящена мероприятиям по сохранению максимального количества йода в процессе технологической обработки и хранения, что означает гарантию наличия ФПИ в продукции с заявленными функциональными свойствами в пределах установленных сроков годности.

1.3 Современные формы йодсодержащих пищевых компонентов

В нативном состоянии йод содержится в некоторых фруктах и ягодах (клюква, хурма, фейхоа), а также накапливается в тканях морских растений и животных посредством биоаккумуляции из морской воды [58, 59]. При этом содержание йода в водорослях может зависеть от сезонности [60], а в тканях морских промысловых животных от вида, возраста, периода размножения и географического ареала. Морская рыба и морепродукты имеют высокую стоимость и, в связи с этим могут быть недоступны к потреблению в слоях населения средний и ниже среднего, а употребление в пищу морских водорослей только начало набирать популярность у жителей Европы и центральной Азии [61]. Продукция аквакультуры является доступным

аналогом сырью, извлеченному из водных биологических ресурсов, однако химический состав данной продукции полностью зависит от технологии выращивания и способа откорма, что может полностью исключать наличие йода в продукте.

Биофортификация – доступный способ увеличения содержания нутриентов в пищевых продуктах, известный также как «прижизненное формирование функциональных свойств сырья», успешно применяющийся в практике обогащения йодом аквакультуры [62, 63]. Данный способ также нашел применение в практике выращивания продуктивных сельскохозяйственных животных [64]. Изначально применение обогащающих премиксов в кормах для животных осуществлялось для повышения продуктивности молочных коров и яйценоскости кур-несушек, но в последствии было выявлено накопление йода в тканях животного, молоке и яйцах [65, 66, 67], что открыло новые перспективы в технологии прижизненного формирования свойств сырья животного происхождения.

В п. 1.2 дана мировая статистика по употреблению йода с пищевыми продуктами, согласно которой, йодированная соль является основным источником йода на сегодняшний день. В состав данного компонента входят неорганические соединения йода в виде йодида калия (KI) или йодата калия (KIO_3). Устойчивость к технологическому воздействию различных форм йода в составе пищевых продуктов и остаточное содержание йода в процессе хранения исследовалась на базе ФГБНУ «Федеральный научный центра пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН [68] и результаты свидетельствуют о значительных потерях йода при использовании йодированной соли в качестве обогащающей добавки. Данная теория подтверждается исследованиями зарубежных коллег, изучавших применение йодированной соли для производства ФПП [69], проводивших анализ хлебобулочных изделий [70], а также переработанных продуктов на основе мясного и рыбного сырья [71] с добавлением йодированной соли.

Органическая форма йода более устойчива к воздействию внешних факторов, таких как температура и влажность, а также химически менее реакционноспособна, что характеризует её как более стабильную при использовании в составе промышленно переработанных продуктов. Кроме того, органические формы йода менее токсичны и рекомендованы к использованию при производстве специализированных пищевых продуктов, таких как лечебно-профилактическое, диетическое, детское, а также функциональное питание [72].

На сегодняшний день из органических форм йода наиболее детально исследованы йодсодержащие ингредиенты на основе белков молочной сыворотки и молочного белка. Отечественный рынок представлен двумя наименованиями подобных пищевых ингредиентов: Биойод – действующее вещество - йодтирозины, синтезированные на основе молочных белков и Йодонорм – действующее вещество – ковалентно связанный йод в составе сывороточных белков. Содержание йода в данных ингредиентах находится в диапазоне от 2 до 9%, а анализ остаточного содержания в продуктах промышленной переработки свидетельствует о высокой стабильности соединений [73]. Минздравом Российской Федерации разработаны методические рекомендации по применению йодказеина для предупреждения йоддефицитных заболеваний [6] в том числе в составе пищевых продуктов, обогащенных йодказеином, включающие рекомендации по организации контроля за обогащением пищевых продуктов йодказеином и использованием его среди населения.

Биойод и Йодонорм сохраняют эффективность по отношению к коррекции йододефицитных состояний в составе пищевых продуктов, что доказано методом *in vivo* [74] и клиническими исследованиями [74]. В научно-технической литературе использование данных добавок упоминается при разработке рецептур кисломолочных продуктов [76], творога с функциональными свойствами [77], продуктов на основе мясного сырья [78], а также кондитерских изделий [79].

Обзор научно-технической литературы за последние 7 лет свидетельствует о наличии исследований в области синтеза йодсодержащих пищевых добавок на основе белков различного происхождения. Известен способ получения источника йода в виде БАД на основе гидролизата соединительнотканых белков, разработанный на базе ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет» [80]. Применение данной субстанции является перспективным в технологии продуктов на основе мясного сырья. Функциональные свойства добавки доказаны методом *in vivo* в условиях моделирования симптомов гипотиреоза у лабораторных животных [81].

Европейскими учеными описана технология получения йодированного изолята соевых белков, подразумевающая обогащение носителя посредством вымачивания его в растворе йодида калия, при этом содержание связанного йода достигает 480 мкг на 1 г соевого белка. Стабильность соединения при использовании добавки в продуктах из мяса и эффективность в отношении профилактики йододефицитных состояний доказана на базе лаборатории University of Life Science in Poznan [82]. Технология обогащения соевой муки йодом имеет ряд преимуществ перед технологией обогащения соевого изолята, а именно - отсутствие необходимости внесения пероксидазы и каталазы для осуществления реакции присоединения йода к остаткам тирозина и возможность использования сырья, полученного от переработки сои без дополнительной обработки, что доказано коллегами ВСГТУ и БГСА [83]. Сохранность в процессе технологической обработки мясных изделий, содержащих йодированную соевую муку и эффективность в отношении профилактики гипотиреоза методом *in vivo* с использованием крыс линии Wistar, получавшим мерказолил в течение 14 дней, также доказаны авторами данной работы.

Кроме обогащения продуктов йодом в процессе технологической обработки, известен способ получения обогащенной йодом муки с помощью проращивания зерен сельскохозяйственных культур в растворе йодида калия,

высушиванием их в щадящих температурных условиях и измельчением [84]. При этом высокое содержание йода в муке сохраняется на протяжении 12 месяцев. Помимо замены обычной муки на йодированную при производстве хлебобулочных изделий [85], применение йодированной пшеничной муки апробировано в лабораторных условиях в рецептуре варено-копченых колбасных изделий [86].

Углеводы и полисахариды имеют высокий потенциал в качестве носителя йода. БАД «Фитойод» представляет собой органическое соединение йода с пектином. Биологическая активность йодпектиновых соединений исследовалась методом *in vivo* на крысах, кроликах и козах в условиях моделирования гипотиреоза учеными из МГУТУ в диссертации на соискание ученой степени доктора наук [87], а технология изготовления БАД запатентована автором диссертации [88]. Применение на пищевом производстве Фитойода апробировано в технологии обогащенных молочных продуктов молочноконсервного комбината Башкортостана [89], а сохранность йода исследована в составе хлебобулочных изделий [80].

ФПИ на основе нерастворимых пищевых волокон - йодированный арабиногалактан получают путем растворения гидратированного элементарного йода в суспензии волокон хвойных пород деревьев [90]. Данный ингредиент обладает стабилизирующей способностью по отношению к белково-жировой эмульсии, что позволяет использовать её в технологии продуктов из сырья животного происхождения, однако стабильность соединений йода находится на низком уровне и требует дальнейших исследований. Известны способы получения йодированного инулина [91] и йодированного ребаудиозида А [92], разработанные на базе МГУТУ им. К. Г. Разумовского. Данные ФПИ представляют собой органические устойчивые соединения йода с полисахаридами [93]. Исследования на лабораторных животных показали высокую эффективность в отношении здоровья потомства в условиях моделирования гипотиреоза у животных-родителей [94].

Носителем йода также могут быть растительные масла, обогащаемые путем этерификации ненасыщенных жирных кислот по двойным связям [95]. Эффективность данной формы йода в виде йодированного макового масла в профилактике йододефицитных заболеваний сравнима с приемом фармацевтического препарата йода внутривенно, что доказано в эксперименте с участием алжирских школьников на протяжении 12 месяцев [96]. Также, бельгийскими учеными доказана эффективность применения йодированного масла в качестве профилактического средства на взрослом населении мужского и женского пола в районе Заира, эндемичного по зобу [97]. Йодированное масло не нашло применения в практике пищевой промышленности и используется только как биологически активная добавка.

Неорганическая форма йода может быть стабилизирована в органической матрице, например в составе аминополисахарида хитозан с добавлением геллановой камеди. Известен способ получения йодированного хитозана [98], доказана его эффективность в отношении крыс линии Whistar методом *in vivo*. Применение данного ФПИ в технологии молочнокислых продуктов апробировано в лабораторных условиях [99], а также выявлена антиоксидантная активность в отношении свободнорадикального перекисного окисления липидов методом *in vitro* [100]. Испытаний по сохранности йода в пищевых продуктах, обогащенных данной добавкой, не проводилось, но поскольку основой добавки является аминополисахарид, можно предположить, что потери йода в условиях жестких технологических режимов будет минимальной, по аналогии с добавками на основе аминокислот.

Поскольку йод в соединении с носителями различной природы имеет неодинаковую устойчивость к внешним воздействиям, необходимо учитывать режимы технологической обработки продуктов, обогащаемых данными ингредиентами. Технология обогащения пищевых продуктов предполагает выбор технологической стадии и способа внесения обогащающей добавки, а также подбор подходящей формы ФПИ. От технологии обогащения зависят стабильность, биодоступность, органолептические свойства, безопасность,

стоимость и практичность производства ФПП. По результатам обзора научно-технической литературы составлена сравнительная таблица потерь йода при термической обработке продуктов, содержащих вышеперечисленные ингредиенты (Таблица 2).

Таблица 2 - Потери йода в процессе термической обработки и в процессе хранения

Источник данных	Наименование йодсодержащего компонента	Пищевой продукт, содержащий йодированный компонент	Режим термообработки	Потери йода в процессе термической обработки	Потери йода к концу срока годности готового продукта, содержащего добавку*	Продолжительность хранения продукта
[68, 77]	Йодированная соль	Колбасные изделия	85°С	35,9%	Более 70%	20 сут
	Биойод			12,2%	20,7%	21 сут
	Йодказеин			3,2%	52,5%	21 сут
[37]	Йодированный эластин	Нет данных				
[37]	Йодированный соевый белок	Мясные рубленые изделия, приготовленные на пару, замороженные	100°С	7%	54%	150 сут
[37, 71]	Йодированные пищевые волокна, полученные из пшеницы			3%	47%	150 сут
[99, 100]	Йодхитозан	Нет данных				
[86, 87]	Фитойод	Хлебобулочные изделия	220°С	-	4%	90 ч
[74]	Йодированный инулин			-	до 80%	30 сут
[90]	Йодированный арабиногалактан	Мясные рубленые изделия, приготовленные на пару, охлажденные	100°С	0%	40%	24 ч
[95, 96]	Йодированное масло	Нет данных				

*данные исследований за последние 10 лет, опубликованных в научных изданиях

Наиболее устойчивыми к термической обработке и хранению формами йода являются органические соединения с аминокислотами: биойод, йодказеин, йодированный соевый белок. Исследования продуктов, обогащенных йодированной солью, показали самые большие потери йода и на этапе термообработки, и в процессе хранения, что характеризует данный ФПИ как малопригодный для использования в составе переработанных продуктов.

Анализ данных в таблице 3 свидетельствует о присутствии значительных различий в части сохранности йода при различных условиях технологической обработки и в процессе хранения в соответствии с видом пищевого продукта. Поскольку отличительным свойством ФПП является содержание ФПИ в одной порции / в 100 граммах продукта, способное удовлетворить от 15 до 50% суточной нормы потребности человека (в данном случае потребности в йоде), содержание ФПИ должна рассчитываться с учетом возможных потерь на всем жизненном цикле продукта. Доказательная база при исследовании положительного эффекта оказываемого на здоровье человека от употребления ФПИ, должна быть обоснована с помощью методов доказательной медицины. Правила маркировки ФПП допускают нанесение на упаковку информации о содержании ФПИ на 100 грамм или на порцию продукта, а также информации об ожидаемом благоприятном влиянии ФПИ на состояние организма человека при систематическом употреблении ФПП [101]. Подробная информация об отличительных признаках и эффективности функциональных пищевых продуктов, используемых при маркировке ФПП и ФПИ, изложена в ГОСТ Р 55577–2013 [32].

Для производства качественных йодсодержащих ФПП необходимо внедрение системы контроля на тех этапах технологической переработки, которые могут повлиять на сохранность йода. Кроме того, важной частью системы контроля качества ФПП является закладка готового продукта на хранение с отслеживанием содержания йода до конца срока годности.

1.4 Современные системы контроля качества и безопасности пищевых продуктов

Качество представляет собой степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта установленным требованиям [102]. По определению ВОЗ и ФАО, обогащение пищевых продуктов функциональными ингредиентами определяется как «добавление в пищу питательных нутриентов, потерянных во время технологической обработки», в то время как термин фортификация означает «преднамеренное увеличение содержания основных питательных микроэлементов в пище в целях улучшения питательных качеств пищевых продуктов и обеспечения пользы для здоровья населения с минимальным риском для организма» [103]. В случае с обогащенными продуктами питания одной из качественных характеристик является наличие функциональных пищевых ингредиентов в количестве, обеспечивающих предотвращение или восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ и (или) собственной микрофлоры [26]. Для функциональных пищевых продуктов характерна количественная оценка содержания функциональных ингредиентов, показатели которой рассчитываются исходя из норм физиологических потребностей организма и лежат в пределах 15-50% от суточной нормы потребления [8, 104]. Эффективность ФПП по отношению к здоровью человека подлежит научному обоснованию и подтверждению в рамках экспериментальных исследований в порядке, установленном национальными и международными стандартами.

В соответствии с МР 2.3.7.0168–20 мониторинг качества и безопасности пищевой продукции и оценка доступа к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, являются составными частями социально-гигиенического мониторинга. Мониторинг пищевой продукции позволяет выявлять не соответствующие установленным значениям по показателям качества (этикеточная надпись, результаты

исследований) и безопасности (результаты исследований) пищевые продукты [105].

Постоянное улучшение качественных характеристик продукта является прямым путем повышения эффективности производства для любой компании в условиях современной экономики, обеспечивающем стабильность и конкурентоспособность на рынке [106]. Обеспечение качества продукции способствует повышению демографического уровня и является основным фактором развития любой страны [107]. Кроме того, высококачественные продукты отечественного производства имеют высокий потенциал для экспорта на внешний рынок, что также является фактором интенсификации экономики.

Восемь ключевых тенденций являются стимуляторами роста рынка ФПП: (1) конвергенция ряда категорий на рынке; (2) ускоренный рост производства функциональных продуктов и напитков; (3) кобрендинговые партнерские отношения между поставщиками и производителями ингредиентов; (4) повышение внимания к научным исследованиям в области пищевой промышленности; (5) растущий спрос на экологически чистые и органические продукты; (6) расширение ассортимента продуктов здорового питания по мере увеличения числа потребителей, заботящихся о своем здоровье; (7) создание и популяризация инновационных форм биологически активных веществ; (8) подъем миллениалов и новая парадигма здорового образа жизни [108]. Совокупность данных факторов является стимулирующей для модернизации системы обеспечения качества и безопасности пищевой продукции, в том числе функциональных пищевых продуктов и напитков.

Федеральный закон о качестве и безопасности пищевых продуктов определяет формулировку термина следующим образом: «Качество пищевых продуктов - совокупность характеристик безопасных пищевых продуктов, отвечающих требованиям, установленным в соответствии с законодательством Российской Федерации, условиям договора, образцу, документам по стандартизации, технической документации, определяющим

их потребительские свойства, пищевую ценность, аутентичность, сортность (калибр, категорию и иное), и удовлетворяющих физиологические потребности человека» [109]. При этом, для отдельных групп пищевых продуктов существуют уникальные показатели качества, являющиеся для таких продуктов отличительными признаками. Отличительным признаком ФПП является наличие в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов, обладающих способностью оказывать благоприятный эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении. При этом содержание ФПИ в одной порции или в 100 г ФПП должно находиться в пределах 15-50% от суточной нормы физиологической потребности [26]. Более подробно информация о качественных характеристиках йодсодержащих функциональных пищевых продуктов и ингредиентов изложена в п. 1.3.

На качество пищевой продукции, в том числе функциональных пищевых продуктов, оказывают влияние следующие факторы:

- характеристики исходного сырья, материалов и упаковки;
- сбалансированность рецептуры;
- технологические режимы переработки;
- квалификация персонала;
- организация системы контроля качества;
- условия хранения и транспортировки.

В дальнейшем качество ФПП формируется при проектировании рецептуры и технологической схемы производства с учетом ключевых требований безопасности. Разработка ФПП осуществляется на базе научной концепции функциональных продуктов питания с учетом состава и свойств пищевых продуктов, входящих в рацион питания населения РФ [110]. Значимым фактором является качество исходного сырья, формирующего функциональные свойства продукта, показателем которого является

остаточное содержание биологически активных веществ в составе сырья и/или обогащающего премикса на момент выработки.

Решающим фактором, влияющим на успешность реализации итогового продукта, являются потребительские предпочтения и степень удовлетворения запросов покупателей в части восполнения дефицита эссенциальных веществ в рационе. Определение рыночного спроса, содержания, стоимости, а также наилучшего момента для вывода на рынок готового продукта проводится с помощью маркетинговых исследований. Информация, полученная в ходе исследования рынка, должна регулярно актуализироваться, а результаты её анализа доводиться до проектных и производственных структур для корректировки нормативно-технической документации с учетом потребительских предпочтений.

В настоящее время в области контроля качества при производстве пищевых продуктов актуальной является система менеджмента по стандарту ИСО 22000, объединяющая в себе принципы PDCA и HACCP.

PDCA – метод контроля и улучшения процесса, популяризированный в 1950 году американским экспертом - доктором Эдвардом Демингом, представляет собой систему менеджмента качества в промышленном секторе [111]. Применение цикла PDCA во всех моделях управления процессами заключается в том, что полученные результаты оцениваются на соответствие запланированным, опираясь на научный метод и повторение цикла PDCA в качестве основного принципа до тех пор, пока достижение цели не будет подтверждено или опровергнуто [112]. Метод применим к таким сферам промышленности, как производство, услуги, проекты и т.д. и состоит из четырех шагов:

Р – (от англ. Plan) постановка целей и планирование для достижения конкретных результатов;

Д – (от англ. Do) выполнение поставленных задач;

С – (от англ. Check) проверка с целью контроля и оценки на соответствие заданным характеристикам;

А – (от англ. Action) корректирующие мероприятия для улучшения полученных результатов.

Во многих случаях входные элементы для одного процесса являются выходными для другого процесса и наоборот, т.е. при идентификации процессов важно установить их взаимосвязи и степень влияния, поскольку возможности одного процесса могут быть рискованными для другого (например, характеристики поставляемого сырья являются входными для производства готовой продукции; производство готовой продукции является входом для планирования и реализации процессов для реализации готовых блюд для потребителей). Применение метода PDCA позволяет добиться сокращения несоответствий, обеспечивает более эффективное использование запланированных ресурсов и, тем самым, снижает расходы, связанные со сбоями, авариями и возвратом товаров.

НАССР - система управления качеством пищевых продуктов, направленная на предотвращение загрязнения пищевых продуктов от химических, физических и биологических контаминатов, подразумевающая внедрение в технологическую схему производства пищевых продуктов точек сбора данных для анализа и, в случае несоответствия, применения корректирующих действий [113]. Система НАССР используется на всех жизненных этапах продукта, включая сырье, упаковку, технологию, хранение и утилизацию. Во многих странах данная система является обязательной для пищевых производств [114]. Внедрение этой системы на производство включает постоянное применение учета, мониторинга, корректирующих действий [115], а поддержание ее эффективности во многом зависит от регулярности внутренних проверок и аудита предприятия [116].

Хотя система НАССР направлена на обеспечение безопасности пищевых продуктов, ее принципы универсальны и подходят для проектирования большинства систем контроля качества. Внедрение НАССР может обеспечить такие преимущества как более эффективное использование ресурсов за счет сосредоточения внимания на критических областях и

меньшее содержание отзывов продукции путем выявления проблем до ее выпуска. Кроме того, применение систем НАССР может помочь в проверке компетентными органами и содействовать международной торговле путем повышения уверенности в качестве и безопасности пищевых продуктов [117].

Для предприятий на территории РФ система НАССР разрабатывается с учетом требований, изложенных в ГОСТ 51705.1–2001, согласующимся с международным стандартом ISO 22000:2018. Для корректной работы системы предварительно важно обеспечить приемлемые условия на пищевом производстве, а именно: санитарно-эпидемиологические условия, техническое обслуживание оборудования, обучение персонала, а также управление потоками сырья, людей и готовой продукции [118].

Реализация на практике требований НАССР включает в себя назначение рабочей группы НАССР, формирование базы данных по используемому сырью и материалам, а также определение и оценку химических, физических и биологических опасностей на предприятии. Система НАССР разрабатывается в соответствии с 7 принципами, перечисленными в нормативной документации [119], а целью каждого этапа системы является определение критических точек, в которых может применяться контроль показателей качества и безопасности [114].

Важным шагом в проектировании системы управления качеством является формирование разнопрофильной группы экспертов, обладающих достаточными знаниями во всех аспектах производства рассматриваемого вида продукции. И хотя основная команда состоит из ведущих специалистов, представляющих различные отделы производства (отдел контроля качества, санитарии, производства, проектирования, исследований и разработок и т.д.), пользу для работы общей системы приносит каждый сотрудник предприятия [120]. Все члены команды предприятия обязаны пройти обучение правилам санитарно-гигиенической и производственной безопасности, а также регулярно проходить аттестацию для проверки остаточных знаний.

Большое внимание в системе НАССР уделяется химическому составу пищевых продуктов. Контроль за содержанием опасных химических соединений и возможных аллергенов в сырье осуществляется с помощью тщательной проверки на начальном этапе производства и исключения химической контаминации в процессе технологической переработки [121].

Для системы управления качеством и безопасностью ФПП отличительной особенностью является контроль всех технологических операций, связанных с применением обогащающих пищевых ингредиентов и сырья с функциональными свойствами. Для получения готового продукта, содержащего ФПИ в количестве, заявленном производителем, необходимо выявление критических контрольных точек для количественного анализа ФПИ в обогащающем премиксе / сырье / промежуточном продукте / готовом продукте [122]. В ряде случаев эти процессы могут быть автоматизированы с помощью датчиков и компьютерных систем [123]. Для рационального внедрения схемы подтверждения отличительных свойств ФПП в стандартную систему контроля качества необходима разработка методики риск-ориентированного подхода с анализом опасных факторов, способных повлиять на изменение отличительных свойств.

1.5 Методы риск-ориентированного подхода в системах анализа воздействия фактора и его значимости

Основополагающим этапом при разработке любой системы контроля качества является анализ факторов и рисков, влияющих на ключевые показатели качества. Согласно определению, приведенному в ГОСТ Р ИСО 31000-2019, риск представляет собой следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей [124], а значит мерой воздействия на риск (управление риском) являются действия, направленные на повышение уровня определенности в процессе менеджмента риска. Чаще всего рискованные ситуации спровоцированы несоблюдением требований нормативной

документации персоналом, некорректная работа оборудования или нарушение правил его эксплуатации, необнаружение отклонений показателей качества и безопасности на входном контроле сырья и материалов [121].

Процесс менеджмента риска включает в себя систематическое применение политик, процедур и практик менеджмента к деятельности по обмену информацией, консультированию, установлению контекста (ситуации) и идентификации, анализу, оцениванию, воздействию на риск, мониторингу и пересмотру риска [125]. Менеджмент риска основан на принципах, структуре и процессе, описанных в ГОСТ Р ИСО 31000–2019, схематично изображены на Рисунке 4 [126].

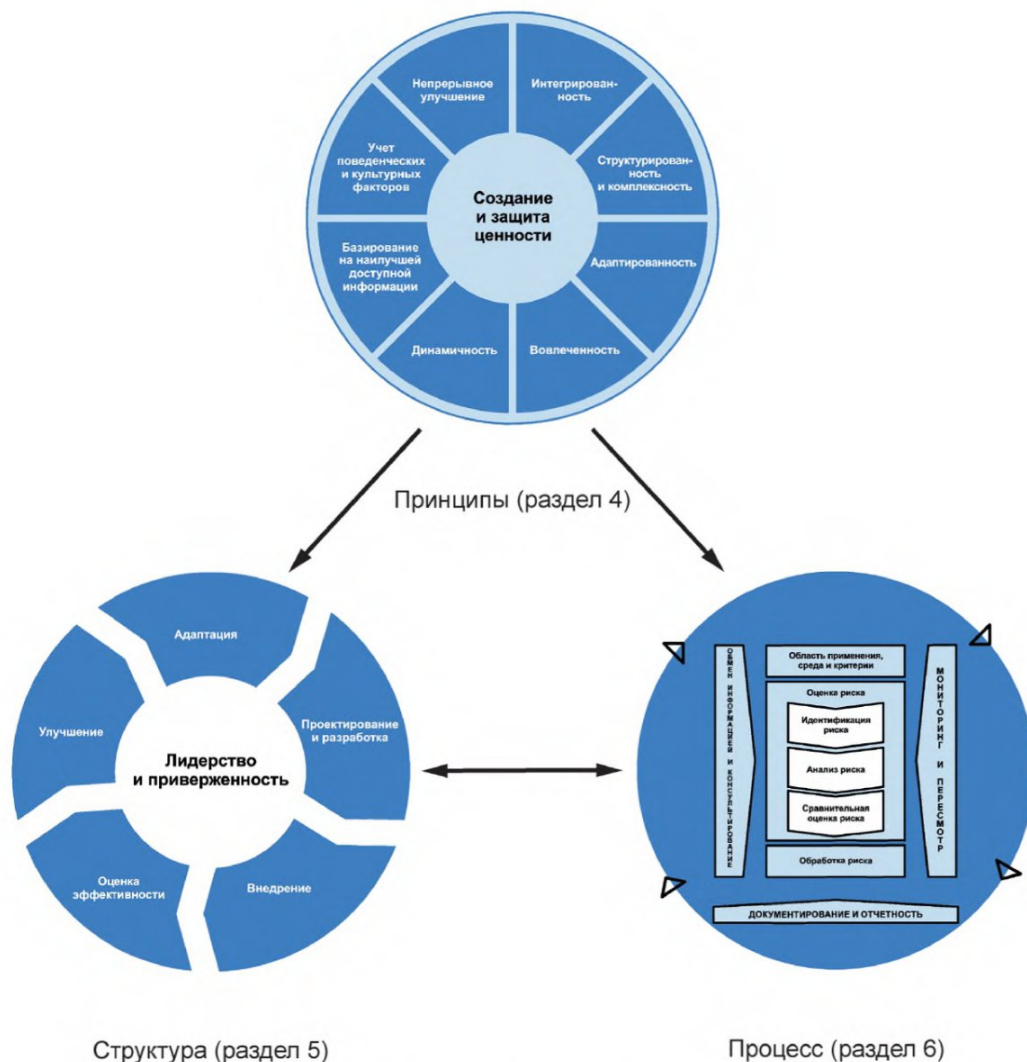


Рисунок 4 - Принципы, структура и процесс менеджмента риска [125]

Существует большое количество методов анализа рисков, но в настоящем исследовании применялись следующие: анализ видов и последствий отказов (FMEA), анализ дерева неисправностей (FTA), причинно-следственная диаграмма Исикавы, анализ Парето, а также составление картины первопричины методом RCA. Одни методы пригодны к использованию в условиях небольшого содержания вводных данных, обусловленных ранними этапами жизни системы, другие могут быть использованы для более полного анализа всех этапов полного жизненного цикла продукта, но при этом требуют большого содержания деталей и вводных данных. Выбор метода анализа рисков зависит от сложности исследуемых процессов и систем, а также возможности интерпретации результатов для понимания природы риска, способах его прослеживаемости и контроля [127, 128].

Подход FMEA (Failure Mode and Effects Analysis – анализ слабых мест и их эффектов), используемый в производстве машин и электроники, сегодня все чаще находит применение в пищевой промышленности. Впервые данная модель анализа рисков была применена в авиационном производстве США в 1950-х годах, но с 1970 года постепенно начала внедряться во многие виды производственной и непроизводственной (менеджмент, маркетинг) деятельности [129]. Согласно исследованию [130], научное сообщество заинтересовано во внедрении подобных систем анализа рисков на производство сильнее (28% случаев) по сравнению с коммерцией, для которой на первом месте стоит применимость. Данный подход подразумевает определение потенциальных режимов отказа в анализируемом процессе и оценку трех факторов риска потенциальных видов отказа: S (severity) – серьезность наихудшего потенциального исхода из-за сбоя с точки зрения безопасности и функциональности системы, O (occurrence) – Относительная вероятность того, что произойдет сбой и D (detection) – вероятность того, что режим отказа будет обнаружен и/или исправлен соответствующими средствами управления, установленными на производственных линиях. В

качестве руководства для оценки данных параметров определяются числовые шкалы, созданные на основе прослеживаемых общих примеров в справочных руководствах и адаптированные к конкретной ситуации риска системы. Стандарта выбора шкалы ранжирования не существует, но ранжирование от 1 до 10 обеспечивает простоту интерпретации и, в то же время, точность и аккуратность. Таким образом, каждый сбой может быть оценен с точным значением риска.

Для определения весомости фактора риска производится расчет числа приоритетности риска RPN (Risk Priorities Number) путем вычисления произведения S, O и D, самые высокие значения которого указывают на самые высокие риски в анализе [131]. На основе рассчитанного RPN определяется стратегия действий, основанная на категориях риска, а именно:

- незначительный риск: никаких действий не предпринимается;
- умеренный риск: могут иметь место некоторые действия;
- высокий риск: будут предприняты корректирующие действия;
- критический риск: будут предприняты корректирующие действия, и потребуются обширные изменения в процессе/продукте.

Результаты, полученные при внедрении FMEA в производственный цикл пищевого продукта, т.е. рекомендованные корректирующие действия, реализуются в серии профилактических мероприятий и в перечне оперативных инструкций, которые должны выполняться оперативным персоналом во время стандартных рабочих операций.

Несмотря на очевидную субъективность данного метода вследствие зависимости результата от пользовательского опыта и невозможность применения его в фазе концептуального проектирования, этот программный инструмент является подходящим для улучшения существующего продукта [132].

Одним из перспективных методов, реализуемых в рамках системы управления качеством для предприятий, является метод анализа «дерева неисправностей» (FTA - Fault Tree Analysis). Актуальность применения

данного метода связана с возможностью использования её для сложных систем, состоящих из множества взаимосвязанных подсистем, зависящих от различных показателей и друг от друга, а также в качестве метода идентификации и оценки рисков в целях определения частоты возникновения дефектов готовой продукции. Анализ «дерева неисправностей» является дедуктивным методом анализа, точно определяющим причины возникновения рисков нисходящим образом по этапам рисковых событий [133, 134].

Алгоритм построения «дерева неисправностей» подразумевает идентификацию нежелательных событий от верхнего до нижнего уровня системы последовательно. В первую очередь определяется основное событие (производственный брак продукции, сбой работы оборудования, и т.п.) и его иерархия в «дереве неисправностей». Далее осуществляется идентификация возможных причин, послуживших возникновению нежелательного хода процесса. На графике причины располагаются иерархически выше основного события. Для построения графика используются специальные обозначения в виде символов, меток и идентификаторов в четкой последовательности [135, 136]. Результатом анализа является определение уровня системы, на котором возникла причина риска.

Метод FTA обеспечивает системный подход к анализу множества факторов, влияющих на риски в рамках работы пищевых предприятий. Данный метод упрощает понимание процессов, происходящих в системе с помощью логического анализа «дерева неисправностей» и визуализации их на графике «сверху вниз», позволяя сконцентрироваться на воздействии опасных факторов, непосредственно влияющих на исходные события [138-139].

Диаграмма Исикавы – причинно-следственная диаграмма, состоящая из стрелок с описаниями причин, оказывающих влияние на вероятность возникновения рискованной ситуации. Форма диаграммы напоминает скелет рыбы с проблемой в «голове» и причинами в «костях», поэтому диаграмму Исикавы часто называют «рыбий скелет» [140, 141]. Причинно-следственная

диаграмма демонстрирует области возникновения рисков и служит для идентификации их принадлежности к области производства с целью организации предупреждающих и корректирующих мероприятий. Использование данного метода широко распространено при анализе рисков в отрасли производства пищевых продуктов.

Анализ Парето - метод, позволяющий определить основные факторы, способные привести к возникновению нежелательного события. Для построения графика используются данные, полученные в ходе анализа FMEA, которые заносятся на двумерную систему координат в виде столбиковой диаграммы, на которой вертикальная ось представляет собой приоритетное число риска, а горизонтальная – перечень причин. Далее для учета совокупного процесса потерь строят кумулятивную кривую Лоренца, а на вертикальной оси откладывают дополнительную шкалу, отражающую проценты весомости причины [142].

Составление картины первопричины (RCA) – представляет из себя анализ потерь, составляющих основную долю ущерба. Данный метод может применяться для контроля качества производственных процессов, исследования отказов на предприятии, анализа надежности и технического состояния оборудования, а также для анализа сложных систем в системе менеджмента риска. Выходные данные метода RCA включают в себя: обзор собранных данных; рассмотрение гипотезы; заключение о наиболее вероятных первопричинах отказов и потерях; рекомендуемые и корректирующие действия [143].

Используя один или несколько из вышеупомянутых методов, проводится анализ процессов и систем на предприятиях пищевого производства, далее производится оценка тяжести последствий риска и проводятся мероприятия по управлению риском. С целью компенсации слабых сторон и усиления

Перспективным способом управления рисками на производстве ФПП является комбинация методов оценки риска в следующем порядке:

- анализа диаграммы Парето;
- построение дерева неисправностей (FTA);
- оценка рисков методом составления таблицы FMEA;
- расстановка приоритетов с помощью диаграмм Парето;
- составление картины первопричины методом RCA.

Заключение к обзору научно-технической литературы

Йододефицит является причиной развития алиментарно-зависимых заболеваний, оказывающих существенное влияние на демографическую ситуацию в стране. Гипотиреоз у беременных женщин чреват нарушениями нормального формирования эндокринной и нервной систем плода, а также заторможенным развитием беременности в целом. В связи с нехваткой йода в детском возрасте происходит замедленное развитие мозга, вследствие чего ребенок отстает в развитии от сверстников. Для всех остальных групп населения дефицит йода опасен развитием болезней щитовидной железы, таких как эндемический зоб, субклинический гипотиреоз и тиреоидит.

Профилактика развития вышеперечисленных заболеваний осуществляется посредством включения в рацион питания йодсодержащих пищевых продуктов. В естественном виде йод содержится в продуктах водной биологической культуры, некоторых овощах и фруктах. Поскольку данные продукты не всегда доступны для населения большинства регионов РФ, в качестве источника йода применяются обогащенные пищевые продукты, такие как йодированная соль, биологически активные добавки и обогащенные промышленно-переработанные продукты.

Вопрос о стандартизации функциональных пищевых продуктов в России является актуальным на сегодняшний день, поскольку качество данных продуктов напрямую влияет на их профилактические свойства. Опыт зарубежных коллег свидетельствует о целесообразности внедрения системы контроля качества, подразумевающей мониторинг содержания

функциональных ингредиентов в составе сырья, материалов и продукта на всем жизненном цикле. Многие страны утвердили схему регистрации ФПП, включающую научное обоснование функциональных свойств продукта и лабораторный анализ для подтверждения количественного содержания ФПИ.

Содержание компонентов, входящих в состав ФПП должно быть подтверждено на конец срока годности в соответствии с ГОСТ 55577–2013, а информация о количестве ФПИ в 100г/порции продукта должна размещаться на упаковке. Производители ФПП далеко не всегда контролируют остаточное содержание ФПИ после технологической обработки и в процессе хранения, а чаще выносят на упаковку информацию о содержании ФПИ в продукте, рассчитанную по рецептуре без учета потерь. Научно доказано, что химические и физические факторы способны оказывать разрушающее действие на большинство пищевых нутриентов и, в связи с этим, необходима разработка системы менеджмента качества, подразумевающая контроль за применением обогащающих добавок в производстве ФПП. Кроме того, те пищевые компоненты, которые являются носителями функциональных ингредиентов и включены в рецептуры функциональных продуктов, должны подвергаться процедуре входного контроля с обязательным анализом остаточного содержания функциональных веществ.

В данной работе осуществлена разработка системы контроля качества на примере йодсодержащих функциональных пищевых ингредиентов, используемых для обогащения мясной продукции, поскольку йод является наиболее хрупким элементом и разрушается под воздействием внешних факторов. Однако, данный подход по аналогии может использоваться в практике использования других функциональных пищевых ингредиентов.

ГЛАВА 2. Организация эксперимента, объекты и методы

2.1 Организация исследований

В соответствии с целями, сформулированными перед началом работы и задачами, поставленными для достижения желаемых результатов, была составлена схем поведения научно-исследовательской работы, представленная на Рисунке 5.



Рисунок 5 - Схема Проведения эксперимента

Моделирование технологического воздействия на ФПИ в процессе производства ФПП осуществлялось посредством выработки опытных партий на базе экспериментального цеха ООО «ПрофиБио». Образцы ФПИ на основе молочных белков были предоставлены ООО «Айтулайф», образцы ФПИ «Соль йодированная» и «Сушеная ламинария» закупались в розничных сетях продуктовых магазинов г. Москвы. Анализ количественного изменения йода

в образцах ФПИ и ФПП, отобранных в процессе входного контроля, технологической выработки и дальнейшего хранения, осуществлялся на базе лабораторий ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Рабочая группа для проведения оценки рисков производства функциональных пищевых продуктов была сформирована из числа сотрудников двух отделов ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН: отдела функционального и специализированного питания, а также отдела технического регулирования и составляла 4 человека.

2.2 Объекты исследования

При проведении работы объектами исследования являлись:

1) Йодированная соль по ГОСТ Р 51574–2018 фирмы ООО «ИНИН» тонкого помола, изготовленная выварочным способом, обогащенная йодатом калия. Йодированная соль представляет собой кристаллический сыпучий продукт бежевого цвета с вкраплениями частиц KIO_3 (йодноватистый калий) белого цвета, вкус – солёный, без посторонних привкусов, запах со слабой примесью йода. Содержание влаги в продукте – не более 1,00 %, гранулометрический состав: до 0,8 мм включительно – не менее 75% – от 0,8 до 1,2 мм включительно – не более 25%.

2) Сушеная ламинария по ТУ 9284-046-33620410-04 фирмы АО «Красногорсклексредства». Сушеная ламинария (морская капуста) является продуктом переработки слоевища бурых водорослей видов *Laminaria Japonica* Aresch и *Laminaria saccharina* путем высушивания и последующего измельчения. Данные растения широко распространены в северных водах Атлантического и Тихого океанов, а также выращиваются в условиях аквакультуры на водорослевых комбинатах. Готовый продукт представляет собой дробленые листья ламинарии средней фракции, без посторонних примесей, в том числе без плесени и признаков порчи, цвет от зеленого до

бурого или коричневого цвета. Вкус горький, с ощущением слизистости, с характерным запахом йода. Содержание влаги не более 10 %.

3) ФПИ «Йодказеин» по ТУ 9229-001-79899185-2007 - органическая форма йода в виде йодтирозинов. В основе технологии получения ФПИ лежит ферментативное йодирование аминокислотных остатков сывороточных белков коровьего молока, с последующей очисткой от остатков неорганического йода методом ультрафильтрации или сублимационной/распылительной сушкой. Химический состав йодтирозинов представлен смесью монойодтирозина (3-йодтирозин, далее – МИТ) и дийодтирозина (3,5-дийодтирозин, далее – ДИТ). Йодтирозины являются порошкообразными веществами, хорошо растворимыми в щелочах и метиловом спирте. Пищевая ценность ФПИ на 100 г: белки – 80 г., жиры – 2 г., углеводы – 5 г., ковалентно-связанный йод – 2,5 г. ТУ 10.51.56–026-35305730-2017.

4) Для установления сохранности йода в процессе технологической обработки и хранения при производстве колбасных изделий с добавлением йодсодержащих ингредиентов была проведена выработка варёных колбасных изделий по рецептурам, указанным в Таблице 3. В качестве контрольных были отобраны фарши для колбасных изделий непосредственно перед термической обработкой (Образцы «Фарш 1.1», «Фарш 1.2», «Фарш 1.3»). Готовые изделия исследовались в первые сутки после выработки (Образцы «Вареная колбаса 1.1», «Вареная колбаса 1.2», «Вареная колбаса 1.3») и в конце срока годности через 30 дней после выработки (Образцы «Вареная колбаса 1.4», «Вареная колбаса 1.5», «Вареная колбаса 1.6»).

Таблица 3 - Рецептуры ФПП «Варёные колбасные изделия» с добавлением йодсодержащих ФПИ

Наименование сырья и ингредиентов	«Вареная колбаса 1»	«Вареная колбаса 2»	«Вареная колбаса 3»
	кг/ 100 кг	кг/ 100 кг	кг/ 100 кг
Говядина жилованная в.с.	20	20	20
Говядина жилованная 1с	27	27	27
Свинина жилованная полужирная	40	40	40
Молоко сухое обезжиренное	4	4	4
Яйца куриные/меланж	3	3	3
Вода на гидратацию	6	6	6
Пряности и материалы, кг/100 кг несоленого сырья			
Соль поваренная пищевая	0,19	0,9	0,9
Посолочная смесь «НИСО-1»	1	1	1
Сахар-песок	0,1	0,1	0,1
Чеснок свежий	0,15	0,15	0,15
Цитрат кальция	0,4	0,4	0,4
Каррагинан	0,4	0,4	0,4
Соль йодированная «Зимушка»	0,71	-	-
Морская капуста, ламинарии слоевища «ФармаЦвет»	-	0,7	-
Йодказеин	-	-	0,0064
Вода	15,00	15,00	15,00

5) Для установления сохранности йода в процессе технологической обработки и хранения при производстве замороженных полуфабрикатов с добавлением йодсодержащих ингредиентов была проведена выработка мясных замороженных полуфабрикатов по рецептурам, указанным в Таблице 4. В качестве контрольных были отобраны фарша для мясных полуфабрикатов непосредственно перед термической обработкой (Образцы «Фарш 2.1»,

«Фарш 2.2», «Фарш 2.3»). Готовые изделия исследовались в первые сутки после выработки (Образцы «Котлеты 2.1», «Котлеты 2.2», «Котлеты 2.3»), через 3 месяца после выработки и в конце срока годности через 6 месяцев после выработки (Образцы «Котлеты 2.4», «Котлеты 2.5», «Котлеты 2.6»).

Таблица 4 - Рецептуры ФПП «Мясные полуфабрикаты» с добавлением йодсодержащих ФПИ

Наименование сырья и ингредиентов	«Котлеты 1»	«Котлеты 2»	«Котлеты 3»
	кг/ 100 кг	кг/ 100 кг	кг/ 100 кг
Говядина 1 с	48	48	48
Свинина жилованная п/ж	24	24	24
Молоко сухое обезжиренное	3	3	3
Яйца куриные/меланж	3	3	3
Лук свежий	3	3	3
Клетчатка соевая	1	1	1
Сухари панировочные			
Соль поваренная пищевая	0,16	0,8	0,8
Перец душистый	10	10	10
Соль йодированная «Зимушка»	0,64	-	-
Морская капуста, ламинарии слоевища «ФармаЦвет»	-	0,7	-
«Йодказеин»	-	-	0,0064

6) Для установления сохранности йода в процессе технологической обработки и хранения при производстве консервов с добавлением йодсодержащих ингредиентов была проведена выработка мясорастительных консервов по рецептурам, указанным в Таблице 5. В качестве контрольных были отобраны фарша для мясорастительных консервов непосредственно перед термической обработкой (Образцы «Фарш 3.1», «Фарш 3.2», «Фарш 3.3»). Готовые изделия исследовались в первые сутки после выработки (Образцы «Консервы 3.1», «Консервы 3.2», «Консервы 3.3»), через 6 месяцев

после выработки и в конце срока годности через 12 месяцев после выработки (Образцы «Консервы 3.4», «Консервы 3.5», «Консервы 3.6»).

Таблица 5 - Рецептуры ФПП «Мясорастительные консервы» с добавлением йодсодержащих ФПИ

Наименование сырья и ингредиентов	«Консервы 1»	«Консервы 2»	«Консервы 3»
	кг/ 100 кг	кг/ 100 кг	кг/ 100 кг
Говядина 1с	38	38	38
Картофель свежий	21	21	21
Морковь	17	17	17
Лук репчатый	7	7	7
Масло растительное	4	4	40
Перец болгарский	1	1	1
Вода	10	10	10
Соль поваренная пищевая	0,72	0,9	0,9
Укроп	0,5	0,5	0,5
Петрушка	0,5	0,5	0,5
Перец душистый	0,1	0,1	0,1
Соль йодированная «Зимушка»	0,128	-	-
Морская капуста, ламинарии слоевища «ФармаЦвет»	-	0,7	-
«Йодказеин»	-	-	0,0064

2.3 Методы исследования

При выборе методов пробоподготовки и аналитического определения химических элементов в пищевых продуктах учитывали химическую форму вещества. В пищевой промышленности используются органические и неорганические формы, а также существует технология микрокапсулирования, позволяющая заключать неорганические вещества в органическую матрицу [144].

- 1) Количественное определение неорганического йода в ФПИ и ФПП осуществляли на анализаторе «TA-Lab» (ООО НПП «Томьаналит», Россия) с трехэлектродными ячейками методом инверсионной вольтамперометрии по МУК 4.1.1481-03 [145].
- 2) Количественное определение йодтирозинов в ФПИ осуществляли на системе ВЭЖХ («Agilent 1200 series», США) в режиме мониторинга множественных реакций на масс-спектрометре («Agilent Technologies», США) методом высокоэффективной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором по МИ 103.5-132-2012/01.00225-2011 [146, 147]. Отбор проб молочных йодированных белков и биологически активных добавок производят в чистые тщательно высушенные стеклянные емкости соответственно по ГОСТ Р ИСО 707 и по Р 4.1.1672-03. Пробу взвешивают с записью результата взвешивания в граммах до четвертого десятичного знака.
- 3) Количественное определение йодтирозинов в ФПП на основе мясного сырья осуществляли на системе ВЭЖХ («Agilent 1200 series», США) в режиме мониторинга множественных реакций на масс-спектрометре («Agilent Technologies», США) методом высокоэффективной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором по ГОСТ 33422-2015 [148].
- 4) Статистическую обработку результатов экспериментов проводили с помощью программного обеспечения «Microsoft Excel 2010» для Windows XP на ПК. Эксперименты проводились в трехкратной повторности. Полученные данные выражали в виде среднего значения трех повторностей $\pm$ стандартное отклонение. Статистический анализ экспериментальных данных проводили методом вариационной статистики при использовании t-теста Стьюдента с применением программы Microsoft Excel 2010. Уровень значимости для всех статистических тестов составлял 5 % ($p < 0,05$).
- 5) Для анализа рисков применяли метод RCA (Root cause analysis - Анализ первопричин), направленный на исследование потерь вследствие различных видов отказов без рассмотрения их внешних проявлений. Основными этапами метода RCA согласно ГОСТ Р 58711-2019¹ являются: формирование

¹ ГОСТ Р 58711–2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска (Переиздание). М.: Стандартинформ,

экспертной группы; установление области применения и целей метода RCA; сбор данных о потерях; проведение структурированного анализа для определения первопричины; разработка решений и рекомендаций; выполнение рекомендаций; верификация положительного результата от внедрения рекомендаций.

Для осуществления анализа RCA были применены следующие структурированные методы анализа:

- **Диаграмма Исикавы** (причинно-следственный анализ) – метод идентификации возможных причин нежелательного события. Группа экспертов устанавливала конечное событие и размещала его справа от диаграммы, после чего определяя основные категории причин и располагала их в виде «рыбьего скелета» слева от конечного события. С помощью данного метода осуществлялась компоновка возможных причин и факторов в обобщенные категории для исследования всех возможных гипотез, [149].
- **Анализ дерева неисправностей FTA** (Fault tree analysis) – дедуктивный метод идентификации и анализа факторов, способных привести к возникновению нежелательного события. Для графического изображения осуществлялось последовательное построение ветвей диаграммы сверху вниз от конечного события (которое необходимо проанализировать) на более низкие уровни системы к базисным событиям до тех пор, пока анализ перестанет быть целесообразным. Применение данного метода позволило упростить понимание функционирования системы и рассматриваемых факторов [134].
- **Анализ видов и последствий отказов FMEA** (Failure mode and effects analysis) – данный подход подразумевал определение потенциальных потерь и оценку трех факторов риска: S – серьезности; O – вероятности; D - обнаружения. С помощью данного метода определяли ПЧР –

приоритетное число риска, отражающее меру критичности потерь, вычисляемое путем перемножения S, O и D. Применение данного метода позволило получить входные данные для последующей разработки программ мониторинга [129, 150].

- **Анализ Парето** - метод, позволяющий определить основные факторы, способные привести к возникновению нежелательного события. Для построения графика использовали данные, полученные в ходе анализа FMEA, которые заносили на двумерную систему координат в виде столбиковой диаграммы, на которой вертикальная ось представляет собой приоритетное число риска, а горизонтальная – перечень причин. Далее для учета совокупного процесса потерь строили кумулятивную кривую Лоренца, а на вертикальной оси откладывали дополнительную шкалу, отражающую проценты весомости причины [142].
- **Составление картины первопричины** - Выходные данные метода RCA (Root Cause Analysis) включают в себя: обзор собранных данных; рассмотрение гипотезы; заключение о наиболее вероятных первопричинах отказов и потерях; рекомендуемые и корректирующие действия.

ГЛАВА 3. Разработка подходов к идентификации рисков

В рамках данной работы опубликован обзор мировой практики нормативно-правовых аспектов в области регистрации ФПП [151], показавший необходимость усовершенствования механизма регистрации и товарооборота ФПП на территории Российской Федерации. Анализ литературных источников в части ФПП, обогащенных йодсодержащими ФПИ, по результатам которого составлена классификация йодсодержащих компонентов (Рисунок 6. Классификация йодсодержащих компонентов), показал значительное содержание выявленных случаев потерь йода из ФПП в процессе технологической обработки и хранения, связанных с формой и происхождением ФПИ [152]. К органическим формам классифицированы соединения йода с аминокислотами и полисахаридами, а также природный йод, содержащийся в растительном и животном сырье. Неорганические соединения представлены солями йода, а также могут существовать в виде молекулярного йода, заключенного в органические или неорганические пищевые матрицы.

Для предприятий мясной промышленности в Российской Федерации в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» обязательным является разработка, внедрение и поддержание процедур основанных на принципах ХАССП. При производстве пищевых продуктов на основе мясного сырья с использованием функциональных пищевых ингредиентов большое внимание следует уделять вопросам сохранения веществ с физиологически функциональными свойствами [153].

Обогащение мясных продуктов функциональными пищевыми ингредиентами целесообразно в том случае, когда процесс изготовления предусматривает измельчение и смешивание компонентов – для равномерного распределения ФПИ в продукте.



Рисунок 6 - Классификация йодсодержащих компонентов

С целью упрощения описания процессов производства с учетом различий технологических режимов обработки были выделены три группы продуктов на основе мясного сырья, для которых осуществлялась разработка систем контроля качества:

1. Колбасные изделия;
2. Рубленые консервы;
3. Рубленые полуфабрикаты.

Для формализации научного обоснования системы контроля качества йодсодержащих функциональных пищевых ингредиентов, используемых для обогащения мясной продукции, экспертным путем был проведен предварительный причинно-следственный анализ реализации опасных факторов, способных привести к снижению содержания йода в готовом продукте. Затем был осуществлен детальный анализ процессов производства мясных продуктов с точки зрения выявления различных аспектов производства продукции: с одной стороны, обязательных требований к безопасности и санитарным нормам; с другой стороны, влияния технологических процессов на сохранность йода. Финальным этапом было применение методологии анализа видов и последствий отказов FMEA и интеграция ее результатов в виде контрольных точек в систему ХАССП. На основании нормативных правовых актов и документов по стандартизации разработана методика оценки рисков для улучшения системы контроля качества ФПП, обогащенных йодсодержащими ФПИ [154].

3.1 Обоснование допустимых потерь (снижения) уровня йода в функциональных пищевых продуктах

Для расчета необходимого содержания йода в ФПП принимается величина, составляющая от 15 до 50% суточной нормы потребления йода для взрослого человека. В соответствии с МР 2.3.1.0253-21 [8] суточная норма йода установлена в количестве 150-240 мкг/сутки в зависимости от индивидуальных потребностей организма, а максимальная суточная доза, во избежание риска субклинического гипотиреоза, не должна превышать 600 мкг в сутки [155]. Обогащающими компонентами в технологии йодированных ФПП на основе мясного сырья, согласно проведенным исследованиям, могут быть: йодированная соль [156], йодированные молочные белки [72, 157], а также ламинария в натуральном или сушеном виде [158, 159]. Поскольку минимальное пороговое значение содержания йода в ФПП в соответствии с

суточной нормой потребности взрослого человека и требованиям к функциональным пищевым продуктам установлено в количестве 30 мкг/100 гр. продукта, для каждого ФПИ должно быть рассчитано соответствующее содержание закладки в рецептуру в соответствии с содержанием йода в ингредиенте.

Критические пределы содержания йода при производстве ФПП должны быть рассчитаны исходя из динамики снижения содержания йода в продукте на протяжении всего жизненного цикла. Данные научно-технической литературы свидетельствуют о том, что содержание йода в функциональных ингредиентах различной природы может снижаться вследствие таких факторов как: несоответствие рецептуре, нарушение процесса перемешивания фарша, воздействия жестких технологических режимов и т.п. Подбор ФПИ, предварительные испытания модельных образцов и расчет рецептуры с учетом потерь йода являются обязательными мероприятиями при планировании производства йодсодержащих ФПП.

Сроки и условия хранения также могут привести к снижению йода в ФПП. При производстве ФПП длительного хранения допускается увеличивать содержание микроэлементов по отношению к данным, выносимым на этикетку на величину от 30 до 70%. При этом, согласно СанПин 2.3.2.1078-01 [104], пределы допустимых отклонений фактического содержания от декларированного йода в продуктах питания допускается не более чем на 30%.

3.2 Изучения влияния источников риска на его реализацию

Важной частью производства ФПП является планирование порядка производства и построение адекватной математической модели рецептурной композиции расчетным методом с учетом требований, предъявляемых к готовому продукту. При прогнозировании качества готового продукта должны учитываться биологические, химические и физические факторы, способные спровоцировать снижение йода в ФПП. Обоснованный выбор базовой

рецептуры и подбор обогащающих компонентов – одна из основных задач на этапе проектирования, обуславливающая производство ФПП с гарантированными отличительными свойствами.

Проектирование рецептуры йодсодержащего ФПП сопровождается расчетами содержания йода в готовом продукте исходя из требований, изложенных в ГОСТ Р 55577–2013 и МР 2.3.1.0253–21 с применением коэффициентов внесения йодсодержащих ФПИ, учитывающих сохранность йода в процессе технологической переработки и хранения.

Эффективность процессов рецептирования и приготовления рецептурной смеси ФПП складывается из следующих составляющих:

- нормативно-технической документации на продукт и производство;
- труда технологов и работников на производстве;
- технических средств, в том числе используемых для разработки продукции;
- сырья и материалов.

Факторы, влияющие на эффективность использования ФПИ при обогащении ФПП на мясной основе показаны на Рисунке 7.

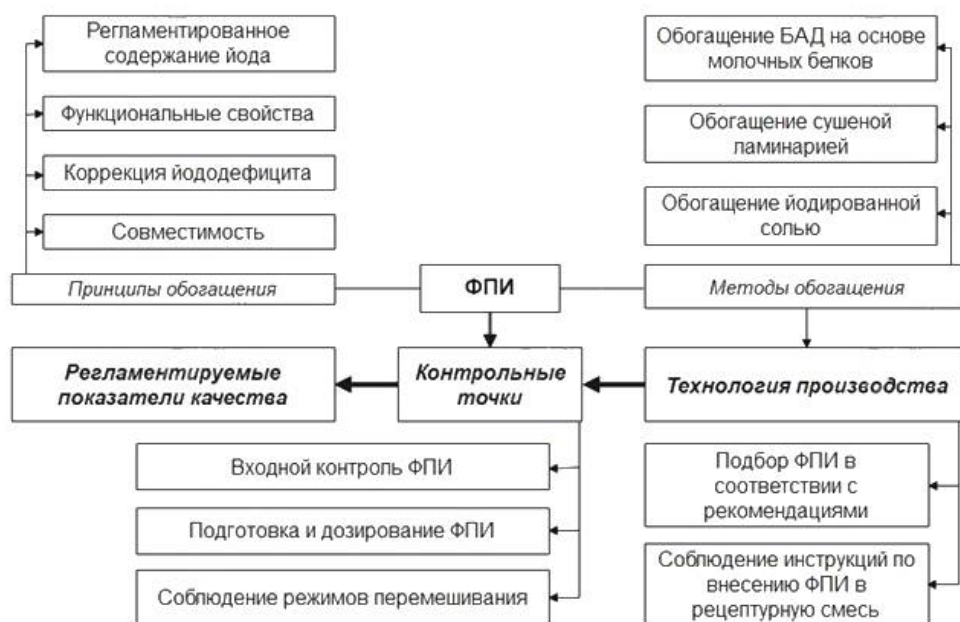


Рисунок 7 - Факторы, влияющие на показатели эффективности рецептирования и приготовления рецептурной смеси йодсодержащих ФПП на мясной основе

3.3 Анализ причин возникновения рисков и последствий при производстве функциональных пищевых продуктов

Для определения возможных причин и факторов, реализация которых способна привести к нежелательному событию, а именно снижению содержания йода в ФПП была составлена причинно-следственная диаграмма Исикавы (Рисунок 8). Для построения причинно-следственной диаграммы использовали данные литературных источников и практический опыт специалистов в областях технологии ФПП и менеджмента качества пищевых продуктов.

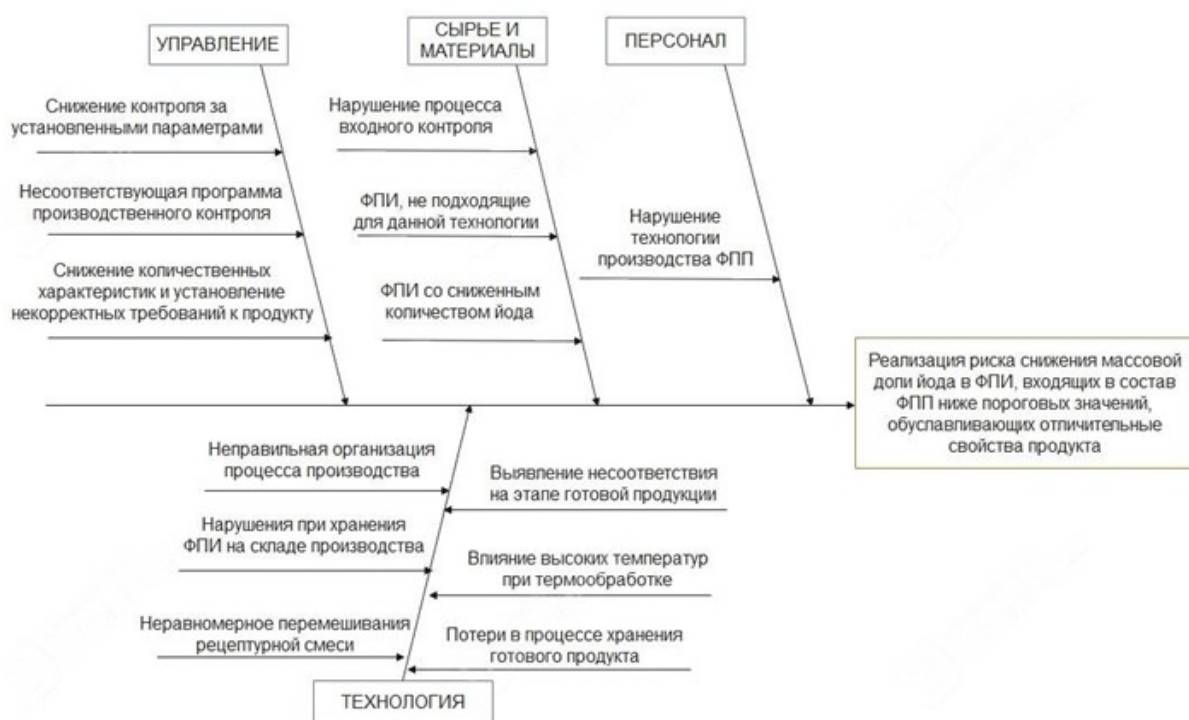


Рисунок 8 - Причинно-следственная диаграмма возникновения нежелательного события

Причины, оказывающие влияние на вероятность снижения количества йода в ФПП, были представлены четырьмя группами: управление, персонал, технология, а также сырье и материалы. Анализ данной модели показал, что причины возникновения рисковогого события носят как внутренний, так и внешний характер. К внутренним причинам относятся первые 3 причины, контроль над которыми лежит в области внутреннего аудита предприятия, в

то время как контроль над единственной внешней причиной – поступающие на предприятие сырье и материалы, осуществляется путем строгого входного контроля.

Для более глубокой проработки каждой причины на следующем этапе был осуществлен анализ дерева неисправностей (Рисунок 9).

При построении диаграммы ФТА были использованы данные, полученные при составлении диаграммы Исикавы. Причины несоответствия содержания йода данным, заявленным производителем ФПП в соответствии с нормативными техническими актами, были представлены виде блоков описания событий, возникающих при реализации рисков различного рода на предприятии. Основные события в нижней части диаграммы являлись конечными рисковыми событиями, не требующими дальнейшего логического развития. Результаты работы на данном этапе оценки рисков были использованы в дальнейшем для анализа видов и последствий отказов FMEA.

3.4 Сравнительная оценка риска реализации опасных факторов

В соответствии с методикой FMEA составлялась таблица анализа рисков (Таблица 6), в которой экспертным путем оценивались коэффициенты серьезности, вероятности и обнаружения причин и, в соответствии с квалитетическими шкалами, присваивались баллы от 1 до 10. На основе данных, полученных в ходе анализа, для каждой выявленной причины возникновения рисков события рассчитывалось приоритетное число риска (далее – ПЧР) по формуле [4]:

$$\text{ПЧР} = S \times O \times D \text{ [4]},$$

где S - (severity) – серьезность наихудшего потенциального исхода из-за сбоя с точки зрения безопасности и функциональности системы, O (occurrence) – относительная вероятность того, что произойдет сбой и D (detection) – вероятность того, что режим отказа не будет обнаружен и/или исправлен

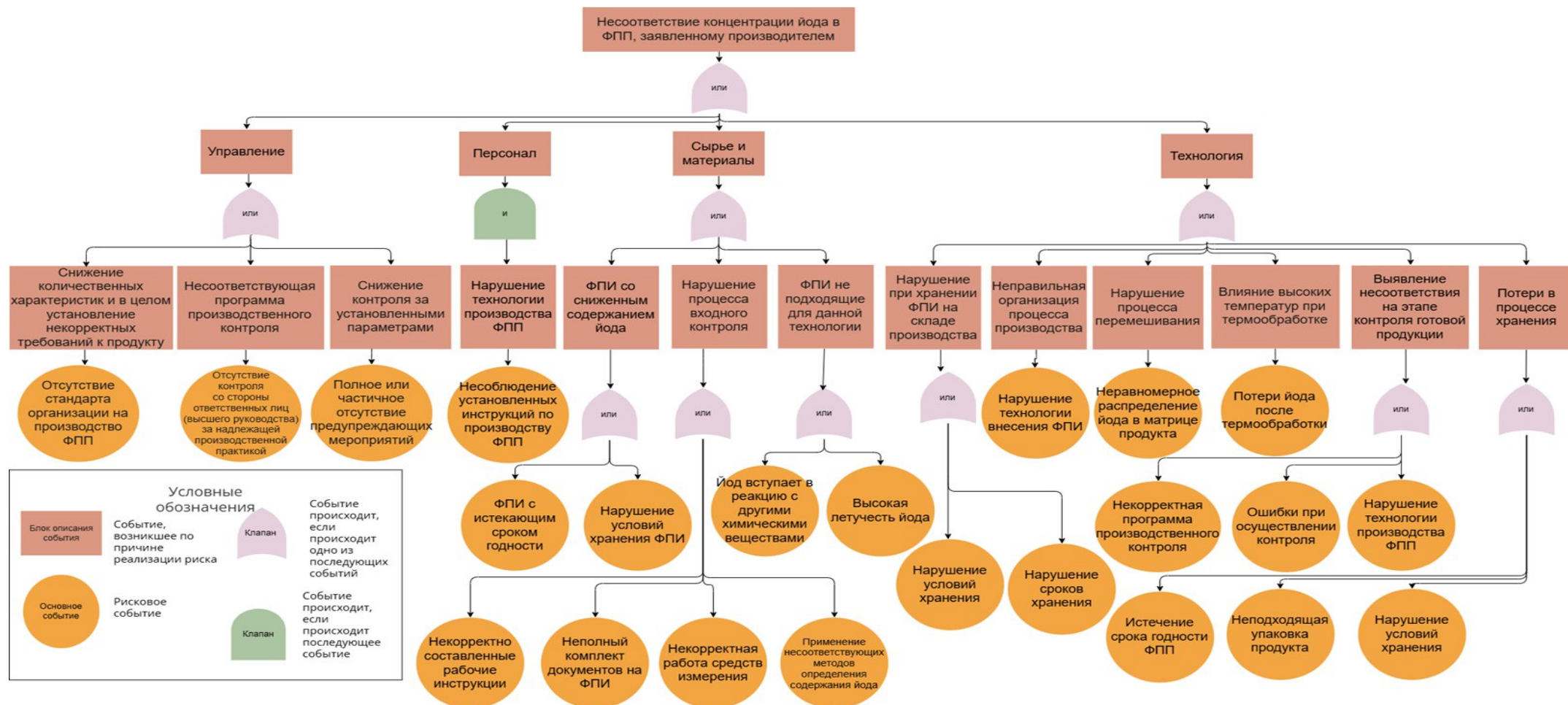


Рисунок 9 - Дерево неисправностей FTA для ФПП на основе мясного сырья, обогащенных йодом

соответствующими средствами управления, установленными на производственных линиях.

Для каждой области контроля с целью определения наибольшего влияния на реализацию потенциального риска с помощью диаграммы Парето рассчитывали суммарное ПЧРэт путем сложения каждого из ПЧР. Данные, полученные в ходе расчета по методике FMEA представлены в Таблице 6.

В результате экспертной оценки всех потенциально уязвимых этапов были выявлены наиболее существенные причины возникновения риска несоответствия содержания йода в функциональном пищевом продукте заявленному на упаковке. Для ПЧР риска были установлены критические границы ПЧРгр в пределах от 400 до 720. В случае, если $\text{ПЧР} > \text{ПЧРгр}$, принималось решение о необходимости снижения риска до приемлемого уровня. Поскольку в области контроля Персонала существует единственная причина возникновения риска - Несоблюдение установленных инструкций по производству ФПП, а ПЧР лежит в пределах ПЧРгр, данная область подлежит проработке вне зависимости от других причин возникновения рисков.

Данные, полученные с помощью анализа методом FMEA, использовали при построении диаграммы Парето с целью определения ключевых проблем, расстановки приоритетов и оценки совокупного воздействия причин на реализацию риска несоответствия содержания йода в ФПП данным, заявленным производителем. Для каждой контролируемой области, кроме области контроля персонала, составляли отдельную диаграмму Парето (Рисунки 10–12).

Таблица 6 - Результаты анализа рисков методом FMEA

Область контроля	Риск	Причина	S	Меры по обнаружению	O	Меры по предупреждению	D	Корректирующие мероприятия	ПЧР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Управление	Снижение качественных характеристик и установление некорректных требований к продукту в СТО / ТУ	Отсутствие / некорректность документов по стандартизации на производство ФПП	5	Проверка документов по стандартизации СТО / ТУ; Систематическая актуализация СТО / ТУ	3	Разработка СТО / ТУ с учетом соответствующих документов национальной системы стандартизации	4	Экспертиза СТО / ТУ: проверка стандарта организации на непротиворечие документам национальной системы стандартизации	60
	Несоответствующая программа производственного контроля	Отсутствие контроля со стороны ответственных лиц (в т.ч. высшего руководства) за надлежащим производственным контролем	4	Проверка документации по внутреннему аудиту за исполнением надлежащего производственного контроля	6	Регулярный внутренний аудит за исполнением надлежащего производственного контроля	5	Внеочередной аудит за исполнением надлежащего производственного контроля; Инструктаж персонала	120
	Снижение контроля за установленными параметрами	Полное или частичное отсутствие программы предупреждающих мероприятий	8	Анализ причин несоответствий установленным параметрам	4	Составление плана предупреждающих мероприятий; Своевременное устранение причин потенциальных несоответствий	4	Проверка протоколов системы менеджмента качества	128
ПЧРэт									308

Персонал	Нарушение технологии производства ФПП	Несоблюдение установленных инструкций по производству ФПП	9	Регулярная проверка знаний сотрудников	9	Своевременный инструктаж сотрудников	5	Внеочередная проверка компетенций сотрудников; повторный инструктаж; дисциплинарные взыскания	405
ПЧРэт									405
Сырье и материалы	Нарушение процесса входного контроля	Некорректно составленные рабочие инструкции, описывающие требования к процессу входного контроля	7	Проведение проверки корректности процесса входного контроля и выявление ошибок в рабочих инструкциях	5	Проверка выполнения рабочих инструкций и их корректировка	3	Внесение изменений в рабочие инструкции в соответствии с корректировками	105
		Неполный комплект документов на ФПИ	3	Проверка сопроводительной документации каждой партии ФПИ	2	Накопление статистических данных входящей документации	2	Запрос отсутствующих документов у поставщиков ФПИ	12
		Некорректная работа средств измерения	8	Оценка соответствия средств измерения установленным требованиям	6	Регулярное техническое обслуживание средств измерения; Обеспечение адекватных условий работы средств измерения	3	Калибровка средств измерения; Ремонт или замена оборудования; Разработка и утверждение графика поверки средств измерений	144
		Применение несоответствующих методов определения массовой содержания йода	8	Проверка журнала входного контроля	5	Корректный подбор метода определения содержания йода в соответствии с формой вещества и	3	Составление инструкции проведения лабораторного анализа ФПИ на этапе входного контроля	120

					характером анализируемого ФПИ			
ФПИ со сниженным содержанием йода	ФПИ с истекающим сроком годности	10	Проверка журналов приемки сырья и материалов	9	Верификация входящих ФПИ с проверкой сроков годности	8	Замена ФПИ с истекающим сроком годности на ФПИ с соответствующим коэффициентом запаса срока годности; Корректировка рецептуры с применением коэффициентов для использования ФПИ со сниженным содержанием йода	720
	Нарушение условий хранения ФПИ на складе поставщика или в процессе транспортировки	10	Верификация входящих ФПИ на количественное содержание йода	6	Аудит поставщика и транспортной компании	8	Замена ФПИ со сниженным содержанием йода на соответствующий нормам; Корректировка рецептуры с применением коэффициентов для использования ФПИ со сниженным содержанием йода	480
ФПИ, не подходящие для данной технологии	Йод вступает в реакцию с другими химическими веществами	8	Контроль количественного содержания йода в контрольных точках на производстве ФПП	4	Предварительное моделирование прототипа продукта и его испытания; Подбор подходящей формы ФПИ	8	Выбраковка партии ФПП, в которой были обнаружены отклонения; Корректировка рецептуры	256

		Высокая летучесть йода	9		7	Составление рецептуры и подбор технологии с учетом особенностей сохранности ФПИ в процессе производства и хранения	8		504
ПЧРэт									2341
Технология	Нарушения при хранении ФПИ на складе производства	Нарушение температурно-влажностных режимов хранения	9	Отслеживание изменений условий хранения ФПИ на производстве; Проверка журналов температурно-влажностных режимов хранения	6	Установление системы мониторинга за температурно-влажностными режимами с назначением ответственного лица за данный процесс	5	Проверка физико-химических показателей ФПИ; Установление условий хранения ФПИ, соответствующих виду сырья	270
		Нарушение сроков годности	8	Отслеживание сроков годности ФПИ на производстве; Проверка журналов учета сырья и материалов на складе	7	Соблюдение сроков годности ФПИ на производстве Соблюдение принципа FIFO/FEFO	6	Замена ФПИ с истекшим сроком годности на ФПИ с соответствующим коэффициентом запаса срока годности; Корректировка рецептуры с применением коэффициентов для использования ФПИ со сниженным содержанием йода	336

Нарушение технологии внесения ФПИ	Несоответствия в утвержденной технологической инструкция; Ошибки в части требований к технологическим режимам	10	Регулярный внутренний аудит технологических инструкций	8	Составление технологических инструкций в соответствии с требованиями действующих нормативных технических актов и национальных стандартов	7	Корректировка технологических инструкций; Инструктаж персонала, ответственного за разработку технологической инструкции	560
Неравномерное распределение йода в матрице продукта	Нарушение процесса перемешивания	9	Отбор образцов и анализ содержания йода в рецептурной смеси	8	Соблюдение технологических инструкций	7	Повторное перемешивание с соблюдением температурных режимов	504
Потери йода после термообработки	Влияние высоких температур при термообработке	9	Отбор образцов и анализ содержания йода в ФПП после термообработки	7	Составление рецептуры ФПП с учетом термоустойчивости йодсодержащего ФПИ	9	Выборка партии ФПП, в которой были обнаружены отклонения; Корректировка рецептуры	567
Выявление несоответствия на этапе контроля качества готовой продукции	Несоблюдение программы производственного контроля	8	Выявление ошибок при выполнении производственного контроля	8	Регулярная проверка ответственным лицом работы системы производственного контроля	7	Устранение ошибок, допущенных при выполнении производственного контроля	448
	Ошибки при осуществлении контроля качества готовой продукции	5	Проверка процесса контроля качества готовой продукции	6	Проведение испытаний готовой продукции	3	Устранение ошибок при осуществлении контроля качества готовой продукции	90

		Нарушение технологии производства ФПП	10	Отбор образцов и анализ содержания йода в готовом ФПП	8	Соблюдение технологических инструкций	7	Выбраковка партии ФПП, в которой были обнаружены отклонения; Корректировка рецептуры	560
	Потери йода в процессе хранения готового продукта	Истечение срока годности ФПП	10	Отслеживание сроков хранения ФПП; Контроль изменения содержания йода в ФПП в процессе хранения	6	Соблюдение сроков хранения ФПП;	7	Утилизация ФПП по истечению срока годности; Переход ФПП в категорию продуктов, не имеющих отличительных признаков ФПП	420
		Неподходящая упаковка продукта	9	Контроль изменения содержания йода в ФПП в процессе хранения	4	Подбор подходящей упаковки для ФПП	4	Замена способа упаковки или упаковочных материалов	144
		Нарушение условий хранения	8	Контроль изменения содержания йода в ФПП в процессе хранения	6	Соблюдение условий хранения ФПП	4	Изменение условий хранения в соответствии с видом ФПП	192
ПЧРэт									4339

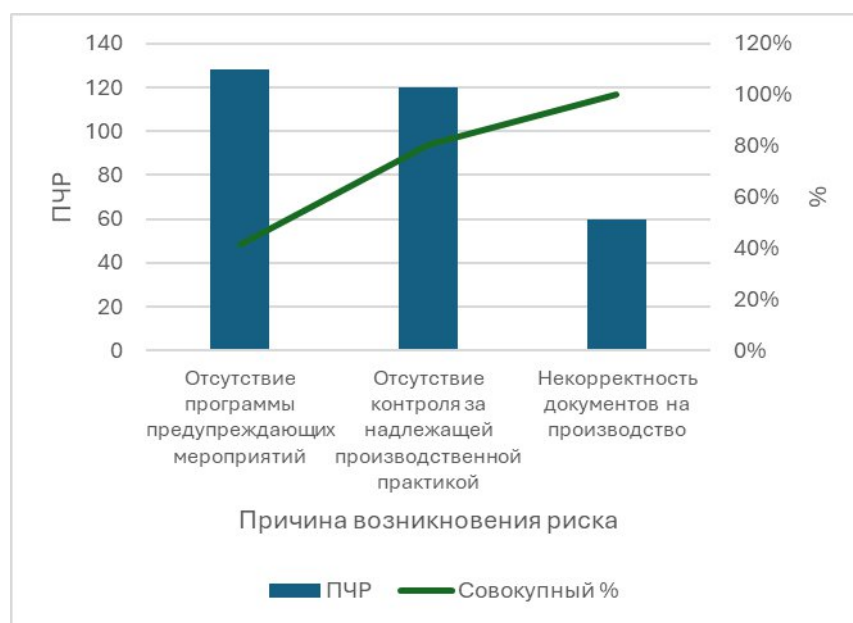


Рисунок 10 - Диаграмма Парето для области контроля «Управление»

Из представленной на Рисунке 10 диаграммы Парето следует, что наибольшее влияние на возникновение риска несоответствия содержания йода в ФПП данным, заявленным производителем в области контроля «Управление предприятием» является полное или частичное отсутствие предупреждающих мероприятий и отсутствие контроля со стороны ответственных лиц (высшего руководства) за надлежащей производственной практикой.

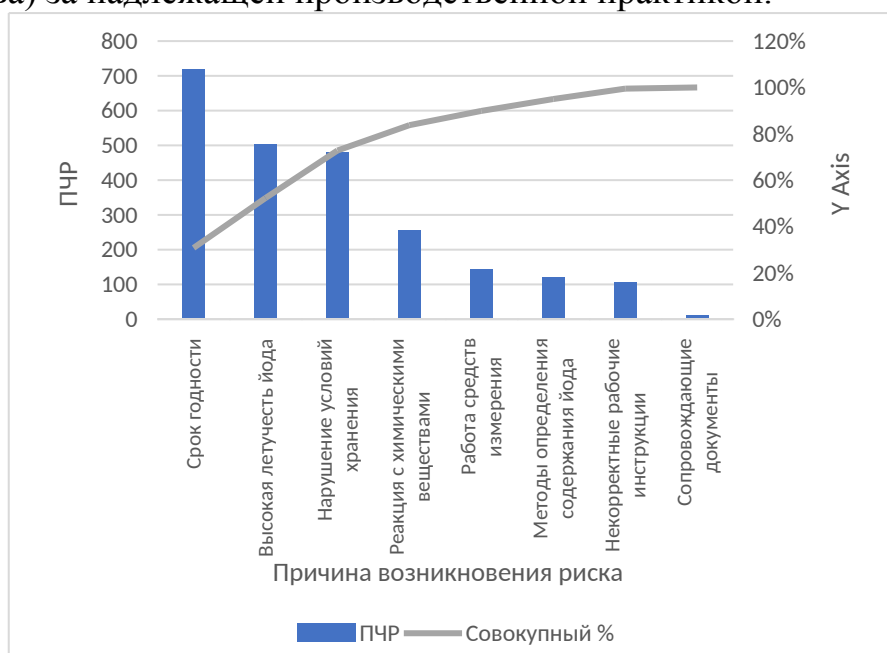


Рисунок 11 - Диаграмма Парето для области контроля «Сырье и материалы»

Из представленной на Рисунке 11 диаграммы Парето следует, что наибольшее влияние на возникновение риска несоответствия содержания йода в ФПП данным, заявленным производителем в области контроля «Сырье и материалы» является ФПИ с истекающим сроком годности, высокая летучесть йода и нарушение условий хранения ФПИ на складе поставщика или в процессе транспортировки.

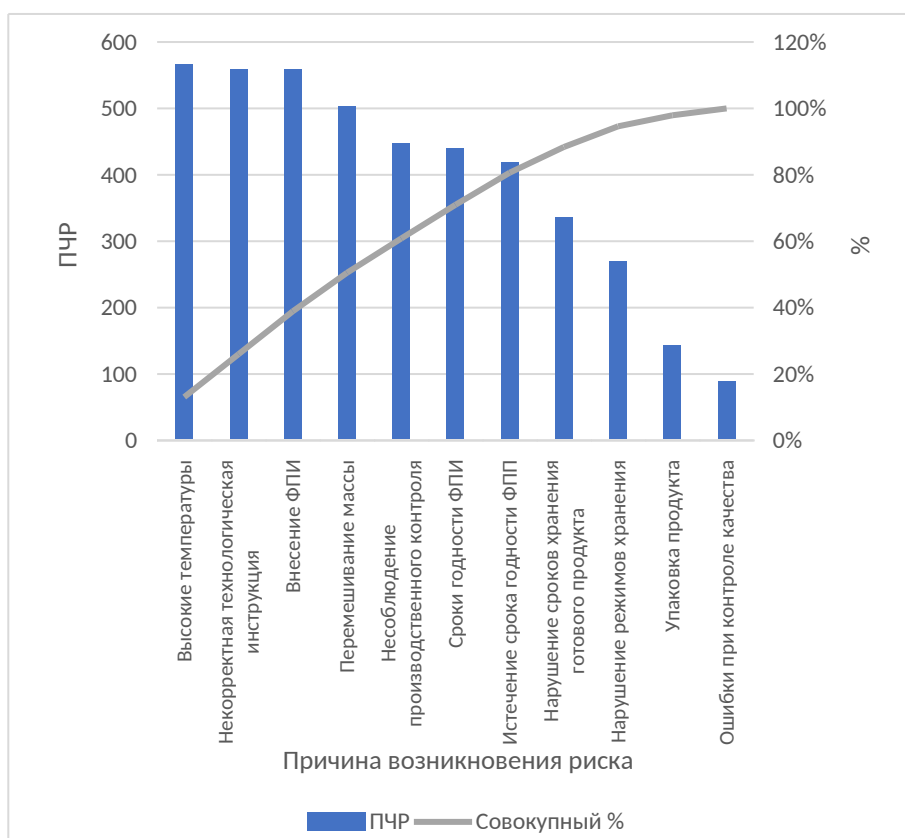


Рисунок 12 - Диаграмма Парето для области контроля «Технология»

Из представленной на Рисунке 12 диаграммы Парето следует, что наибольшее влияние на возникновение риска несоответствия содержания йода в ФПП данным, заявленным производителем в области контроля «Технология» является влияние высоких температур, некорректная технологическая инструкция, нарушение технологии производства ФПП, нарушение процесса перемешивания, несоблюдение программ производственного контроля, нарушение сроков хранения ФПИ, а также истечение срока хранения ФПП.

Анализ первопричин реализации рисков несоответствия йодсодержащего функционального пищевого продукта нормативной документации методом RCA показал необходимость применения следующих мер предупреждения для краткосрочных перспектив:

1. В области управления предприятием - составление плана предупреждающих мероприятий, своевременное устранение причин потенциальных несоответствий и регулярный внутренний аудит предприятия;
2. В отношении персонала – своевременный инструктаж и регулярная проверка знаний;
3. В части контроля сырья и материалов – проведение входного контроля в соответствии с инструкциями и регулярная проверка средств измерения, строгая верификация входящих материалов, составление рецептуры и моделирование продукта с учетом особенностей используемого сырья;
4. В технологической области контроля – строгое соблюдение технологических инструкций и их корректировка при необходимости, регулярная проверка работы системы производственного контроля, контроля изменения содержания йода в ФПП на всем жизненном цикле продукта.

Глава 4. Результаты исследований йода и йодтирозина

4.1 Исследование молекулярного йода в образцах ФПИ вольтамперметрическим методом

Для исследования содержания йода в образцах применялся вольтамперометрический метод с помощью анализатора «ТА-Lab» (ООО НПП «Томьаналит», Россия) с трехэлектродными ячейками. На Рисунках 13–15 представлены вольтамперограммы, полученные при определении искомого нутриента в образцах ФПИ в 5 точках измерения. Данные, полученные в ходе исследования представлены в Таблице 7 - Результаты анализов пищевых йодсодержащих ингредиентов на остаточное содержание молекулярного йода в процессе хранения.

На кривой 1 фонового электролита вольтамперограмм отсутствуют пики токов окисления - искомые элементы отсутствуют в фоне. На кривой 2 пробы присутствует ярко выраженный пик искомого элемента – присутствие в растворе ионов йода. После введения аттестационной смеси в раствор на анодной кривой 3 максимальное значение силы тока увеличивается не значительно.

В Таблице 7 представлены результаты полученных данных по содержанию йода в образцах ФПИ в процессе хранения с момента выработки до окончания срока годности в 5 контрольных точках измерения. Измерения проводились троекратно, за истинное значение принято медианное. Все образцы хранились с учетом подходящих условий окружающей среды без нарушения целостности упаковки.

Исследование образцов ФПИ включало вольтамперметрический метод определения молекулярного йода, по результатам которого были составлены диаграммы вида «ящик с усами», отражающие изменение содержания йода в процессе хранения с погрешностями измерения в виде размаха данных.

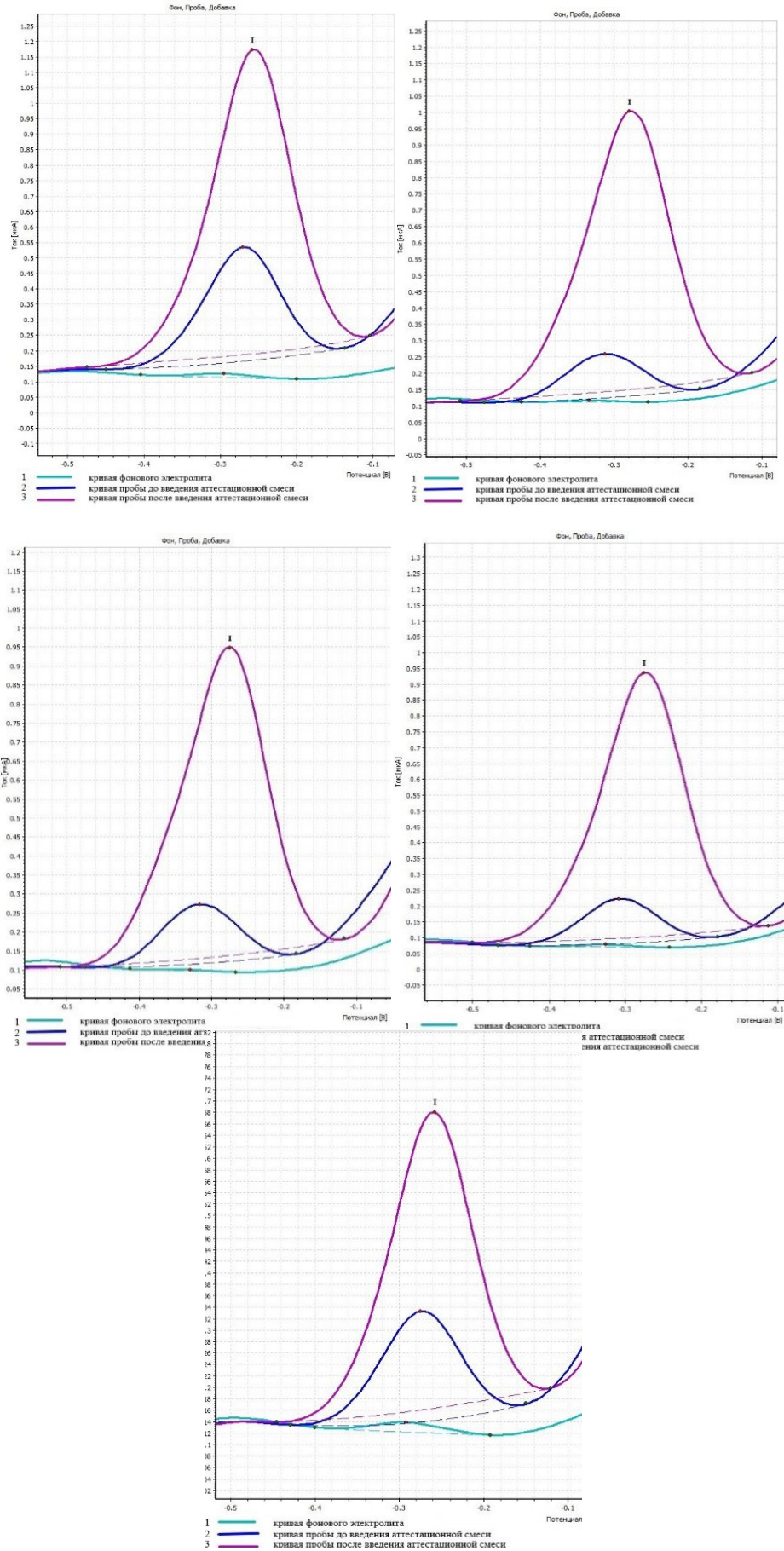


**Рисунок 13 - Вольтамперограммы образцов «Соль йодированная»
контрольных в пяти точках измерения на протяжении всего срока
годности**

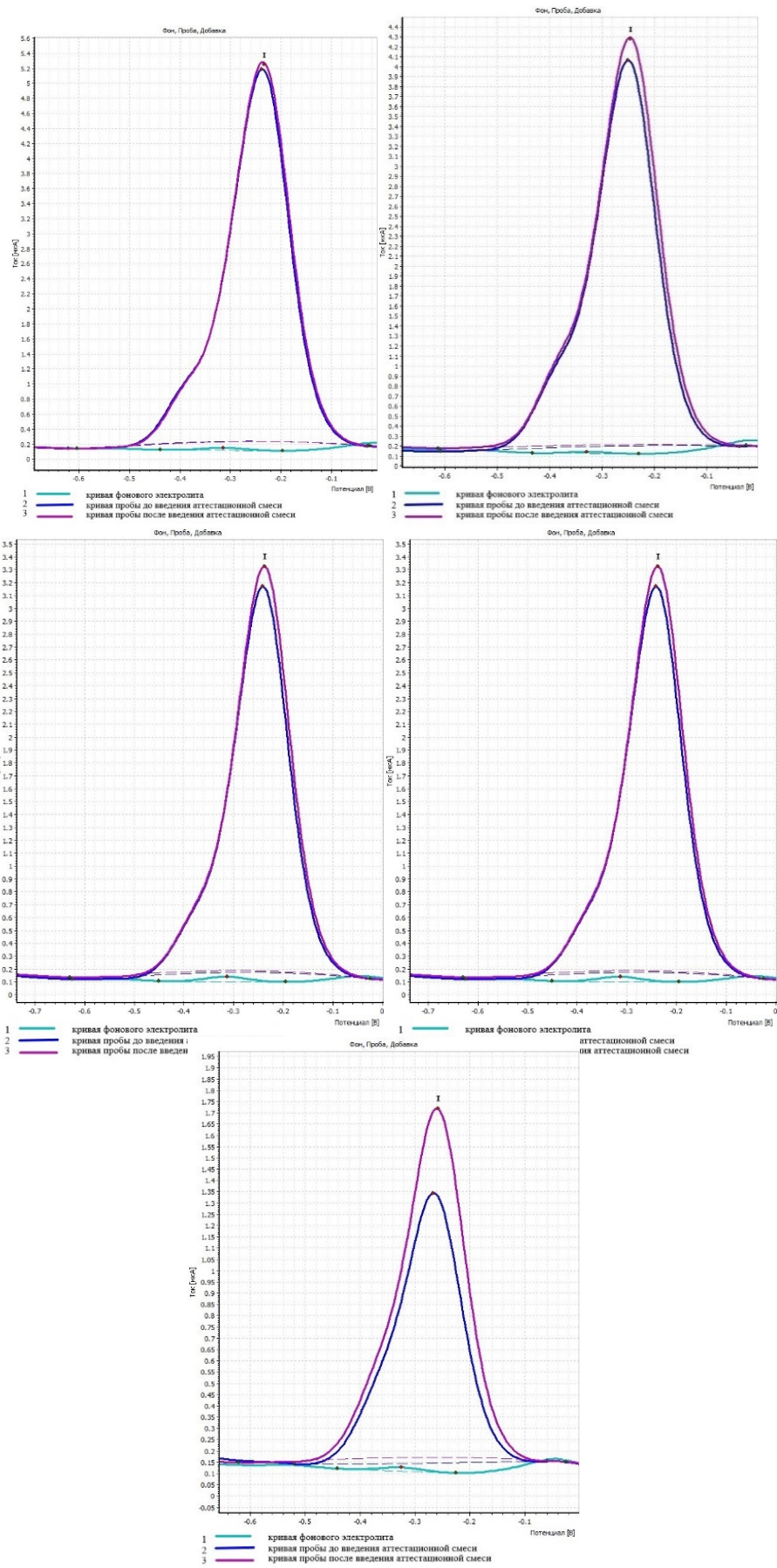


Рисунок 14 - Вольтамперограммы образцов «Сушеная ламинария» в пяти контрольных точках измерения на протяжении всего срока годности

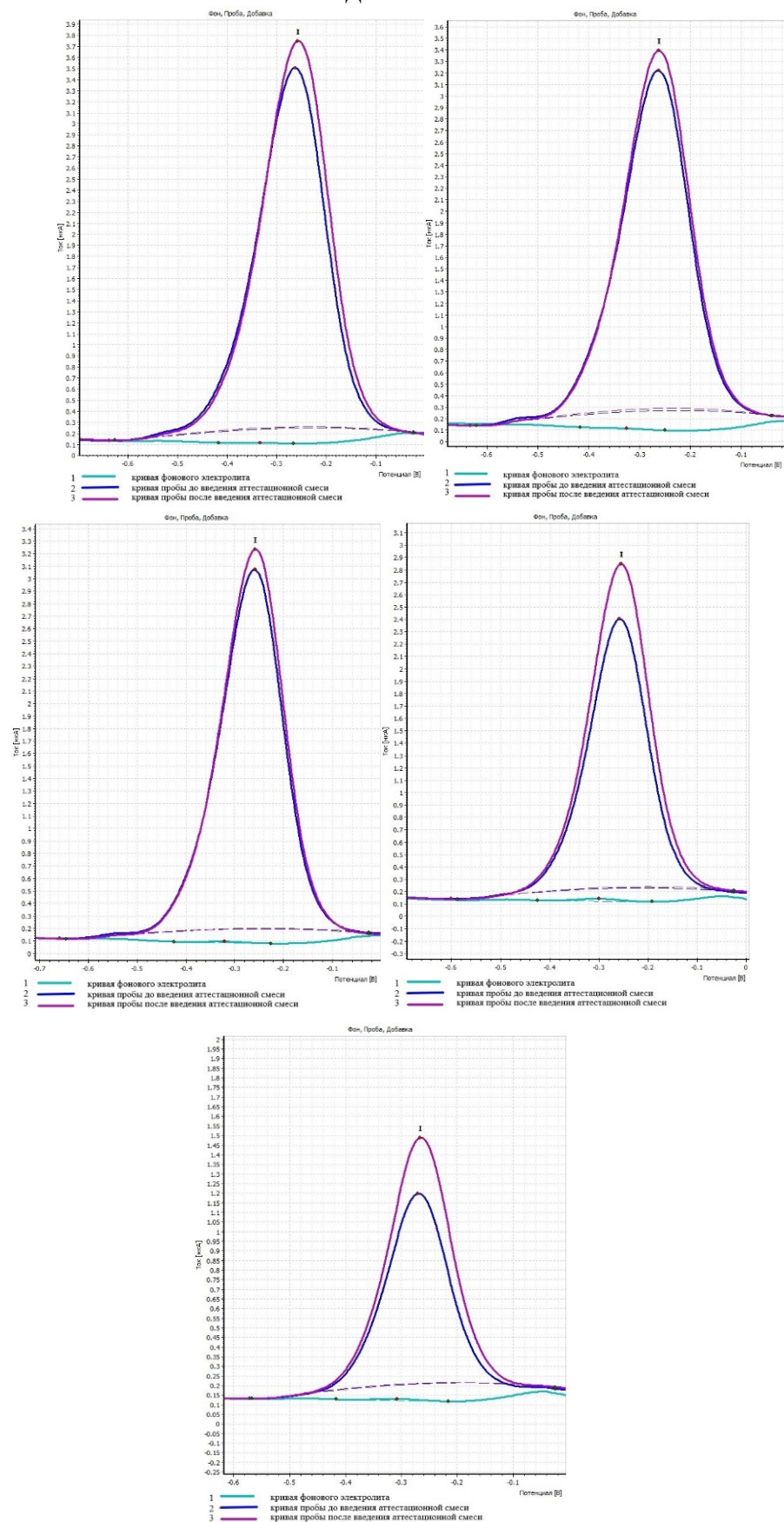


**Рисунок 15 - Вольтамперограммы образца «Йодказеин»
в пяти контрольных точках измерения на протяжении всего срока
годности**

Таблица 7 - Результаты исследования пищевых йодсодержащих ингредиентов на остаточное содержание йода в процессе хранения

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мг/кг		
		Соль йодированная	Ламинария сушеная	«Йодказеин»
В начале срока годности	1	30±8 ^a	15469±4808 ^a	20553±6382 ^a
	2	30±8	15469±4808	20553±6382
	3	30±8	15502±4808	20499±6382
80% от срока годности	1	31±8 ^a	15457±4808 ^a	20587±6382 ^a
	2	26±7	10563±3654	20101±6235
	3	27±7	10536±3654	19987±6235
50% от срока годности	1	25±7 ^b	10510±3654 ^b	20065±6235 ^b
	2	22±7	6675±2075	19630±6136
	3	23±7	6469±2075	19637±6136
20% от срока годности	1	26±7 ^b	6725±2075 ^b	19687±6136 ^b
	2	22±7	5508±1712	18345±5627
	3	21±7	5534±1712	18320±5627
С истекшим сроком годности	1	20±7 ^c	5478±1712 ^c	18267±5627 ^c
	2	14±7	4143±1295	17140±5331
	3	13±7	4168±1295	17178±5331

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают значительную разницу между образцами в разное время хранения при p < 0,05.

Погрешность измерения при выполнении исследования содержания йода вольтамперметрическим методом составила 31%. По результатам исследования содержания йода вольтамперметрическим методом были составлены диаграммы «ящик с усами», отражающие погрешность измерения в виде диаграммы размаха данных.

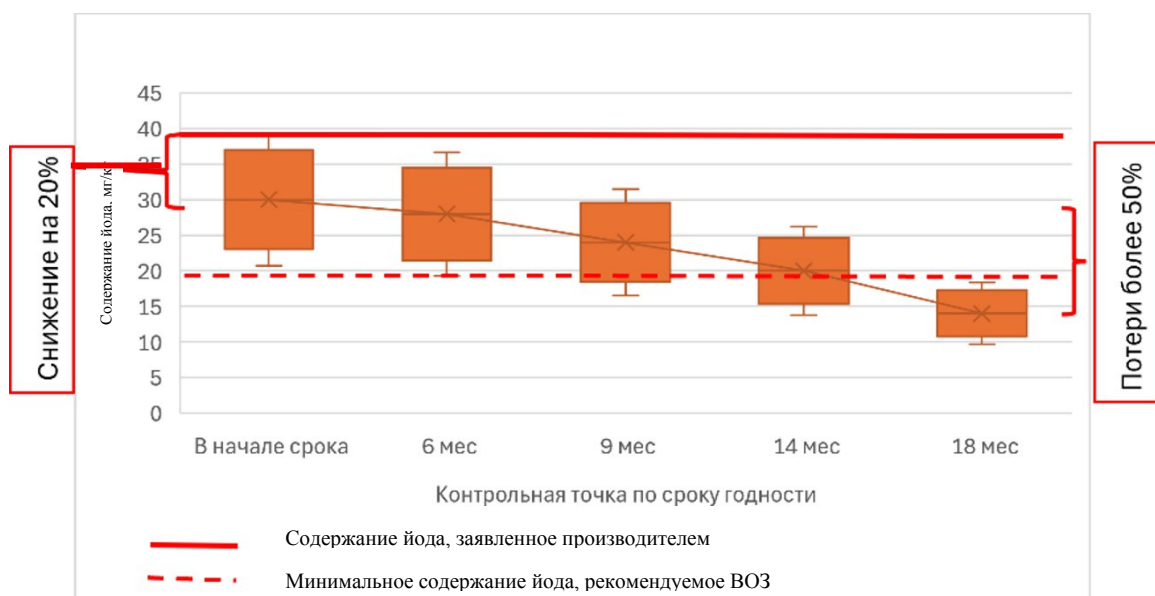


Рисунок 16 - Динамика снижения содержания йода в ФПИ «Йодированная соль» в процессе хранения

Анализ данных, приведенных на Рисунке 16 показал снижение йода в объекте «Йодированная соль» от начального уровня в 30 мг/кг в процессе хранения:

80% от срока годности – до 27 мг/кг, что на 10 % ниже начального уровня;
 50% от срока годности – до 23 мг/кг, что на 23 % ниже начального уровня;
 20% от срока годности – до 22 мг/кг, что на 27 % ниже начального уровня;
 С истекшим сроком годности – до 14 мг/кг, что на 54 % ниже начального уровня.

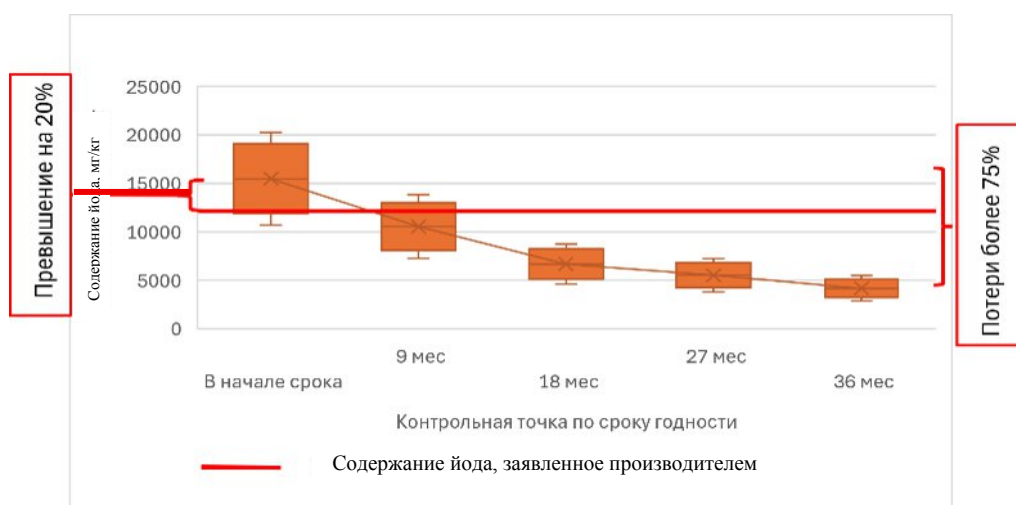


Рисунок 17 - Динамика снижения содержания йода в ФПИ «Сушеная ламинария» в процессе хранения

Анализ данных, приведенных на рисунке 17 показал снижение йода в объекте «Сушеная ламинария» от начального уровня в 15469 мг/кг в процессе хранения:

80% от срока годности – до 10536 мг/кг, что на 32 % ниже начального уровня;
 50% от срока годности – до 6675 мг/кг, что на 57 % ниже начального уровня;
 20% от срока годности – до 5534 мг/кг, что на 64 % ниже начального уровня;
 С истекшим сроком годности – до 4168 мг/кг, что на 73 % ниже начального уровня.

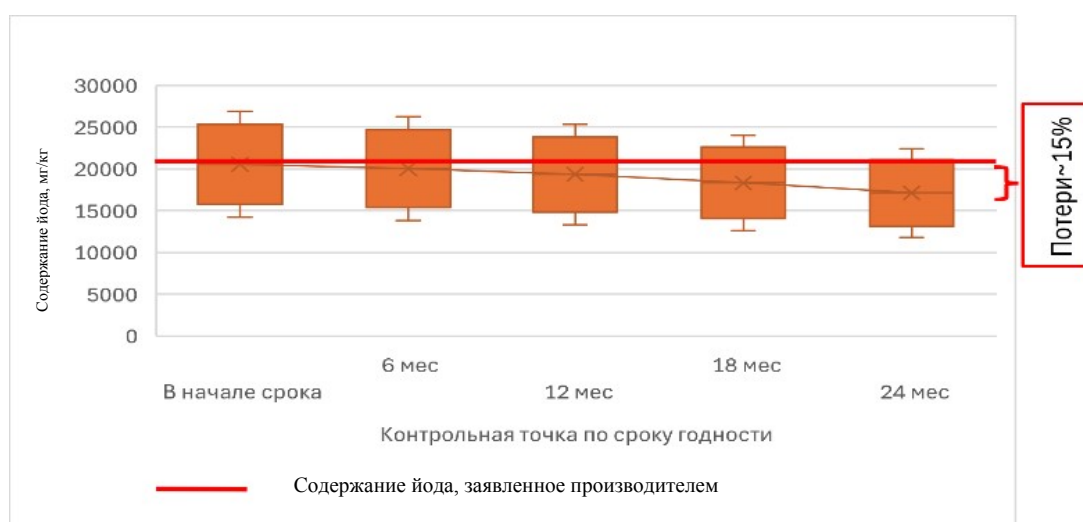


Рисунок 18 - Динамика снижения содержания йода в ФПИ «Йодказеин» в процессе хранения

Анализ данных, приведенных на Рисунке 18 показал снижение йода в объекте «Йодказеин» от начального уровня в 20553 мг/кг в процессе хранения:

80% от срока годности – до 20101 мг/кг, что на 2 % ниже начального уровня;
 50% от срока годности – до 19637 мг/кг, что на 4 % ниже начального уровня;
 20% от срока годности – до 18345 мг/кг, что на 11 % ниже начального уровня;
 С истекшим сроком годности – до 17178 мг/кг, что на 16 % ниже начального уровня.

Исследование йода в объекте «Соль йодированная» показало, что фактическое содержание йода в начале срока годности меньше заявленного производителем, а его снижение в процессе хранения происходит более чем в 2 раза и не соответствует рекомендациям Комитета по контролю за

профилактикой ЙДЗ. Применение данного объекта с целью профилактики ЙДЗ будет неэффективным, а превышение рекомендуемой нормы потребления соли с целью увеличения содержания потребляемого с солью йода может быть чревато развитием других неинфекционных заболеваний.

Исследование йода в объекте сушеная ламинария показало, что фактическое содержание йода в начале срока годности значительно выше заявленного производителем, и стремительно снижается в зависимости от срока хранения, а к концу срока годности и вовсе приближается к нулю. Применение данного объекта в качестве средства профилактики ЙДЗ должно сопровождаться строгим контролем йода в пищевом ингредиенте с целью недопущения передозировки йода со всеми вытекающими последствиями.

Исследование йода в объекте «Йодказеин» показало, что фактическое содержание йода в начале срока годности соответствует заявленному производителем, а снижение его в процессе хранения происходит плавно. На конец срока годности содержание йода в объекте составляло не менее 85% от содержания в начале срока годности, что свидетельствует о высокой устойчивости данного соединения.

Исследования йода в ФПИ в процессе хранения показали необходимость введения коэффициентов использования с целью сохранения отличительных признаков обогащенного ФПП на протяжении всего срока годности.

Дополнительно было осуществлено исследование содержания органического йода в виде йодтирозинов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрофотометрическим детектированием в образцах сушеной ламинарии и «Йодказеин», по результатам которого были составлены столбчатые диаграммы, включающие экспоненциальные зависимости снижения содержания йодтирозинов от срока хранения. Для образца «Соль йодированная» метод ВЭЖХ-МС не применялся по причине отсутствия в составе каких-либо органических веществ, а значит отсутствия каких-либо следов йодтирозинов.

4.2 Исследование йодтирозинов в образцах ФПИ методом ВЭЖХ-МС

Для исследования содержания йодтирозинов в предварительно гидролизованных образцах применялся метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с масспектрометрическим детектированием с помощью автосамплера системы ВЭЖХ («Agilent 1200 series», США) в режиме мониторинга множественных реакций на масс-спектрометре («Agilent Technologies», США). Объект «Йодированная соль» не подвергался анализу поскольку не содержит в составе йодказеина, а содержит йодид и йодат калия.

На рисунках 19–23 представлены хроматограммы йодтирозинов, полученные при определении искомого нутриента в образцах ФПИ, полученные в пяти контрольных точках измерения в процессе хранения.

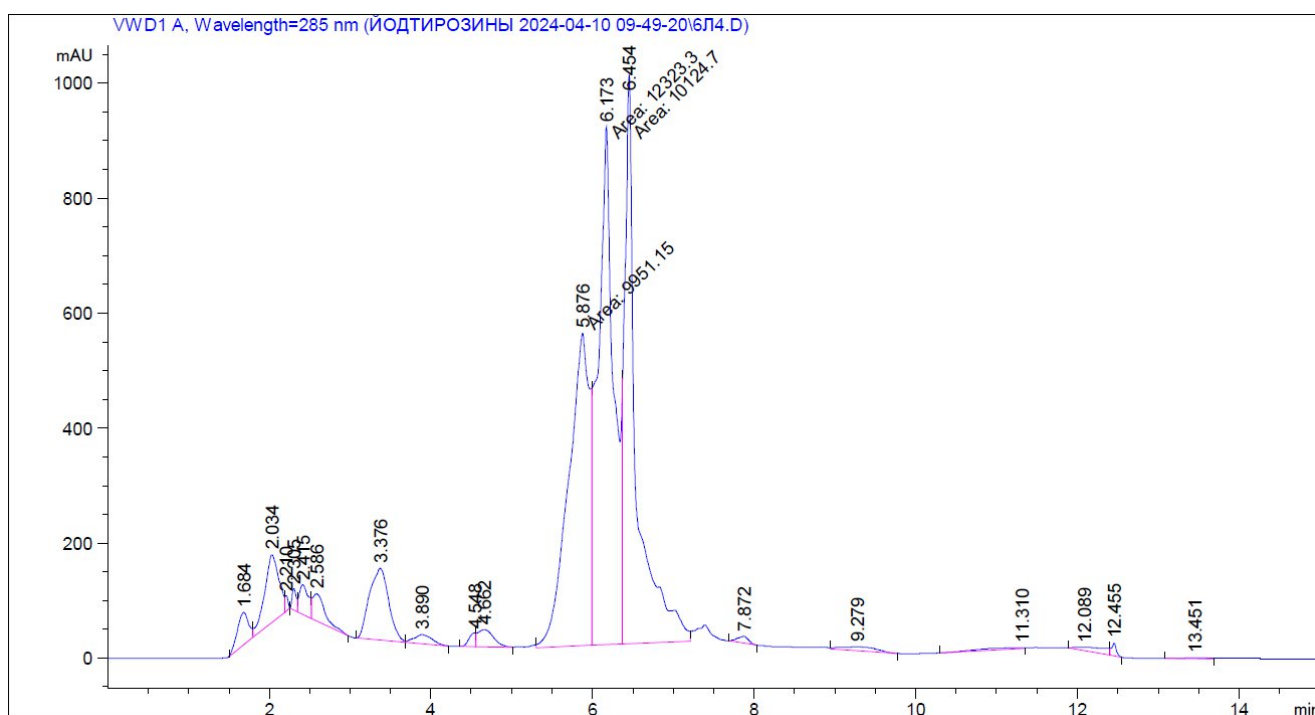


Рисунок 19 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце «Йодказеин», полученная на этапе измерения «В начале срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

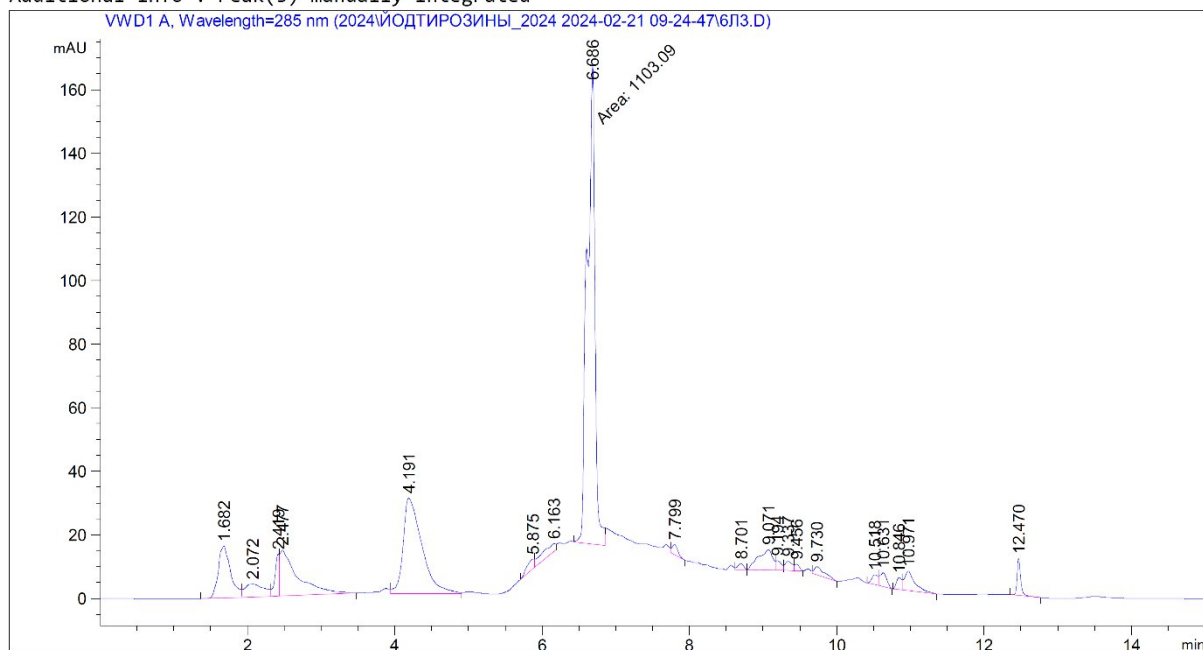


Рисунок 20 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце ФПИ «Йодказеин», полученная на этапе измерения «80% от срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

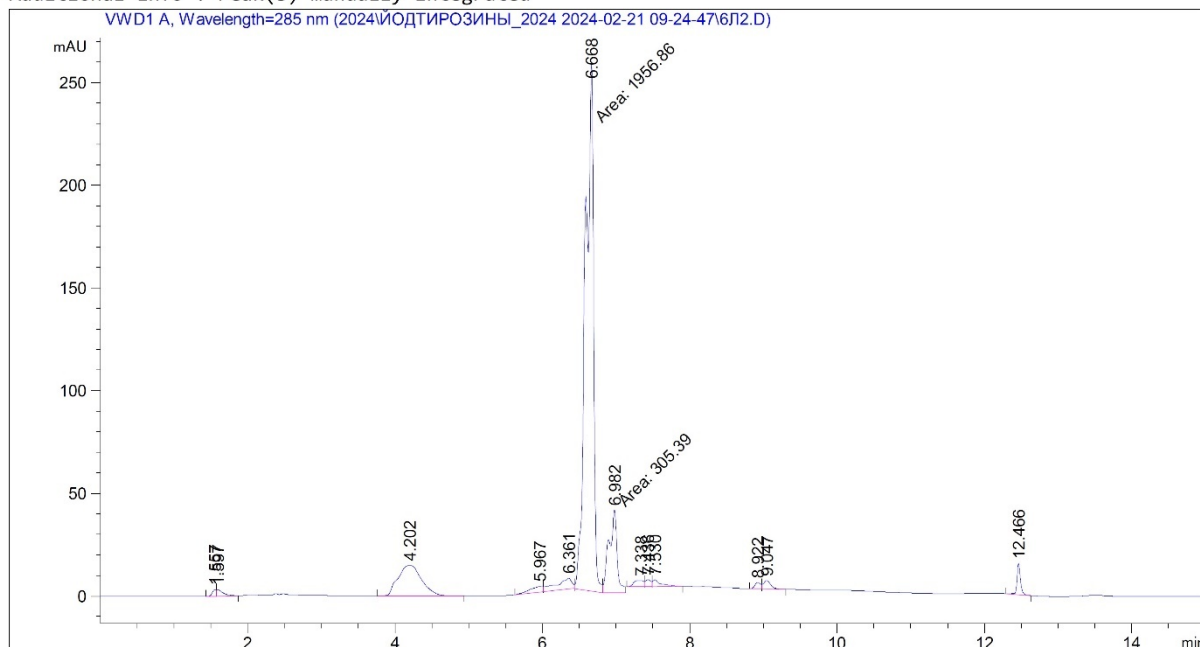


Рисунок 21 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце ФПИ «Йодказеин», полученная на этапе измерения «50% от срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

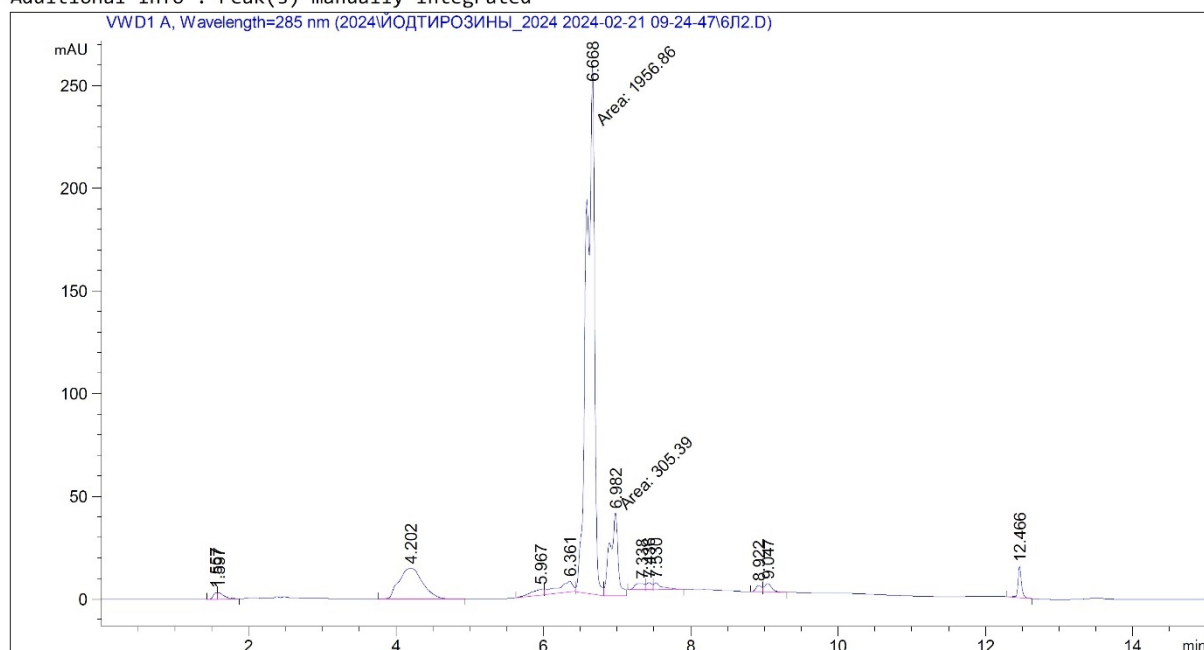


Рисунок 22 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце ФПИ «Йодказеин», полученная на этапе измерения «20% от срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

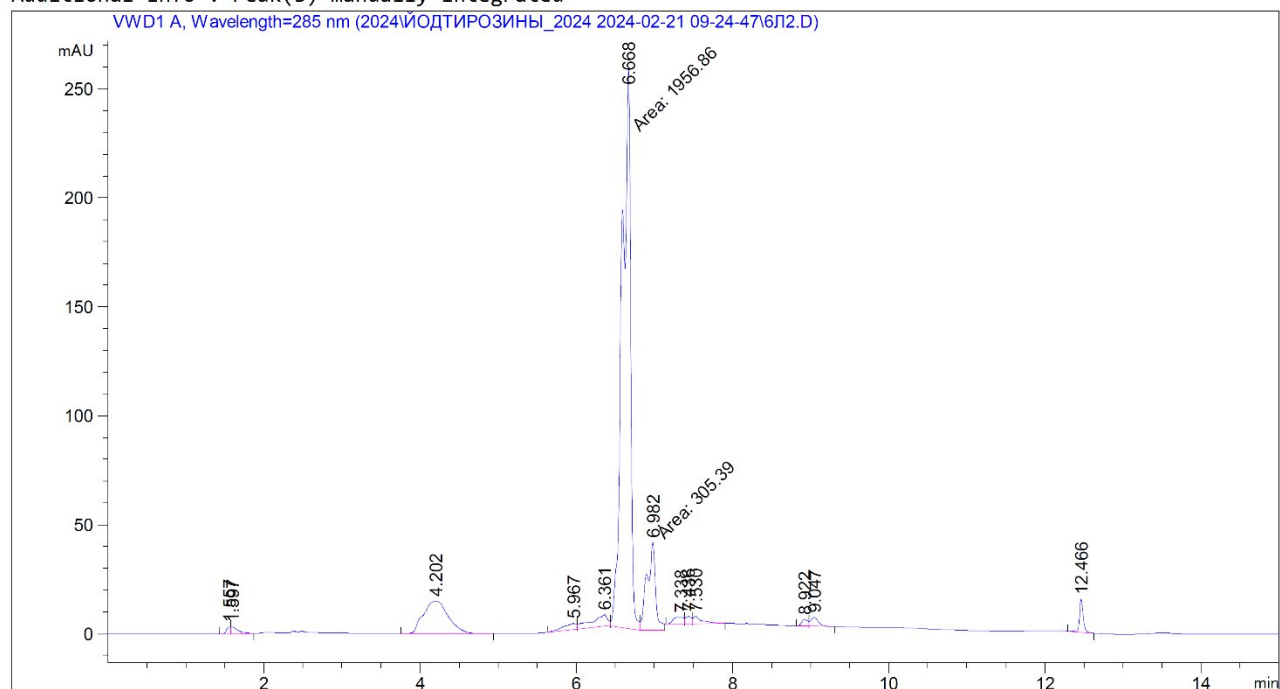


Рисунок 23 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце ФПИ «Йодказеин», полученная на этапе измерения «В конце срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

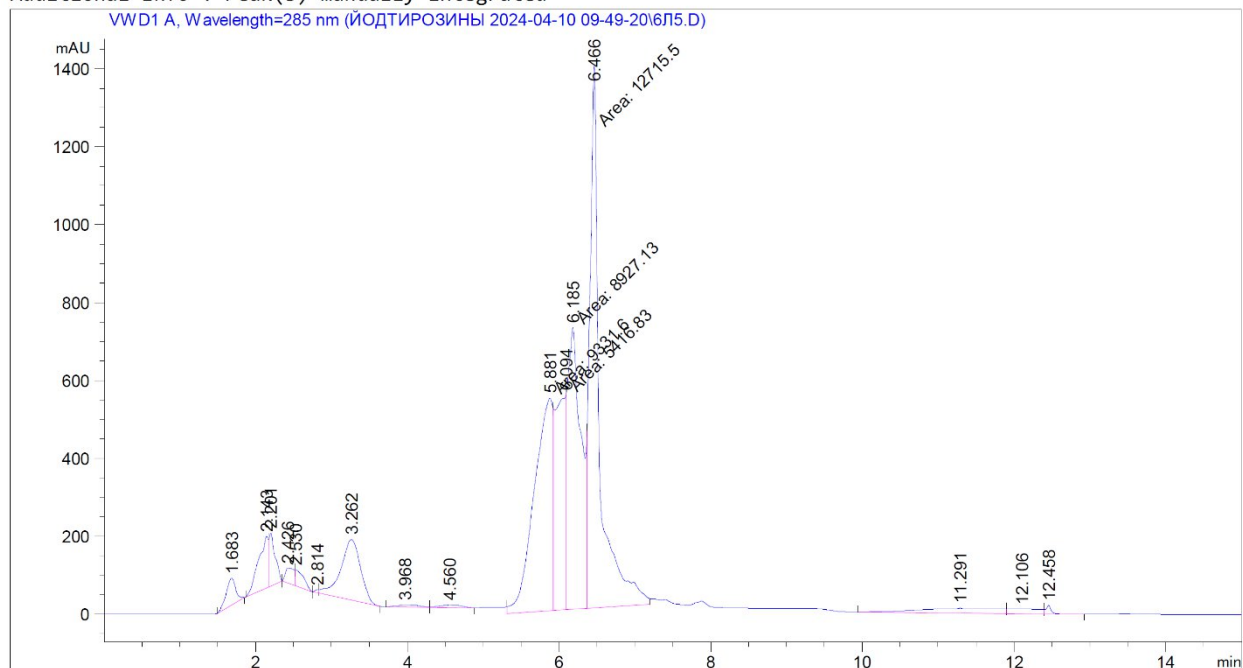


Рисунок 24 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце «Сушеная ламинария», полученная на этапе измерения «В начале срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

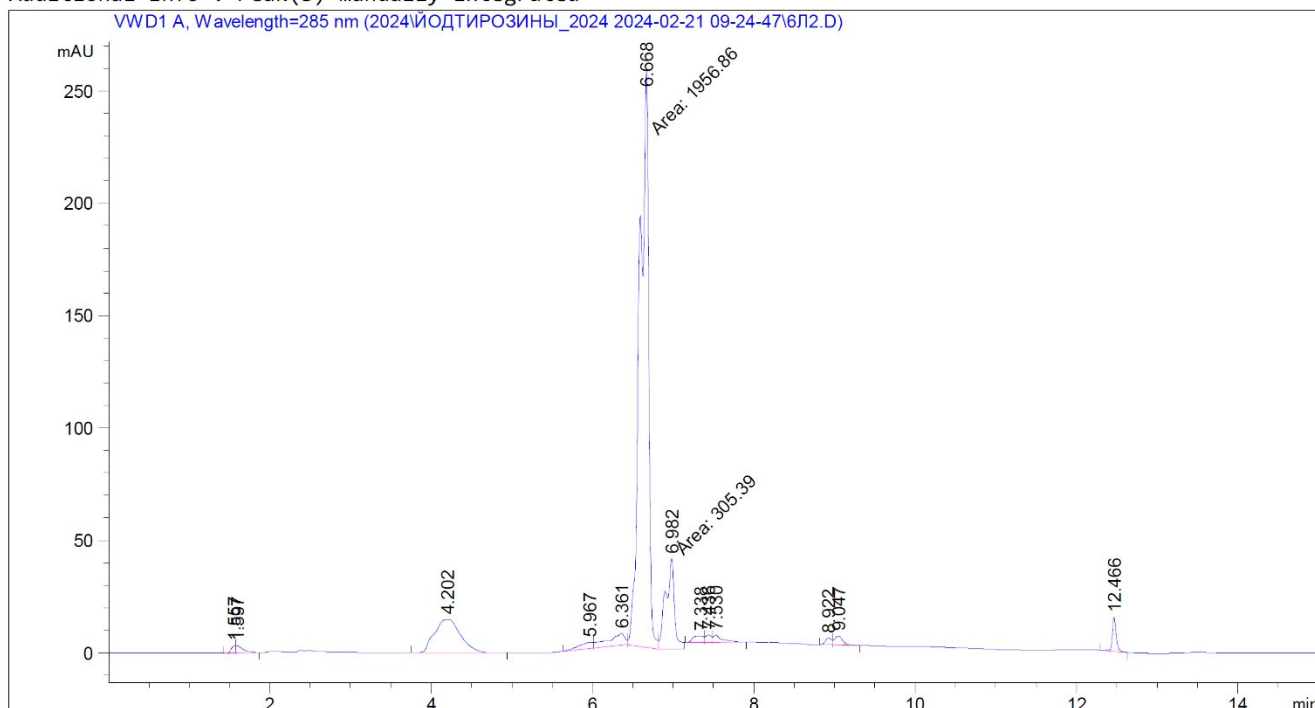


Рисунок 25 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце «Сушеная ламинария», полученная на этапе измерения «80% от срока годности»

Additional Info : Peak(s) manually integrated

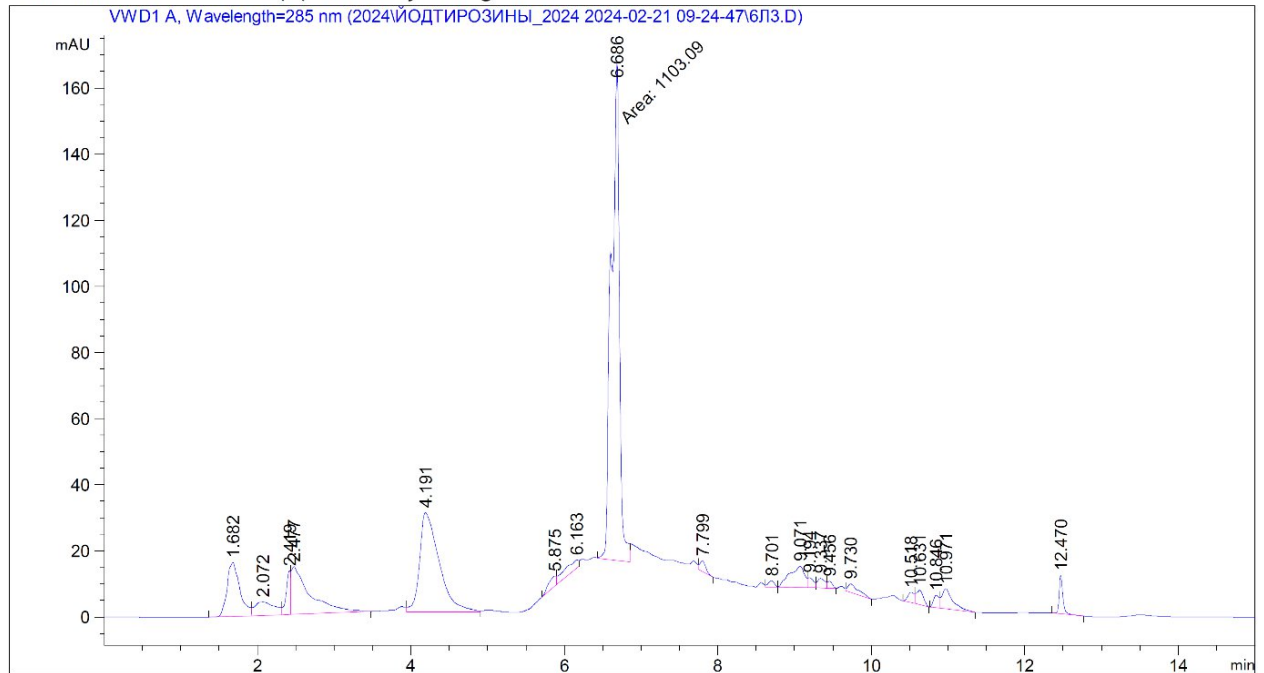


Рисунок 26 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце «Сушеная ламинария», полученная на этапе измерения «50% от срока годности»

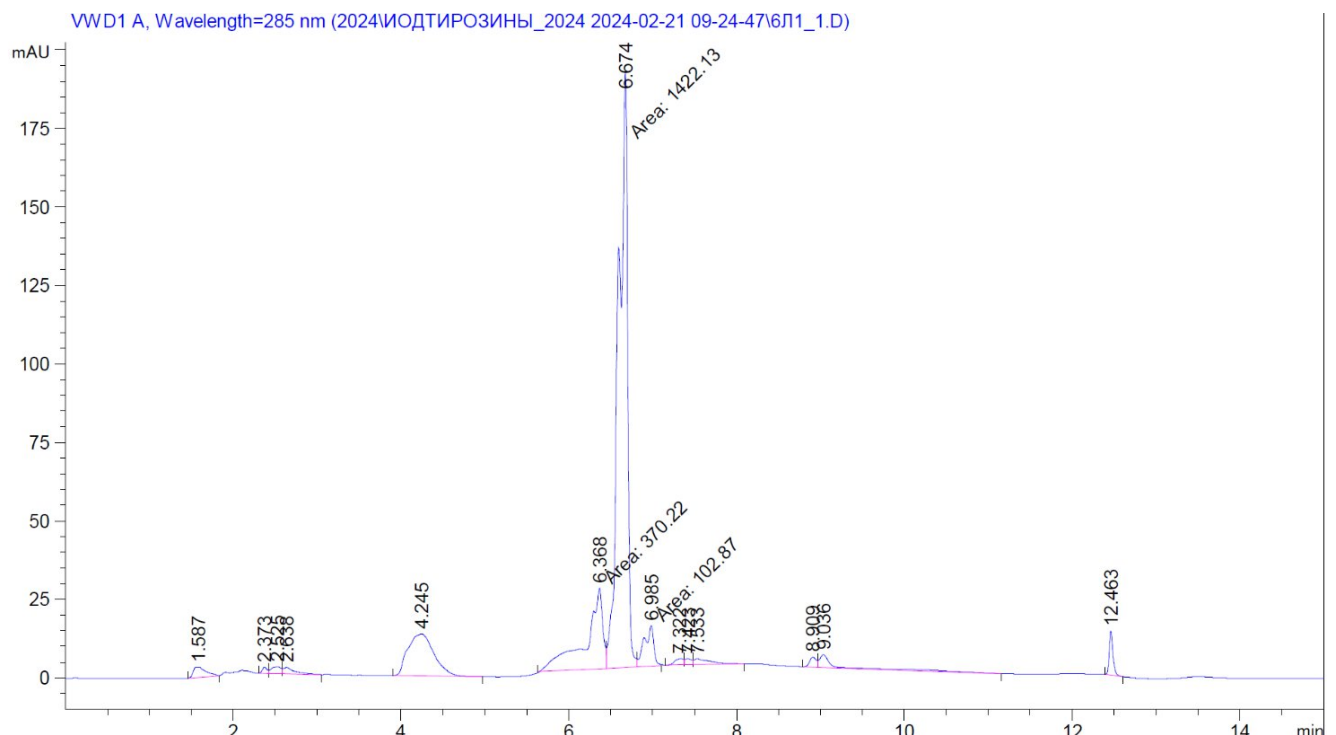


Рисунок 27 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце «Сушеная ламинария», полученная на этапе измерения «20% от срока годности»

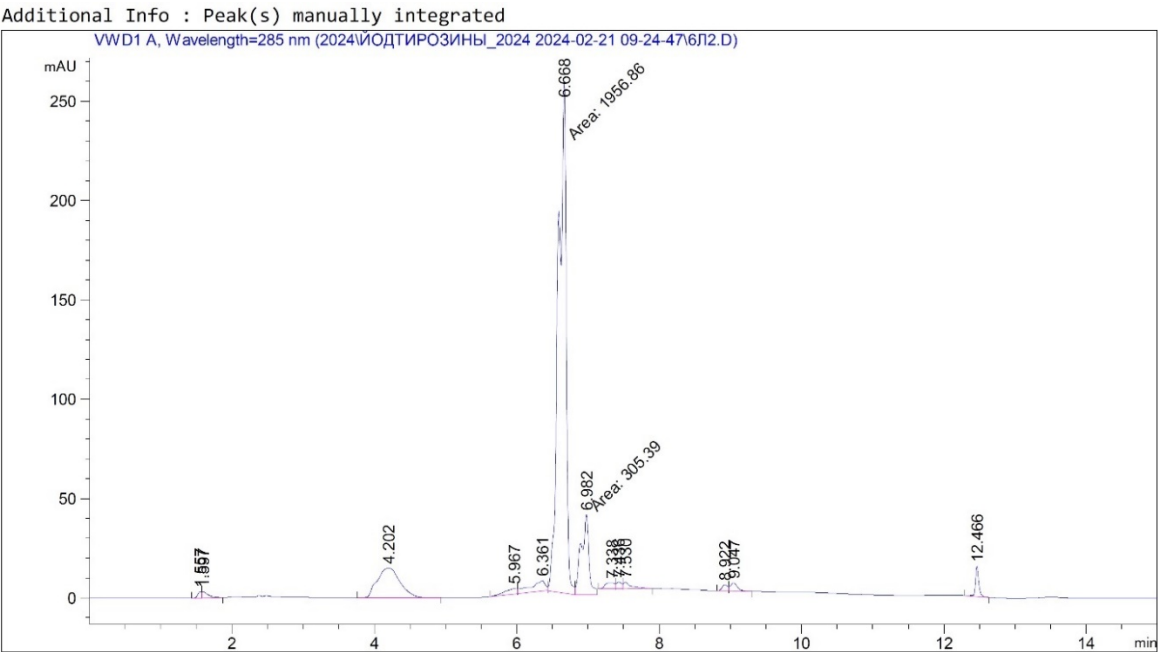


Рисунок 28 - Хроматограмма содержания йодтирозинов в образце «Сушеная ламинария», полученная на этапе измерения «Конец срока годности»

В Таблице 8 представлены результаты полученных данных по содержанию йодтирозинов (МИТ, ДИТ и их сумма) в образцах в процессе хранения с момента выработки до окончания срока годности в 5 контрольных точках измерения. Каждый опыт проводился тоекратно, за истинное было принято среднее арифметическое значение полученных результатов в рамках одного опыта.

Таблица 8 - Исследование ФПИ на остаточное содержание йодтирозинов в процессе хранения

Контрольная точка	№ опыта	Показатель, %	«Йодказеин»	«Сушеная ламинария»
В начале срока годности	1.1	МИТ	10,57 ± 0,16 ^a	0,39 ± 0,01 ^a
		ДИТ	3,03 ± 0,07 ^a	< 0,012
		Суммарно	13,6 ^a	0,4 ^a
	1.2	МИТ	11,12 ± 0,16	0,54 ± 0,01
		ДИТ	2,98 ± 0,07	< 0,012
		Суммарно	14,1	0,55
	1.3	МИТ	11,47 ± 0,16	0,69 ± 0,01
		ДИТ	2,93 ± 0,07	< 0,012
		Суммарно	14,4	0,7

80% от срока годности	2.1	МИТ	$10,46 \pm 0,17^a$	$0,29 \pm 0,01^b$
		ДИТ	$3,49 \pm 0,05^b$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,95^a$	$0,3^b$
	2.2	МИТ	$10,73 \pm 0,18$	$0,31 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,57 \pm 0,05$	$< 0,012$
		Суммарно	$14,3$	$0,32$
	2.3	МИТ	$10,3 \pm 0,15$	$0,36 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,51 \pm 0,05$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,81$	$0,37$
50% от срока годности	3.1	МИТ	$10,5 \pm 0,16^a$	$0,16 \pm 0,01^c$
		ДИТ	$3,5 \pm 0,06^b$	$< 0,012$
		Суммарно	14^a	$0,17^c$
	3.2	МИТ	$10,49 \pm 0,16$	$0,19 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,31 \pm 0,05$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,8$	$0,2$
	3.3	МИТ	$10,2 \pm 0,16$	$0,26 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,41 \pm 0,05$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,61$	$0,27$
20% от срока годности	4.1	МИТ	$10,5 \pm 0,15^a$	$0,15 \pm 0,01^c$
		ДИТ	$3,11 \pm 0,05^{ca}$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,64$	$0,16^c$
	4.2	МИТ	$11,2 \pm 0,15$	$0,13 \pm 0,01$
		ДИТ	$2,79 \pm 0,04$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,99$	$0,12$
	4.3	МИТ	$10,27 \pm 0,15$	$0,13 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,13 \pm 0,05$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,7$	$0,14$
С истекшим сроком годности	5.1	МИТ	$10,2 \pm 0,15^a$	$0,044 \pm 0,01^d$
		ДИТ	$3,4 \pm 0,05^a$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,6^a$	$0,055^d$
	5.2	МИТ	$9,9 \pm 0,15$	$0,050 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,11 \pm 0,05$	$< 0,012$
		Суммарно	$13,01$	$0,06$
	5.3	МИТ	$10,58 \pm 0,16$	$0,055 \pm 0,01$
		ДИТ	$3,62 \pm 0,06$	$< 0,012$
		Суммарно	$14,2$	$0,065$

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодтирозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

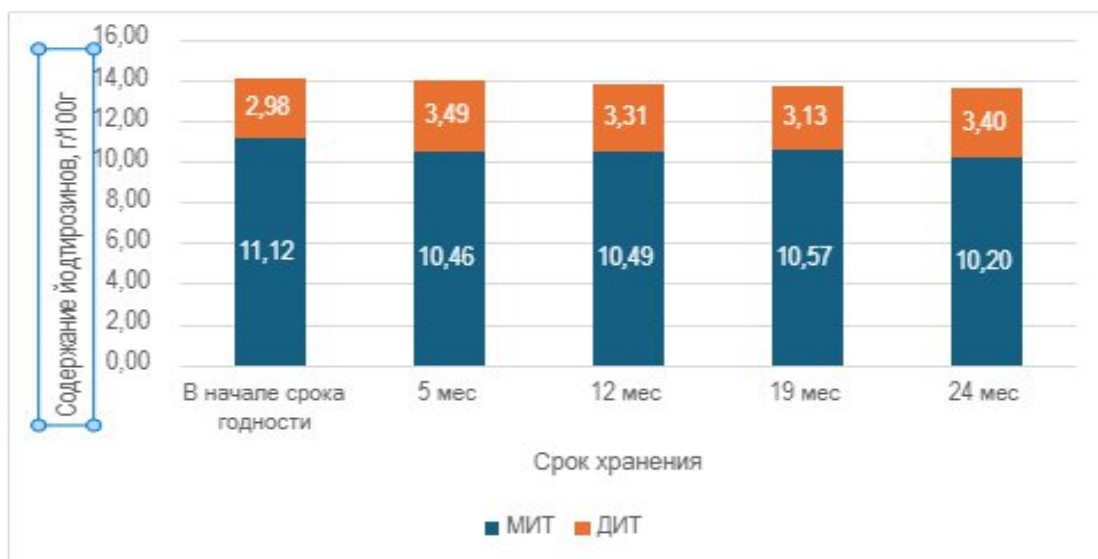


Рисунок 29 - Содержание йодтирозинов в ФПИ «Йодказеин», измерение в процессе хранения

Анализ данных, приведенных на Рисунке 29 показал снижение содержания йодтирозинов в процессе хранения ФПИ «Йодказеин» от начального уровня в 14 % до:

80% от срока годности – до 13,95 %, что на 0,7 % ниже начального уровня;

50% от срока годности – до 13,8 %, что на 1,2 % ниже начального уровня;

20% от срока годности – до 13,7 %, что на 1,6 % ниже начального уровня;

С истекшим сроком годности – до 13,6 %, что на 2 % ниже начального уровня.



Рисунок 30 – Исследование содержания йодтирозинов в ФПИ «Сушеная ламинария», измерение в процессе хранения

Анализ данных, приведенных на Рисунке 30 показал снижение содержания йодтирозинов в процессе хранения ФПИ «Сушеная ламинария» от начального уровня в 0,54 % до:

80% от срока годности – до 0,32 %, что на 37 % ниже начального уровня;

50% от срока годности – до 0,2 %, что на 60 % ниже начального уровня;

20% от срока годности – до 0,13 %, что на 76 % ниже начального уровня;

С истекшим сроком годности – до 0,05 %, что на 90 % ниже начального уровня.

Использование ФПИ Сушеная ламинария в составе ФПП для обогащения йодтирозинами должно сопровождаться входным контролем с целью обеспечения качества готового продукта, включающим проверку добавки на концентрацию йодтирозинов. Использование ФПИ «Йодказеин» в составе ФПП допустимо на любом сроке годности обогащающей добавки без потери отличительных свойств готового продукта.

Данные полученные в ходе исследования йодтирозинов могут быть использованы для дальнейшего расчета содержания молекулярного йода в объектах исследования.

Результаты исследования йода и йодтирозинов в ФПИ в процессе хранения показали необходимость введения коэффициентов использования ФПИ с целью сохранения отличительных признаков ФПП на протяжении всего срока годности. Алгоритм расчета коэффициентов использования ФПИ изложен в п. 5.1.

4.3 Анализ этапов производства функциональных пищевых продуктов с целью выявления наибольших рисков потери йода

Оценка риска представляла собой процесс, состоящий из идентификации, анализа и сравнительной оценки риска. В данной работе фокус внимания был сконцентрирован на обогащении продуктов на основе мясного сырья функциональными пищевыми ингредиентами с целью придания готовому продукту отличительных свойств, снижающих риск развития йододефицитных заболеваний, связанных с питанием,

предотвращающих дефицит или восполняющих имеющийся в организме человека дефицит йода и сохраняющих и улучшающих здоровье за счет наличия в его составе йода. Технологические схемы производства колбасных изделий, консервов и полуфабрикатов, включающие этап внесения ФПИ, представлены в приложениях 5–7:

- блок-схема производства вареных колбасных изделий, обогащенных йодом (приложение 5);
- блок-схема производства мясных полуфабрикатов, обогащенных йодом (приложение 6);
- блок-схема производства мясорастительных консервов, обогащенных йодом (приложение 7).

На основе научно-технической литературы экспертным путем было установлено, что наиболее значимыми этапами производства ФПП в отношении рисков потери йода являются: приемка сырья и материалов и их хранение на складе производства, процессы фаршесоставления, термической обработки, а также хранение готовых ФПП.

На технологических схемах красными элементами выделены технологические этапы производства ФПП, на которых необходимо внедрение контрольных точек для осуществления контроля содержания йода в сырье, промежуточном и готовом продукте.

4.4 Изучение влияния способов технологической обработки на содержание йода в функциональных пищевых продуктах

В качестве объектов исследования были взяты опытные образцы фарша и продуктов, прошедших термическую обработку, отобранные при производстве ФПП: вареной колбасы, консервов и полуфабрикатов, вырабатываемых с добавлением йодсодержащих ФПИ:

- образец Колбаса вареная подвергался варке в термокамере до достижения в центре батона $t=72^{\circ}\text{C}$;

- образец Консервы мясорастительные подвергался стерилизации при $t=120^{\circ}\text{C}$;
- образец Полуфабрикаты мясные подвергался замораживанию при $t=-18^{\circ}\text{C}$.

4.4.1 Исследование молекулярного йода вольтамперметрическим методом в образцах до и после термообработки.

В таблицах 9–11 и на рисунках 31–33 представлены результаты полученных данных по содержанию йода в образцах фаршей и термически обработанных продуктов.

Таблица 9 - Результаты исследования йода в опытных образцах фаршей и термически обработанных продуктов с добавлением йодированной соли

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мкг/кг		
		Колбаса вареная	Консервы мясорастительные	Полуфабрикаты мясные (замораживание)
На этапе фаршесоставления	1	50±18	47±17	52±19
	2	53±20	50±18	49±18
	3	49±18	51±18	50±18
После термической обработки	1	33±10	32±10	26±9
	2	31±9	29±10	30±10
	3	25±9	35±12	24±9

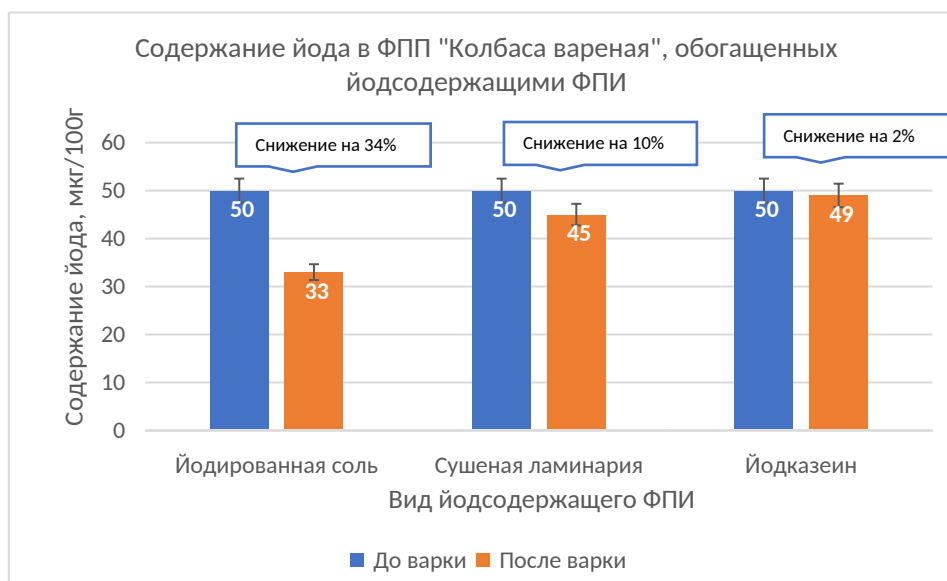


Рисунок 31 - Результаты исследования содержания йода в ФПП «Колбаса вареная», обогащенных йодсодержащими ФПИ до и после термообработки

Результаты исследования йода в ФПП на мясной основе с добавлением йодированной соли после проведения процесса термообработки показали следующее:

- в образце Колбаса вареная содержание йода снизилось на 34%;
- в образце Консервы мясорастительные содержание йода снизилось на 30%;
- в образце Полуфабрикаты мясные замороженные содержание йода снизилось на 48%.

Таблица 10 - Результаты анализов молекулярного йода в опытных образцах фаршей и термически обработанных продуктов с добавлением сушеной ламинарии

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мкг/кг		
		Колбаса вареная	Консервы мясорастительные	Полуфабрикаты мясные (замораживание)
На этапе фаршесоставления	1	50±18	59±25	52±19
	2	57±23	50±18	41±12
	3	45±14	46±14	50±18
После термической обработки	1	52±19	44±14	55±21
	2	45±14	45±14	47±16
	3	41±12	39±11	48±16

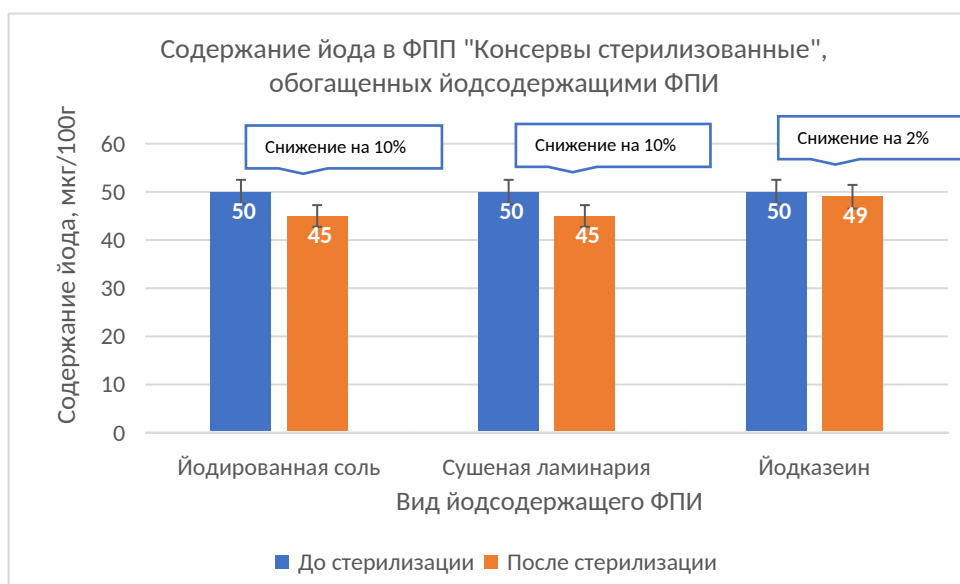


Рисунок 32 - Результаты исследования содержания йода в ФПП «Консервы стерилизованные», обогащенным йодсодержащими ФПИ до и после термообработки

Результаты исследования йода в ФПП на мясной основе с добавлением ФПИ «Сушеная ламинария» после проведения процесса термообработки показали следующее:

- в образце Колбаса вареная содержание йода снизилось на 10%;
- в образце Консервы мясорастительные содержание йода снизилось на 10%;
- в образце Полуфабрикаты мясные замороженные содержание йода снизилось на 4%.

Таблица 11 - Результаты анализов молекулярного йода в опытных образцах фаршей и термически обработанных продуктов с добавлением ФПИ «Йодказеин»

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мкг/кг		
		Колбаса вареная	Консервы мясорастительные	Полуфабрикаты мясные (замораживание)
На этапе фаршесоставления	1	53±19	50±18	49±18
	2	39±11	47±17	48±17
	3	51±18	50±18	60±25
После термической обработки	1	49±17	58±25	49±17
	2	30±11	48±19	45±14
	3	48±18	35±9	48±17

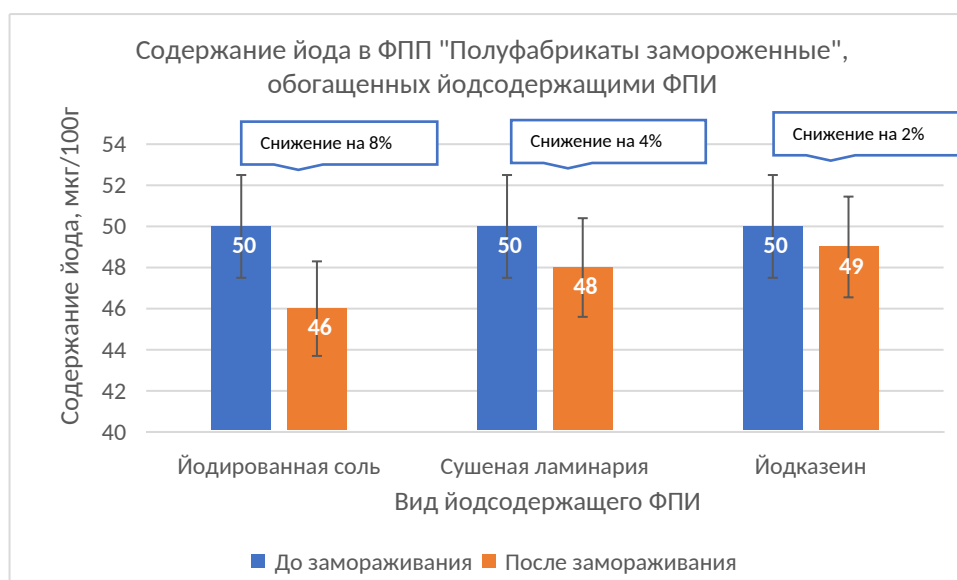


Рисунок 33 - Результаты исследования содержания йода в ФПП «Полуфабрикаты замороженные», обогащенным йодсодержащими ФПИ до и после термообработки

Результаты исследования йода в ФПП на мясной основе с добавлением ФПИ «Йодказеин» после проведения процесса термообработки показали следующее:

- в образце Колбаса вареная содержание йода снизилось на 12%;
- в образце Консервы мясорастительные содержание йода снизилось на 4%;
- в образце Полуфабрикаты мясные замороженные содержание йода снизилось на 2%.

При осуществлении исследования йода в образцах, обогащенных ФПИ «Йодказеин» было отмечено, что значения могли быть неточными из-за органической формы йода в виде йодтирозинов, который подвергается незначительному распаду на тирозин и молекулярный йод в условиях пробоподготовки по данной методике. Образец ФПИ «Сушеная ламинария» подвергался количественному анализу на йодтирозины (п. 3.2.2), показавшем присутствие органических соединений йода, следовательно, результаты количественного анализа на молекулярный йод в образцах ФПП, обогащенных сушеной ламинарией, также может быть непоказателен.

4.4.2 Исследование йодтирозинов методом ВЭЖХ в образцах до и после термообработки

В таблицах 12-13 и рисунках 34–36 представлены результаты исследований содержания йодтирозинов в образцах фаршей и термически обработанных продуктов.

Таблица 12 - Результаты исследований содержания йодтирозинов в опытных образцах фаршей и термически обработанных продуктов с добавлением ФПИ «Сушеная ламинария»

Контрольная точка	№ опыта	Показатель	Колбаса вареная, мг/100 г	Консервы мясорастительные, мг/100 г	Полуфабрикаты мясные, мг/100 г
На этапе фарше-составления	1	МИТ	$0,54 \pm 0,01^a$	$0,52 \pm 0,01^a$	$0,57 \pm 0,01^a$
		ДИТ	$< 0,012$	$< 0,012$	$< 0,012$
		Суммарно	$0,55^a$	$0,53^a$	$0,58^a$

	2	МИТ	$0,5 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,01$	$0,52 \pm 0,01$
		ДИТ	$< 0,012$	$< 0,012$	$< 0,012$
		Суммарно	0,51	0,55	0,53
	3	МИТ	$0,58 \pm 0,01$	$0,46 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,01$
		ДИТ	$< 0,012$	$< 0,012$	$< 0,012$
		Суммарно	0,59	0,47	0,5
После термической обработки	1	МИТ	$0,4 \pm 0,01$	$0,36 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$
		ДИТ	$< 0,012$	$< 0,012$	$< 0,012$
		Суммарно	0,41	0,37	0,51
	2	МИТ	$0,45 \pm 0,01^a$	$0,30 \pm 0,01^b$	$0,52 \pm 0,01^a$
		ДИТ	$< 0,012$	$< 0,012$	$< 0,012$
		Суммарно	$0,46^a$	$0,31^c$	$0,53^c$
	3	МИТ	$0,39 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,01$
		ДИТ	$< 0,012$	$< 0,012$	$< 0,012$
		Суммарно	0,4	0,36	0,55

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодтирозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

Результаты исследований содержания йодтирозинов в ФПП на мясной основе с добавлением ФПИ «Сушеная ламинария» после проведения процесса термообработки показали следующее:

- в образце Колбаса вареная содержание йодтирозинов снизилось на 25%;
- в образце Консервы мясорастительные содержание йодтирозинов снизилось на 45 %;
- в образце Полуфабрикаты мясные замороженные содержание йодтирозинов снизилось на <1 %.

Наибольшее влияние на снижение содержания йодтирозинов в процессе термической обработки оказало воздействие процесса стерилизации, наименьшее влияние – воздействие процесса заморозки. Использование данной добавки в составе ФПП целесообразно при использовании щадящих температурных режимов.

Таблица 13 - Результаты исследований содержания йодтирозинов в опытных образцах фаршей и термически обработанных продуктов с добавлением ФПИ «Йодказеин»

Контрольная точка	№ опыта	Показатель	Колбаса вареная, мг/100 г	Консервы мясо-растительные, мг/100 г	Полуфабрикаты мясные, мг/100 г
На этапе фарше-составления	1	МИТ	$11,02 \pm 0,16$	$11,21 \pm 0,16$	$11,30 \pm 0,16$
		ДИТ	$2,98 \pm 0,07$	$2,84 \pm 0,07$	$2,55 \pm 0,07$
		Суммарно	14	14,05	13,85
	2	МИТ	$11,34 \pm 0,16^a$	$10,79 \pm 0,16^a$	$11,14 \pm 0,16^a$
		ДИТ	$3,0 \pm 0,07$	$2,70 \pm 0,07$	$3,01 \pm 0,07$
		Суммарно	$14,34^a$	$13,49^a$	$14,15^a$
	3	МИТ	$10,87 \pm 0,16$	$11,35 \pm 0,16$	$10,89 \pm 0,16$
		ДИТ	$2,78 \pm 0,07$	$2,75 \pm 0,07$	$3,11 \pm 0,07$
		Суммарно	13,65	14,1	14
После термической обработки	1	МИТ	$9,50 \pm 0,18$	$8,87 \pm 0,18$	$12,24 \pm 0,18$
		ДИТ	$3,8 \pm 0,05$	$2,18 \pm 0,05$	$1,78 \pm 0,05$
		Суммарно	13,3	11,05	14,02
	2	МИТ	$10,1 \pm 0,18$	$9,01 \pm 0,18$	$11,51 \pm 0,18$
		ДИТ	$1,72 \pm 0,05$	$2,75 \pm 0,05$	$2,45 \pm 0,05$
		Суммарно	11,82	11,76	13,96
	3	МИТ	$9,67 \pm 0,18^a$	$8,83 \pm 0,18^c$	$11,64 \pm 0,18^b$
		ДИТ	$3,72 \pm 0,05$	$1,79 \pm 0,05$	$2,36 \pm 0,05$
		Суммарно	$13,39^a$	$10,62^a$	14^d

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодтирозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

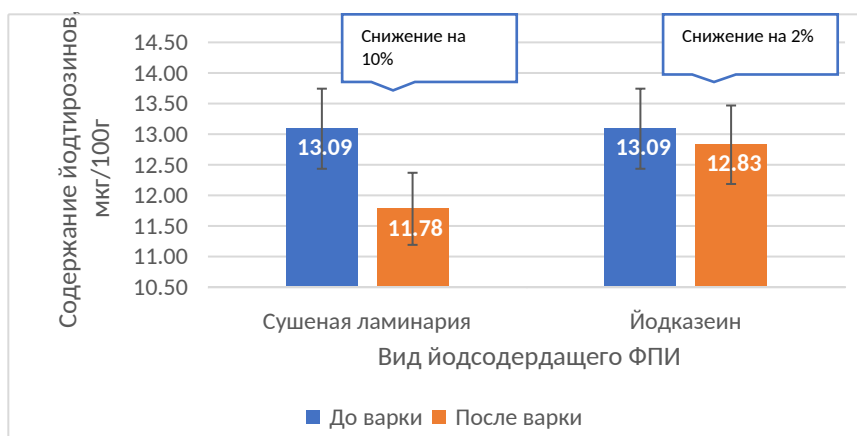


Рисунок 34 - Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП «Колбаса вареная», обогащенным йодсодержащими ФПИ до и после термообработки

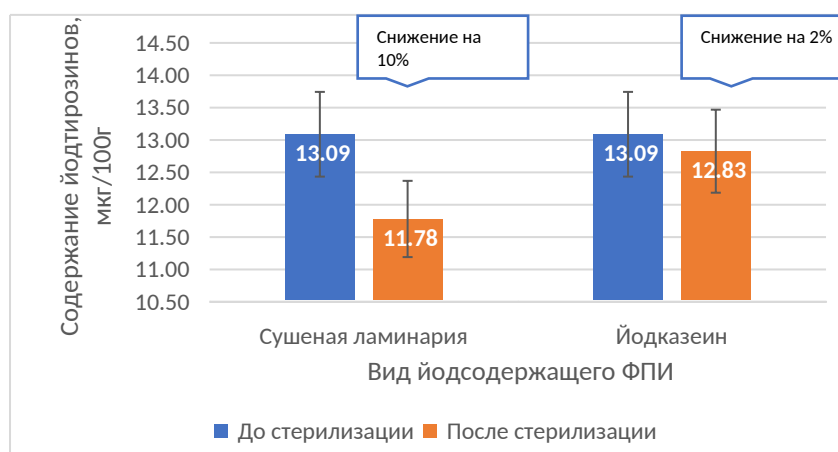


Рисунок 35 - Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП «Консервы мясорастительные», обогащенным йодсодержащими ФПИ до и после термообработки

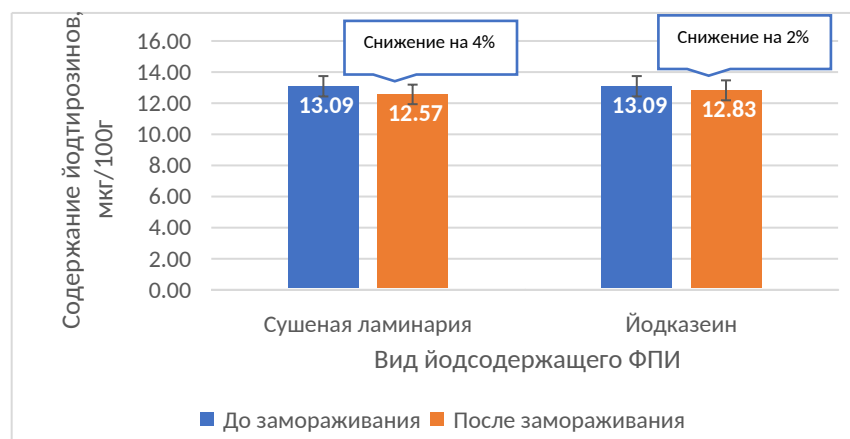


Рисунок 36 - Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП «Полуфабрикаты замороженные», обогащенных йодсодержащими ФПИ до и после замораживания

Результаты исследований содержания йодтирозинов в ФПП на мясной основе с добавлением ФПИ «Йодказеин» после проведения процесса термообработки показали следующее:

- в образце Колбаса вареная содержание йодтирозинов снизилось на 5 %;
- в образце Консервы мясорастительные содержание йодтирозинов снизилось на 9 %;
- в образце Полуфабрикаты мясные замороженные содержание йодтирозинов снизилось на <1 %.

Наибольшее влияние на снижение содержания йодтирозинов в процессе термической обработки оказало воздействие процесса стерилизации, наименьшее влияние – воздействие процесса заморозки. Использование ФПИ «Йодказеин» целесообразно при всех видах термической обработки.

4.5 Изучение влияния условий и сроков хранения на показатели качества йодсодержащих ФПП

Изучение модельных образцов ФПП на основе мясного сырья проводилось на следующих этапах срока годности готовых продуктов: 100 % (сразу после выработки) 80 %, 50 %, 20 %, 0 % (в конце срока годности).

4.5.1 Исследование содержания йода в образцах ФПП вольтамперметрическим методом.

В таблицах 14–16 и на рисунках 37–39 представлены результаты полученных исследований содержания йода в образцах ФПП с добавлением ФПИ в процессе хранения с момента выработки до окончания срока годности в 5 контрольных точках измерения. Все образцы хранились с учетом подходящих условий окружающей среды без нарушения целостности упаковки.

Таблица 14 - Результаты исследований содержания йода в опытных образцах ФПП в процессе хранения с добавлением йодированной соли

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мкг/100 г		
		Колбаса вареная	Консервы мясорастительные	Полуфабрикаты мясные
В начале срока годности	1	31±9	40±19	32±10
	2	40±9 ^a	45±19 ^b	38±10 ^c
	3	33±9	48±19	29±10
80% от срока годности	1	27±9 ^a	38±17 ^b	20±5 ^b
	2	24±9	44±17	14±5
	3	29±9	40±17	16±5
50% от срока годности	1	21±9	32±10	11±5
	2	28±9 ^a	27±10 ^c	12±5 ^b
	3	25±9	37±10	13±5
20% от срока годности	1	16±5	17±5	9±3
	2	10±5	10±5	12±3
	3	17±5 ^a	16±5 ^d	8±3 ^c
С истекшим сроком годности	1	7±3	15±5	9±3
	2	9±3 ^a	9±5 ^b	5±1,9 ^c
	3	3±1	12±5	3±1

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодитиозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

Таблица 15 – Исследование содержания йода в опытных образцах ФПП в процессе хранения с добавлением сушеной ламинарии

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мкг/100 г		
		Колбаса вареная	Консервы мясорастительные	Полуфабрикаты мясные
В начале срока годности	1	45±14	45±14	49±17
	2	48±14 ^a	40±14 ^b	51±17 ^b
	3	50±14	47±14	46±17
80% от срока годности	1	45±13	42±15	39±14
	2	41±13 ^b	39±15 ^b	43±14 ^b
	3	39±13	35±15	46±14
50% от срока годности	1	30±12	32±12	39±15
	2	35±12	35±12	43±15
	3	40±12 ^a	30±12 ^a	35±15 ^c
20% от срока годности	1	28±10	30±11	33±12
	2	36±10 ^a	24±11 ^b	30±12 ^b
	3	30±10	26±11	29±12
С истекшим сроком годности	1	27±8 ^a	25±10 ^c	21±12 ^d
	2	25±8	20±10	26±12
	3	30±8	21±10	25±12

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодитиозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

Таблица 16 – Исследования содержания йода в опытных образцах ФПП в процессе хранения с добавлением ФПИ «Йодказеин»

Контрольная точка	№ опыта	Содержание йода, мкг/100 г		
		Колбаса вареная	Консервы мясорастительные	Полуфабрикаты мясные
В начале срока годности	1	50±18	45±16	49±17
	2	51±18 ^a	49±16 ^a	53±17 ^b
	3	45±18	48±16	48±17
80% от срока годности	1	49±18 ^a	50±15 ^c	40±15 ^d
	2	50±18	47±15	45±15
	3	51±18	43±15	47±15
50% от срока годности	1	53±17	40±15	44±15
	2	48±17 ^b	44±15 ^b	43±15 ^c
	3	45±17	45±15	38±15
20% от срока годности	1	41±15	35±13	43±14
	2	43±15	40±13	40±14
	3	48±15 ^a	41±13 ^b	41±14 ^c
С истекшим сроком годности	1	40±13 ^a	37±12 ^b	38±15 ^d
	2	45±13	39±12	40±15
	3	39±13	33±12	42±15

Примечание: Различные буквы *a, b, c, d* обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодтирозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

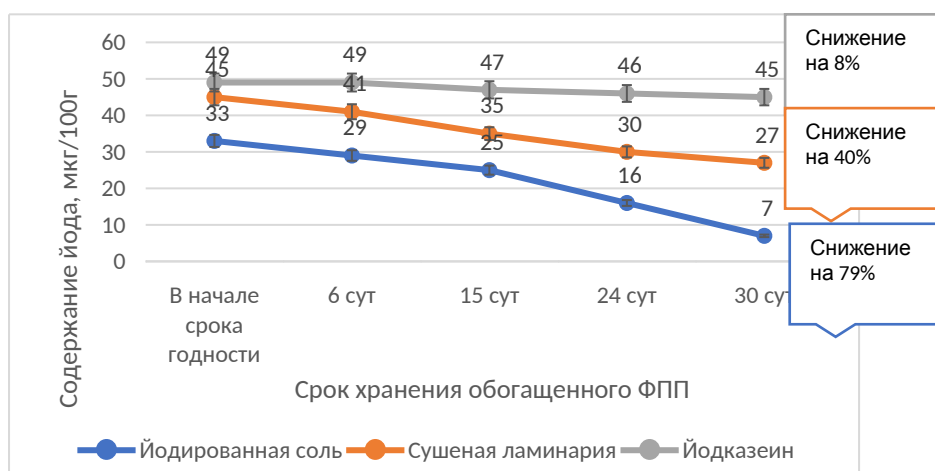


Рисунок 37 - Исследование содержания йода в ФПП «Колбаса вареная»

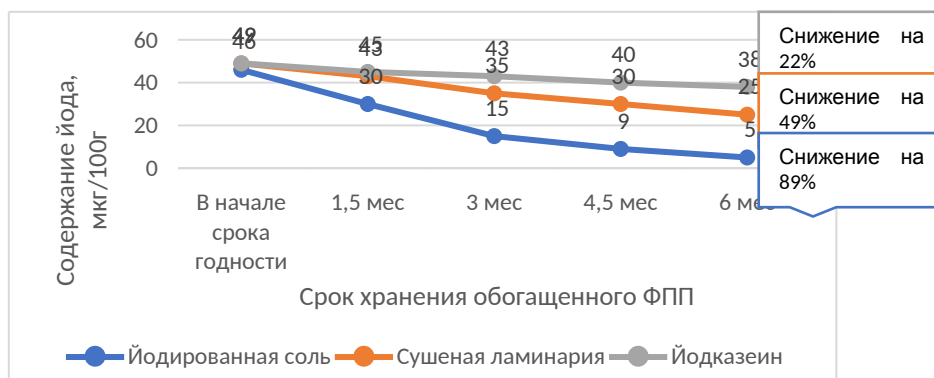


Рисунок 38 - Исследование содержания йода в ФПП «Полуфабрикаты» йодсодержащими ФПИ в процессе хранения

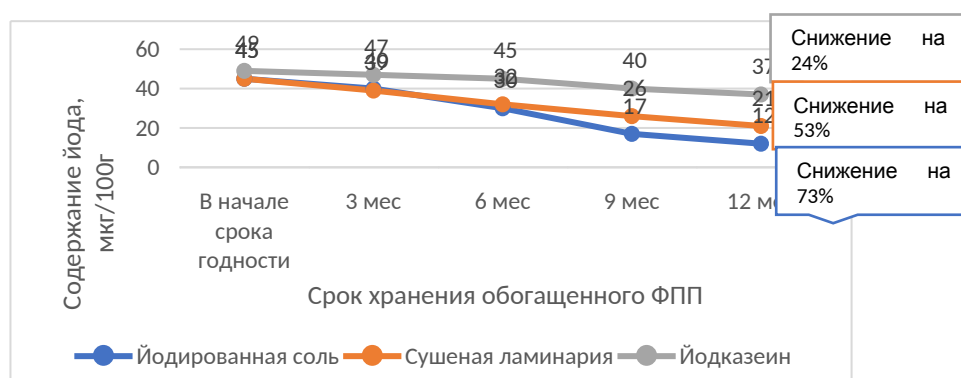


Рисунок 39 - Исследование содержания йода в ФПП «Консервы»

Исследование содержания йода в процессе хранения ФПП показало, что наиболее устойчивым к хранению в составе ФПП является ФПИ «Йодказеин», а снижение йода в консервах обогащенных добавкой происходит не более чем на 25%.

4.5.2 Исследование содержания йодтирозинов в ФПП методом ВЭЖХ

В таблицах 17–19 и на рисунках 40–42 представлены результаты полученных исследований содержания йодтирозинов в образцах ФПП с добавлением ФПИ в процессе хранения с момента выработки до окончания срока годности в 5 контрольных точках измерения. Все образцы хранились с учетом подходящих условий окружающей среды без нарушения целостности упаковки.

Таблица 17 - Результаты исследований содержания йодтирозинов в ФПП в процессе хранения с добавлением сушеной ламинарии

Контрольная точка	№ опыта	Показатель	Колбаса вареная, мг/100 г	Консервы мясорастительные, мг/100 г	Полуфабрикаты мясные, мг/100 г
В начале срока годности	1	МИТ	9,00±0,16	9,00±0,16	9,80±0,16
		ДИТ	2,05±0,06	2,05±0,06	2,23±0,06
		Суммарно	11,05	11,05	12,03
	2	МИТ	9,60±0,16 ^a	8,00±0,15 ^a	10,20±0,17 ^a
		ДИТ	2,18±0,06 ^b	1,82±0,06 ^b	2,32±0,06 ^b
		Суммарно	11,78 ^a	9,82 ^b	12,52 ^b
	3	МИТ	10,00±0,17	9,40±0,16	9,20±0,16
		ДИТ	2,27±0,06	2,14±0,06	2,09±0,06
		Суммарно	12,27	11,54	11,29
80% от срока годности	1	МИТ	9,00±0,16	8,40±0,15	7,80±0,14
		ДИТ	2,05±0,06	1,91±0,05	1,77±0,05
		Суммарно	11,05	10,31	9,57
	2	МИТ	8,20±0,15 ^a	7,80±0,14 ^c	8,60±0,15 ^c
		ДИТ	1,86±0,05 ^b	1,77±0,05 ^b	1,95±0,05 ^c
		Суммарно	10,06 ^b	9,57 ^c	10,55 ^c
	3	МИТ	7,80±0,14	7,00±0,14	9,20±0,16
		ДИТ	1,77±0,05	1,59±0,05	2,09±0,06
		Суммарно	9,57	8,59	11,29
50% от срока годности	1	МИТ	6,00±0,13 ^a	6,40±0,13 ^b	7,80±0,14 ^b
		ДИТ	1,36±0,04 ^b	1,45±0,04 ^c	1,77±0,05 ^d
		Суммарно	7,36 ^b	7,85 ^c	9,57 ^d
	2	МИТ	7,00±0,14	7,00±0,14	8,60±0,15
		ДИТ	1,59±0,05	1,59±0,05	1,95±0,05
		Суммарно	8,59	8,59	10,55
	3	МИТ	8,00±0,15	6,00±0,13	7,00±0,14
		ДИТ	1,82±0,05	1,36±0,04	1,59±0,05
		Суммарно	9,82	7,36	8,59
20% от срока годности	1	МИТ	5,60±0,12	6,00±0,13	6,60±0,13
		ДИТ	1,27±0,04	1,36±0,04	1,50±0,05
		Суммарно	6,87	7,36	8,10
	2	МИТ	7,20±0,14	4,80±0,11	6,00±0,13
		ДИТ	1,64±0,05	1,09±0,03	1,36±0,04
		Суммарно	8,84	5,89	7,36
	3	МИТ	6,00±0,13 ^a	5,20±0,12 ^a	5,80±0,12 ^b
		ДИТ	1,36±0,04 ^a	1,18±0,04 ^b	1,32±0,04 ^c
		Суммарно	7,36 ^a	6,38 ^b	7,12 ^c
С истекшим сроком годности	1	МИТ	5,40±0,12 ^b	5,00±0,12 ^c	4,20±0,11 ^c
		ДИТ	1,23±0,04 ^c	1,14±0,04 ^d	0,95±0,03 ^d
		Суммарно	6,63 ^c	6,14 ^d	5,15 ^d
	2	МИТ	5,00±0,12	4,00±0,11	5,20±0,12

		ДИТ	1,14±0,04	0,91±0,03	1,18±0,04
		Суммарно	6,14	4,91	6,38
	3	МИТ	6,00±0,13	4,20±0,11	5,00±0,12
		ДИТ	1,36±0,04	0,95±0,03	1,14±0,04
		Суммарно	7,36	5,15	6,14

Примечание: Различные буквы a, b, c, d обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодтирозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

Таблица 18 - Результаты исследований содержания йодтирозинов в ФПП в процессе хранения с добавлением ФПИ «Йодказеин»

Контрольная точка	№ опыта	Показатель	Колбаса вареная, мг/100 г	Консервы мясорастительные, мг/100 г	Полуфабрикаты мясныеЮ мг/100 г
В начале срока годности	1	МИТ	10,00±0,17 ^a	9,00±0,16	9,80±0,16
		ДИТ	2,27±0,06 ^a	2,05±0,06	2,23±0,06
		Суммарно	12,27 ^a	11,05	12,03
	2	МИТ	10,20±0,17	9,80±0,16	10,60±0,17
		ДИТ	2,32±0,06	2,23±0,06	2,41±0,06
		Суммарно	12,52	12,03	13,01
	3	МИТ	9,00±0,16	9,60±0,16 ^a	9,60±0,16 ^a
		ДИТ	2,05±0,06	2,18±0,06 ^a	2,18±0,06 ^a
		Суммарно	11,05	11,78 ^a	11,78 ^a
80% от срока годности	1	МИТ	9,80±0,16	10,00±0,17	8,00±0,15
		ДИТ	2,23±0,06	2,27±0,06	1,82±0,05
		Суммарно	12,03	12,27	9,82
	2	МИТ	10,00±0,17 ^a	9,40±0,16 ^b	9,00±0,16 ^a
		ДИТ	2,27±0,06 ^b	2,14±0,06 ^b	2,05±0,06 ^c
		Суммарно	12,27 ^b	11,54 ^b	11,05 ^a
	3	МИТ	10,20±0,17	8,60±0,15	9,40±0,16
		ДИТ	2,32±0,06	1,95±0,05	2,14±0,06
		Суммарно	12,52	10,55	11,54
50% от срока годности	1	МИТ	10,60±0,17	8,00±0,15	8,80±0,15
		ДИТ	2,41±0,06	1,82±0,05	2,00±0,06
		Суммарно	13,01	9,82	10,80
	2	МИТ	9,60±0,16 ^a	8,80±0,15	8,60±0,15 ^b
		ДИТ	2,18±0,06 ^b	2,00±0,06	1,95±0,05 ^c
		Суммарно	11,78 ^b	10,80	10,55 ^b
	3	МИТ	9,00±0,16	9,00±0,16 ^b	7,60±0,14
		ДИТ	2,05±0,06	2,05±0,06 ^b	1,73±0,04
		Суммарно	11,05	11,05 ^b	9,33
20% от срока годности	1	МИТ	8,20±0,15	7,00±0,14 ^d	8,60±0,15
		ДИТ	1,86±0,05	1,59±0,04 ^c	1,95±0,05
		Суммарно	10,06	8,59 ^c	10,55
	2	МИТ	8,60±0,15 ^b	8,00±0,15	8,00±0,15
		ДИТ	1,95±0,05 ^b	1,82±0,04	1,82±0,04

С истекшим сроком годности	3	Суммарно	10,55 ^b	9,82	9,82
		МИТ	9,60±0,16	8,20±0,15	8,20±0,15 ^a
		ДИТ	2,18±0,06	1,86±0,04	1,86±0,04 ^b
		Суммарно	11,78	10,06	10,06 ^a
	1	МИТ	8,00±0,15 ^a	7,40±0,14 ^a	7,60±0,14
		ДИТ	1,82±0,04 ^a	1,68±0,04 ^c	1,73±0,04
		Суммарно	9,82 ^a	9,08 ^c	9,33
	2	МИТ	9,00±0,16	7,80±0,14	8,00±0,15 ^d
		ДИТ	2,05±0,06	1,77±0,04	1,82±0,05 ^a
		Суммарно	11,05	9,57	9,82 ^d
	3	МИТ	7,80±0,14	6,60±0,13	8,40±0,15
		ДИТ	1,77±0,04	1,50±0,03	1,91±0,05
		Суммарно	9,57	8,10	10,31

Примечание: Различные буквы *a, b, c, d* обозначают достоверные изменения остаточного содержания йодтирозинов в образцах в процессе хранения при $p < 0,05$.

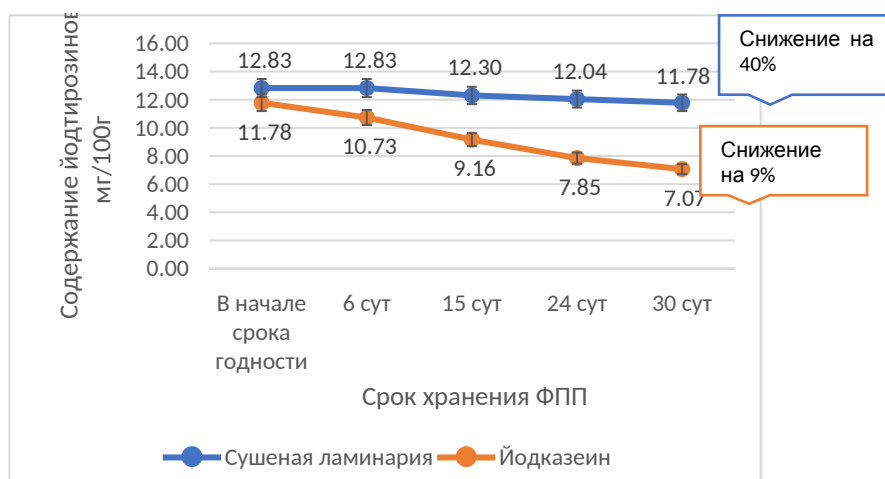


Рисунок 40 - Исследование содержания йодтирозинов в ФПП «Колбаса вареная»

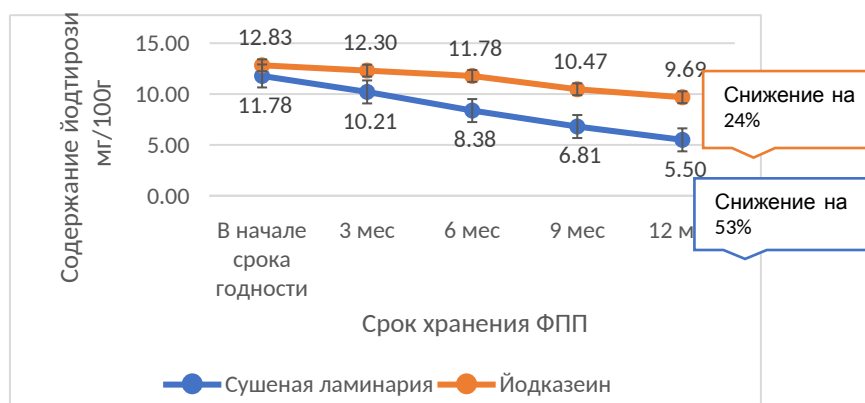
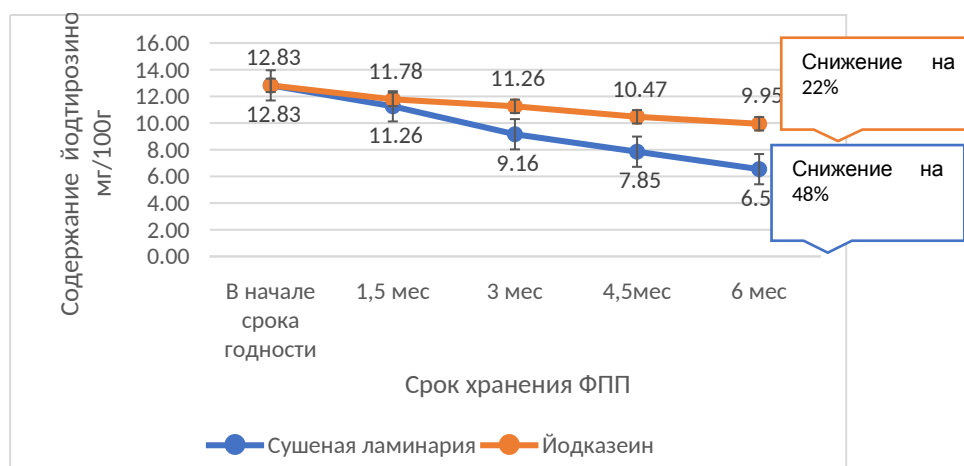


Рисунок 41 - Исследование содержания йодтирозинов в ФПП «Консервы»



Иссл

едование
содержани

Рисунок 42 - Исследование содержания йодтирозинов в ФПП «Полуфабрикаты»

я йодтирозинов в процессе хранения ФПП показало, что наиболее устойчивым к хранению в составе ФПП является ФПИ «Йодказеин», а снижение йодтирозинов в консервах, обогащенных добавкой происходит не более чем на 22%.

Данные, полученные при исследовании содержания йодтирозинов в образцах ФПП обогащённых ФПИ «Йодказеин» методом ВЭЖХ-МС, не коррелируют с данными, полученными при исследовании молекулярного йода в аналогичных образцах ФПП вольтамперметрическим методом, что свидетельствует о нецелесообразности применения последнего метода для исследования аналогичных продуктов и возможности использования формулы пересчета йодтирозина на молекулярный йод по молекулярной массе.

Исследования содержания йода и йодтирозина в ФПИ, входящих в состав ФПП в процессе технологической обработки показали необходимость ведения коэффициентов обогащения с целью сохранения отличительных свойств обогащенного ФПП, а именно содержания йода в количестве 15% от суточной нормы потребления взрослого человека, после осуществления процессов технологической обработки при различных температурных режимах.

ГЛАВА 5. Разработка системы контроля качества ФПП, обогащенных йодсодержащими ФПИ

5.1 Выведение коэффициентов использования ФПИ

Результаты исследований ФПИ показали зависимость снижения содержания йода от срока хранения образцов. Для обеспечения необходимого уровня йода в готовом продукте необходимо применение коэффициента использования ингредиента. Кроме того, жесткие технологические режимы (в частности, влияние температуры $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ могут способствовать деструкции йода в рецептурной смеси и, как следствие, снижению содержания йода в готовом ФПП. Долгосрочное хранение готовых ФПП также способствует снижению содержания йода в продукте, а значит, изменению или утере отличительных свойств ФПП.

Однако, различные ФПИ ведут себя по-разному в процессе хранения и технологической обработки, а также имеют различную степень стабильности в составе готового ФПП. Разработка алгоритма расчета массы ФПИ и выведение коэффициентов использования осуществлялась на примере научной работы А. С. Дыдыкина [160].

Для оценки возможности использования ФПИ с различными сроками годности для обогащения ФПП на основе мясного сырья, подвергающихся технологическому воздействию (температурная обработка) и в связи с длительностью хранения готовых продуктов, был предложен общий коэффициент обогащения:

$$K = K_i \times K_d \times K_s \quad (1)$$

где: K_i - в зависимости от срока годности ФПИ:

$$K_i = 1 + \frac{(C_{i1} - C_{i2})}{C_{i1}}, \quad (2)$$

где: K_i – коэффициент снижения содержания i -го нутриента в процессе хранения;

C_{i1} – содержание i -го нутриента, заявленное производителем, мг/кг;

C_{i2} – фактическое содержание i -го нутриента на момент использования, мг/кг.

K_d - в зависимости от условий технологической переработки (температуры):

$$K_d = 1 + \frac{(C_{d1} - C_{d2})}{C_{d1}}, \quad (3)$$

где: K_d – коэффициент деструкции i -го нутриента в процессе технологической обработки;

C_{d1} – содержание i -го нутриента в рецептурной смеси до проведения процессов технологической обработки, мг/кг;

C_{d2} – содержание i -го нутриента после проведения процессов технологической обработки, мг/кг.

K_s - в зависимости от срока годности:

$$K_s = 1 + \frac{(C_{s1} - C_{s2})}{C_{s1}}, \quad (4)$$

где: K_s – коэффициент снижения содержания i -го нутриента в готовом продукте в течение срока годности;

C_{s1} – содержание i -го нутриента в начале срока годности, мг/100 г;

C_{s2} – содержание i -го нутриента в конце срока годности, мг/100 г.

Значение коэффициента K не должно превышать значения 1,5, в противном случае, использование ФПИ нецелесообразно.

В соответствии с разработанными формулами (1–4), были рассчитаны коэффициенты обогащения продуктов на основе мясного сырья (Таблица 19).

Применение коэффициентов обогащения для ФПИ позволит избежать несоответствия заявленного на упаковке содержания нутриента фактическому вследствие снижения содержания нутриента на этапах хранения ФПИ, производственных и постпроизводственных процессов, а также позволит избежать использования неподходящего ФПИ для конкретной технологии ФПП или ФПИ с низким содержанием нутриента. Данная методика расчета

коэффициентов обогащения может быть использована в отношении других видов ФПП на основе сырья животного и растительного происхождения с использованием ФПИ.

Таблица 19 - Коэффициент снижения содержания йода в ФПИ в процессе хранения

Вид ФПИ	Срок годности	K_i	Технологические режимы	K_d	Срок годности продукта	K_s
Соль йодированная	100 %	1,0	замораживание ($t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,5	<30 сут	1,8
	80-100 %	1,1				
	50-80 %	1,2	варка ($t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,3	30–180 сут	1,8
	20-50 %	1,3				
	< 20 %	1,5	стерилизация ($t > 120\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,3	>180 сут	1,8
Ламинария сушеная	100 %	1,0	замораживание ($t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,0	<30 сут	1,5
	80-100 %	1,3				
	50-80 %	1,6	варка ($t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,1	30–180 сут	1,5
	20-50 %	1,65				
	< 20 %	1,7	стерилизация ($t > 120\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,1	>180 сут	1,6
БАД «Йодказеин»	100 %	1,0	замораживание ($t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,0	<30 сут	1,2
	80-100 %	1,0				
	50-80 %	1,0	варка ($t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,0	30–180 сут	1,2
	20-50 %	1,1				
	< 20 %	1,15	стерилизация ($t > 120\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,1	>180 сут	1,2

5.2 Разработка проекта СТО

Разработка проекта осуществлялась с учетом требований ГОСТ Р 1.0–2015, ГОСТ Р 1.2–2016, ГОСТ Р 1.5–2012.4.1.

В проекте изложены требования к обращению с йодсодержащими функциональными пищевыми ингредиентами при производстве функциональных пищевых продуктов на основе мясного сырья, определен порядок разработки, ведения документооборота и поддержания работоспособности системы менеджмента качества йодсодержащих ФПП, а также учитываются условия проектирования предприятий мясоперерабатывающей отрасли с учетом риска снижения содержания йода в готовом ФПП.

Проект стандарта распространяется на производство ФПП, обогащенных йодом посредством таких йодсодержащих ФПИ, как йодированная соль, сушеная ламинария и ФПИ на основе йодказеина.

Настоящий проект стандарта содержит рекомендации для производителей по разработке процедур для минимизации риска снижения йода в готовой продукции на всех этапах жизненного цикла продукта.

Проект стандарта устанавливает предупреждающие меры для эффективного применения системы менеджмента качества йодсодержащих ФПП и снижения риска выпуска на рынок ФПП не соответствующего качества, а не корректирующие действия, когда угроза снижения качества обнаруживается в уже готовом продукте.

Проект стандарта включает научно обоснованные меры по минимизации риска снижения йода в ФПП, сформулированные в рамках настоящей диссертационной работы.

Разработанный СТО по управлению процессами производства йодсодержащих ФПП на основе мясного сырья (приложение 8) представляет из себя документ, позволяющий предприятиям по производству ФПП организовать процедуру сбора данных для оценки риска снижения содержания йода, идентифицировать факторы риска, способствующие снижению

содержания йода, оценить степень влияния каждого фактора риска и получить информацию для организации программы предварительных мер и корректирующих мероприятий.

5.3 Экономическая эффективность применения системы управления качеством функциональных пищевых продуктов

Согласно проведенным исследованиям, снижение содержания йода в ФПП может происходить на всем жизненном цикле продукта и зависит не только от качества исходного сырья, материалов и ФПИ, но также от работы в области управления производством, квалификации персонала предприятия, технологических режимов производства, условий хранения и сроков годности ФПП.

Снижение содержания йода до критического предела, составляющего 30 мг/100 г продукта, и негативная динамика содержания данного нутриента способствуют утере отличительных свойств ФПП, что является причиной для отзыва товаров из оборота или перехода их из категории «функциональных» в категорию «без отличительных свойств». Внедрение системы менеджмента качества на предприятие по выпуску обогащенных ФПП сокращает долю бракованной продукции, не обладающей заявленными отличительными свойствами на 98%.

Обогащенные и функциональные пищевые продукты высоко ценятся потребителем благодаря способности сохранения и улучшения здоровья, восполнения дефицита микронутриентов и стимулированию защитных и регенерирующих свойств организма человека. Добавленная стоимость, согласно исследованию рынка ФПП составляет 20% для колбасных изделий, 15% для полуфабрикатов и 12% для консервов на мясной основе, обогащенных йодсодержащими ФПИ. Внедрение системы менеджмента качества производства ФПП позволит завоевать доверие потребителя и прочно утвердиться в нише рынка продуктов здорового питания, что открывает возможности расширения производства и увеличения объема продаж.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования содержания йода и йодтирозинов в йодсодержащих ФПИ в процессе хранения, показавшие различия в стабильности соединений йода в зависимости от характера химической связи с носителем. Содержание йода в ФПИ «Йодированная соль» к концу срока годности добавок снизилась на 85%, ФПИ «Сушеная ламинария» - на 75%, ФПИ «Йодказеин» на 15%. Кроме того, исследования показали отличие содержания йода в ФПИ «Йодированная соль» в начале срока годности от указанной производителем в 2 раза, из чего следует, что для обогащения ФПП с помощью данного ФПИ невозможно из-за риска превышения суточной нормы потребления соли равной 5 г.
2. С помощью методики FTA установлены области контроля и основные причины реализации риска снижения содержания йода в ФПИ, входящих в состав ФПП. На основании методики FMEA разработаны и применены научные подходы к анализу и оценке рисков. Предельное число рисков определено в диапазоне от 400 до 720, в который вошли области контроля сырья, технологии и персонала. Разработаны предупреждающие меры для предотвращения реализации риска.
3. Разработана система управления качеством, включающая контрольные точки на производстве йодсодержащих ФПП на мясной основе, обогащенные йодсодержащими ФПИ, с учетом особенностей технологии изготовления продукта. Все схемы включали 4 КТ: входной контроль ФПИ, производственный контроль на этапах фаршесоставления и после термической обработки, а также постпроизводственный контроль в процессе хранения.
4. С учетом разработанной системы управления качеством, изготовлены модельные образцы ФПП на основе мясного сырья, обогащенные йодсодержащими ФПИ с учетом имитации производственных и

постпроизводственных процессов: колбаса вареная, консервы стерилизованные и полуфабрикаты замороженные.

5. На основании комплексных исследований разработана методика расчета общего коэффициента обогащения, включающего коэффициенты снижения содержания йода в ФПИ, деструкции йода, снижения содержания йода в готовом продукте. Установлено, что значение общего коэффициента обогащения не должно превышать 1,5.
6. Разработан проект стандарта организации системы управления качеством йодсодержащих ФПИ, входящих в состав ФПП на основе мясного сырья. Произведен расчет экономической эффективности внедрения системы управления качеством.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

CAGR – Compounded Annual Growth Rate

CFDA – China Food and Drug Administration

FDA – Food and Drug Administration

FDAMA - Food and Drug Administration Modernization Act

FFC - Food with Function Claims

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

FNFC - Food with Nutrient Function Claims

FOSDU - Food Of Special Dietary Uses

FOSHU – Food Of Specific Health Use

FTA - Fault Tree Analysis

FUFOSE - Functional Food On Science in Europe

INFS - Institute of Nutrition and Fitness Sciences

ISO / ИСО - International Organization for Standardization

HACCP / ХАССП - Hazard analysis and critical control points

HAZOP - HAZard and Operability

NLEA - Nutrition labeling and education act

MHLW - Ministry of Health, Labour and Welfare

PDCA - Plan–Do–Check–Action

RCA – Root Cause Analysis

RPN - Risk Priorities Number

QHC - Qualified Health Claims

АНО – Автономная некоммерческая организация

БАВ – биологически активное вещество

БАД – Биологическая добавка к пище

БГСА - Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени

В. Р. Филиппова

ВМК – Витаминно-минеральный комплекс

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ВСГТУ - Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

ВЭЖХ – высокоскоростная жидкостная хроматография

ГОСТ – Государственный стандарт

ГОСТ Р – государственный стандарт, принятый на территории России

ДИТ – 3,5 - дийодтирозин

ЕС – Евросоюз

МИ – Методические инструкции

МР – Методические рекомендации

НАН – Национальная академия наук

НИИ – Научно-исследовательский институт

НМИЦ – Национальный медицинский исследовательский центр

МГУТУ – Московский государственный университет технологий и управления

МИТ – монойодтирозин / 3-йодтирозин

МУК / МУ – Методические указания

ПК – персональный компьютер

ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты

ПЧР – Приоритетное число риска

ПЧРэт – Приоритетное число риска суммарное

РАН – Российская академия наук

РИ – ранг источника риска

РФ – Российская Федерация

СТО – Стандарт организации

США – Соединенные Штаты Америки

ТК – Технический комитет

ТР ТС – Технический регламент Таможенного союза

ТУ – Технические условия

ФАО – Федеральное антимонопольное агентство

ФГАУ - Федеральное государственное автономное учреждение

ФГБУ – Федеральное государственное бюджетное учреждение

ФГБНУ - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

ФГБОУ ВО - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ФИЦ – Федеральный исследовательский центр

ФНКЦСМ - Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации

ФНЦ – Федеральный научный центр

ФМБА – Федеральное медико-биологическое агентство

ФПИ – функциональный пищевой ингредиент

ФПП – функциональный пищевой продукт

ФЗ – Федеральный Закон

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект Федерального закона «О проведении эксперимента в 2022–2023 гг. в отдельных субъектах Российской Федерации (йоддефицитных регионах) по внедрению в производство обогащенных йодом пищевых продуктов (прежде всего соли) и использованию их в организациях общественного питания, медицинских, образовательных и иных организациях» (подготовлен Роспотребнадзором 31.08.2022)
2. Проект Федерального закона «О профилактике заболеваний, вызванных дефицитом йода» от 17.11.2022 № 16–6/И/1-9811 Министерство Здравоохранения Российской Федерации
3. Global fortification data exchange (GFDx), 2021. Электронный ресурс: Available at: <http://www.fortificationdata.org>, дата обращения – 01.02.2023
4. IGN: Universal salt iodization and sodium intake reduction. Электронный ресурс: Salt-Reduction-and-salt-iodization-guidelines-2022-01.pdf (ign.org), дата обращения - 10.01.2023
5. World Health Organization et al. Salt reduction and iodine fortification strategies in public health: report of a joint technical meeting convened by the World Health Organization and The George Institute for Global Health in collaboration with the International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders Global Network, Sydney, Australia, March 2013. – 2014.
6. МР 2.3.7.1916—04 Применение йодказеина для предупреждения йоддефицитных заболеваний в качестве средства популяционной, групповой и индивидуальной профилактики йодной недостаточности
7. «Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года (с изменениями на 27 марта 2023 года)» - Указ Президента Российской Федерации № 254 от 6 июня 2019 года // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 07.06.2019, N 0001201906070052

8. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» - Москва, 2021. – 72 с.
9. Fortification of food with micronutrients: development of methodological and regulatory framework in the Russian Federation / A. A. Kochetkova, V. M. Kodentsova, V. M. Vorobyeva [et al.] // Theory and Practice of Meat Processing. – 2021. – Vol. 6, No. 3. – P. 269-278. – DOI 10.21323/2414-438X-2021-6-3-269-278. – EDN TOFLLO.
10. «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» - Распоряжение Правительства РФ № 1364-р от 29 июня 2016 // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 05.07.2016, N 0001201607050014 Собрание законодательства Российской Федерации, N 28, 11.07.2016, ст.4758
11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2017 года № 738-р «ПЛАН мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 год» - Москва, 2017. – 20 с.
12. Mordor Intelligence : Статистические издания. – Индия, 2014. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/global-functional-food-market> (дата обращения – 29.04.2023). – Яз. Англ. – Текст – электронный.
13. Martirosyan D., Adany A., Kanya H. Japan's health food industry: An analysis of the efficacy of the FOSHU system //Bioactive Compounds in Health and Disease. – 2021. – Т. 4. – №. 4. – С. 63-78.
14. Hasler C. Regulation of Functional Foods and Nutraceuticals: A Global Perspectivell(institute of Food Technologists Series) //Published by Goteborgs University Published in. – 2008.
15. Patel, D. Functional food and nutraceutical registration process in Japan and China. Similarities and differences / D. Patel, Y. Dufour, N. Domigan // J. Pharm Pharmaceut Sci. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 1-11.

16. Kochetkova A.A., Kodentsova V.M., Vorobyeva V.M., Vorobyeva I.S., Vrzhesinskaya O.A., Smirnova E.A., Sarkisyan V.A., Bagryantseva O.V., Kobelkova I.V., Pyrieva E.A. Fortification of food with micronutrients: development of methodological and regulatory framework in the Russian Federation. Theory and practice of meat processing. 2021;6(3):269-278. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-3-269-278>
17. Suzuki N. et al. Characteristics of the Japanese diet described in epidemiologic publications: a qualitative systematic review //Journal of nutritional science and vitaminology. – 2018. – T. 64. – №. 2. – С. 129-137.
18. Mari Maeda-Yamamoto, Development of functional agricultural products and use of a new health claim system in Japan, Trends in Food Science & Technology, Volume 69, Part B, 2017, Pages 324-332, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.011>.
19. Shank F. R. The Nutrition Labeling and Education Act of 1990 //Food & Drug LJ. – 1992. – T. 47. – С. 247.
20. J. Craig Rowlands, James E. Hoadley, FDA perspectives on health claims for food labels, Toxicology, Volume 221, Issue 1, 2006, Pages 35-43, ISSN 0300-483X, <https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.10.023>.
21. Nandini Ghosh, Amitava Das, Chandan K. Sen, Chapter 2 - Nutritional supplements and functional foods: functional significance and global regulations, Editor(s): Debasis Bagchi, Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World (Third Edition), Academic Press, 2019, Pages 13-35, ISBN 9780128164679, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816467-9.00002-2>.
22. FDA: Электронный ресурс / Guidance for Industry: Evidence-Based Review System for the Scientific Evaluation of Health Claims – США, 2019. - URL: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-evidence-based-review-system-scientific-evaluation-health-claims#ftn4> (дата обращения – 18.04.2023). – Текст: электронный.

23. Patrick Coppens, Miguel Fernandes da Silva, Simon Pettman, European regulations on nutraceuticals, dietary supplements and functional foods: A framework based on safety, Toxicology, Volume 221, Issue 1, 2006, Pages 59-74, ISSN 0300-483X, <https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.12.022>.
24. РЕГЛАМЕНТ (ЕС) № 1925/2006 ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА 20 декабря 2006 года «О добавлении витаминов и минералов и некоторых других веществ в продукты питания»
25. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 14 июля 2021 года).- М.: Стандартиформ, 2013. – 200 с.
26. ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения».- М.: Стандартиформ, 2015. – 3 с.
27. Öztürk B. Nanoemulsions for food fortification with lipophilic vitamins: Production challenges, stability, and bioavailability //European Journal of Lipid Science and Technology. – 2017. – Т. 119. – №. 7. – С. 1500539.
28. Yang H. et al. Stability of vitamin A, E, C and thiamine during storage of different powdered enteral formulas //Heliyon. – 2022. – Т. 8. – №. 11.
29. Karakosta T., Wan Y., Truong D. Establishing preanalytical stability of vitamin A and vitamin E //Clinical Biochemistry. – 2023. – Т. 115. – С. 144-148.
30. Законодательные основы и научные принципы создания функциональных пищевых продуктов на мясной основе / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина, Л. В. Федулова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 12(146). – С. 151-158. – EDN XDRUVP.
31. Лисицын, А. Б. Продукты функционального питания: инновационные методы выявления фальсификата / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина // Контроль качества продукции. – 2018. – № 4. – С. 13-18. – EDN YUIVON.
32. ГОСТ Р 55577- «

33. Приложение. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.2804-10 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов" Дополнения и изменения N 22 к СанПиН 2.3.2.1078-01
34. Vithanage M. et al. Iodine in commercial edible iodized salts and assessment of iodine exposure in Sri Lanka //Archives of public health. – 2016. – Т. 74. – С. 1-7.
35. Tutelyan A. V. Russian regulations on nutraceuticals, functional foods, and foods for special dietary uses, A. V. Tutelyan, B. P. Sukhanov, A. A. Kochetkova, S. A. Sheveleva, E. A. Smirnova // Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World (Third Edition), Academic Press, 2019, Pages 399-416, ISBN 9780128164679, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816467-9.00026-5>.
36. Qin Y. Applications of bioactive seaweed substances in functional food products //Bioactive seaweeds for food applications. – Academic Press, 2018. – С. 111-134.], [Kryzhova Y. et al. Stability of selenium and iodine in the functional meat products prepared with seaweeds under different cooking procedures. – 2021.
37. Szymandera-Buszkka K. et al. Wheat dietary fibre and soy protein as new carriers of iodine compounds for food fortification–The effect of storage conditions on the stability of potassium iodide and potassium iodate //LWT. – 2021. – Т. 137. – С. 110424.
38. Zaremba A. et al. The selection of the optimal impregnation conditions of vegetable matrices with iodine //Molecules. – 2022. – Т. 27. – №. 10. – С. 3351.
39. Романчук, Н. П. Биоэлементология и нутрициология мозга / Н. П. Романчук // Бюллетень науки и практики. – 2021. – Т. 7. – № 9. – С. 189-227. – DOI 10.33619/2414-2948/70/22. – EDN SHRRHK.
40. Michael B Zimmermann, Małgorzata Gizak, Karen Abbott, Maria Andersson, John H Lazarus, Iodine deficiency in pregnant women in Europe, The Lancet

Diabetes & Endocrinology, Volume 3, Issue 9, 2015, Pages 672-674, ISSN 2213-8587, [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(15\)00263-6](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(15)00263-6).

41. Panth, P., Guerin, G. & DiMarco, N.M. A Review of Iodine Status of Women of Reproductive Age in the USA. *Biol Trace Elem Res* 188, 208–220 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1606-5>.

42. World Health Organization (1996) Trace elements in human nutrition and health: indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization. Geneva, Switzerland

43. IGN (Iodine Global Network). (2021)/ Global Scorecard MAP 2021 SAC. Электронный ресурс: https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_MAP_2021_SAC_-_7_May_2021.pdf Дата обращения: 20.03.2023

44. IGN: Электронный ресурс. – Канада, 2021: URL: [IGN_Global_Scorecard_2021_7_May_2021.pdf](https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_MAP_2021_SAC_-_7_May_2021.pdf) (дата обращения: 20.03.2023). Текст – электронный.

45. МУ 2.3.7.1064-01 Методические указания «Контроль программы профилактики йоддефицитных заболеваний путем всеобщего йодирования соли», Минздрав России – Москва, 2001

46. Коденцова, В. М. Микронутриентные метаболические сети и множественный дефицит микронутриентов: обоснование преимуществ витаминно-минеральных комплексов / В. М. Коденцова, Д. В. Рисник // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т. 21, № 4. – С. 3-20. – DOI 10.19112/2413-6174-2020-21-4-3-20.

47. Nicol, K., Thomas, E., Nugent, A., Woodside, J., Hart, K., & Bath, S. (2022). Iodine fortification of plant-based dairy and fish alternatives: The effect of substitution on iodine intake based on a market survey in the UK. *British Journal of Nutrition*, 1-11. doi:10.1017/S0007114522001052

48. Eveleigh, E.R.; Coneyworth, L.J.; Avery, A.; Welham, S.J.M. Vegans, Vegetarians, and Omnivores: How Does Dietary Choice Influence Iodine Intake? A Systematic Review. *Nutrients* 2020, 12, 1606.

49. Emily C Keats, Lynnette M Neufeld, Greg S Garrett, Mduduzi N N Mbuya, Zulfiqar A Bhutta, Improved micronutrient status and health outcomes in low- and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 109, Issue 6, 2019, Pages 1696-1708, ISSN 0002-9165, <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz023>
50. Zimmermann M. B. Iodine deficiency // *Endocrine reviews*. – 2009. – Т. 30. – №. 4. – С. 376-408.
51. Коденцова, В. М. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных микроэлементами пищевых продуктов и йодирования соли / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. В. Рисник // *Микроэлементы в медицине*. – 2015. – Т. 16, № 4. – С. 3-20. – DOI 10.19112/2413-6174-2015-16-4-3-20
52. Проект ФЗ № 15-6/И/1-9811 «О профилактике заболеваний, вызванных дефицитом йода (подготовлен Министерством здравоохранения Российской Федерации от 17.22.2022)
53. ПРОЕКТ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА «О проведении эксперимента в 2022-2023 гг. в отдельных субъектах Российской Федерации (йоддефицитных регионах) по внедрению в производство обогащенных йодом пищевых продуктов (прежде всего соли) и использованию их в организациях общественного питания, медицинских, образовательных и иных организациях»
54. Susanne Dold, Michael B Zimmermann, Tomislav Jukic, Zvonko Kusic, Qingzhen Jia, Zhongna Sang, Antonio Quirino, Teofilo OL San Luis, Ralph Fingerhut, Roland Kupka, Arnold Timmer, Greg S Garrett, Maria Andersson, Universal Salt Iodization Provides Sufficient Dietary Iodine to Achieve Adequate Iodine Nutrition during the First 1000 Days: A Cross-Sectional Multicenter Study, *The Journal of Nutrition*, Volume 148, Issue 4, 2018, Pages 587-598, ISSN 0022-3166, <https://doi.org/10.1093/jn/nxy015>.

55. Land, M., Neal, B., & Webster, J. (2014). Salt reduction and iodine fortification strategies in public health. Report of a joint technical meeting convened by the World Health Organization and The George Institute for Global Health in collaboration with the International Council for the Control o.
56. Беспалов В. Г., Туманян И. А. Дефицит йода в питании как мультидисциплинарная проблема //Лечащий врач. – 2019. – №. 3. – С. 8.
57. Waszkowiak K., Szymandera-Buszka K. Utilization preparations of connective tissue proteins as carriers of potassium iodide–studies of iodine retention during their storage //Polish Journal Human Nutrition and Metabolism. – 2005. – T. 32. – №. Suppl. 1. – С. 1130-1134.
58. Mudarisova, R.K., Badykova, L.A., Novoselov, I.V. (2018). Reaction of arabinogalactan modified by salicylic and 4-amino benzoic acids with iodine. Russian Journal of General Chemistry, 88(12), 2572–2577.
<https://doi.org/10.1134/S1070363218120186>Jelena Milinovic, Carla Rodrigues, Mário Diniz, João Paulo Noronha, Determination of total iodine content in edible seaweeds: Application of inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy, Algal Research, Volume 53, 2021, 102149, ISSN 2211-9264, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102149>.
59. Pamela R. Pehrsson, Janet M. Roseland, Kristine Y. Patterson, Katherine M. Phillips, Judith H. Spungen, Karen W. Andrews, Pavel A. Gusev, Jaime J. Gahche, Carol J. Haggans, Joyce M. Merkel, Abby G. Ershow, Iodine in foods and dietary supplements: A collaborative database developed by NIH, FDA and USDA, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 109, 2022, 104369, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104369>.
60. Xiaolin Hou, Xiaojun Yan, Study on the concentration and seasonal variation of inorganic elements in 35 species of marine algae, Science of The Total Environment, Volume 222, Issue 3, 1998, Pages 141-156, ISSN 0048-9697, [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00299-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00299-X).

61. Беспалов В.Г., Туманян И.А. Дефицит йода в питании как мультидисциплинарная проблема. *Лечащий Врач*. 2019;(3):8.
62. Kit Granby, Heidi Amlund, Luísa M.P. Valente, Jorge Dias, Grethe Adoff, Vera Sousa, António Marques, Jens J. Sloth, Bodil Katrine Larsen, Growth performance, bioavailability of toxic and essential elements and nutrients, and biofortification of iodine of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) fed blends with sugar kelp (*Saccharina latissima*), *Food and Chemical Toxicology*, Volume 141, 2020, 111387, ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111387>.
63. Vera Barbosa, Ana Luísa Maulvault, Patrícia Anacleto, Marta Santos, Mónica Mai, Helena Oliveira, Inês Delgado, Inês Coelho, Marisa Barata, Ravi Araújo-Luna, Laura Ribeiro, Piotr Eljasik, Małgorzata Sobczak, Jacek Sadowski, Agnieszka Tórz, Remigiusz Panicz, Jorge Dias, Pedro Pousão-Ferreira, Maria Luísa Carvalho, Marta Martins, António Marques, Enriched feeds with iodine and selenium from natural and sustainable sources to modulate farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common carp (*Cyprinus carpio*) fillets elemental nutritional value, *Food and Chemical Toxicology*, Volume 140, 2020, 111330, ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111330>.
64. Прижизненное формирование состава и свойств животного сырья / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина, Л. В. Федулова. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, 2018. – 440 с. – ISBN 978-5-901768-45-7. – EDN YNTHCH.
65. Папазян, Т. Яйцо:изобилие витаминов и микроэлементов / Т. Папазян, В. Фисинин // *Животноводство России*. – 2022. – № 2. – С. 12-14. – DOI 10.25701/ZZR.2022.02.02.003. – EDN OXZXIC.
66. Melissa C. Stevenson, Chris Drake, D. Ian Givens, Further studies on the iodine concentration of conventional, organic and UHT semi-skimmed milk at retail in the UK, *Food Chemistry*, Volume 239, 2018, Pages 551-555, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.135>.

67. Barbara Walther, Daniel Wechsler, Patrick Schlegel, Max Haldimann, Iodine in Swiss milk depending on production (conventional versus organic) and on processing (raw versus UHT) and the contribution of milk to the human iodine supply, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, Volume 46, 2018, Pages 138-143, ISSN 0946-672X, <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.12.004>.
68. Устинова, А. В. Колбасные изделия, обогащенные йодом, для детского питания / А. В. Устинова, А. С. Дыдыкин, Л. В. Федулова // *Пищевая промышленность*. – 2013. – № 12. – С. 20-22. – EDN RSONEX.
69. Winger R. J., König J., House D. A. Technological issues associated with iodine fortification of foods // *Trends in Food Science & Technology*. – 2008. – Т. 19. – №. 2. – С. 94-101.
70. Maija Greis, Laila Seppä, Eija-Riitta Venäläinen, Arja Lyytikäinen, Hely Tuorila, Impact of iodized table salt on the sensory characteristics of bread, sausage and pickle, *LWT*, Volume 93, 2018, Pages 606-612, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.009>.
71. Ann-Katrin Karl, Siegfried Münch, Dagmar Brüggemann, Jan Fritsche, Ralf Greiner, Influence of processing and storage on the iodine content of meat and fish products using iodized salt, *Food Chemistry*, Volume 389, 2022, doi: 10.1016/j.foodchem.2022.133092
72. Оценка эффективности использования йодсодержащих добавок в мясных кулинарных изделиях для детского питания / А. Н. Богатырев, А. С. Дыдыкин, М. А. Асланова [и др.] // *Вопросы питания*. – 2016. – Т. 85. – № 4. – С. 68-75. – EDN WHPUZZ.]
73. Перспективы применения йодсодержащих добавок в мясных продуктах детского питания / А. С. Дыдыкин, А. В. Устинова, Л. В. Федулова, Н. Л. Вострикова // *Все о мясе*. – 2013. – № 4. – С. 28-32. – EDN QZTGZD.
74. Khantimirova, R.E., Konkina, I.G. (2020). Optimal conditions for studying the reactions of inulin with iodine. *Inter nauka*, 15–2(144), 13–14. (In Russian)

75. Лисицын А. Б. и др. Мясные рубленые изделия, обогащенные пищевой добавкой «Биойод», для профилактики йоддефицитных состояний //Все о мясе. – 2013. – №. 5. – С. 24-26.
76. Перспективы использования йодированного пищевого композита "Йодонорм" в молочных продуктах питания / О. А. Ковалева, Н. Н. Поповичева, Е. М. Здрабова, О. С. Киреева // Ползуновский вестник. – 2020. – № 1. – С. 74-77. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.01.015. – EDN NINFQR.
77. Степычева, Н. В. Творог, обогащенный йодказеином / Н. В. Степычева, С. А. Патронова // Молочная промышленность. – 2020. – № 8. – С. 52-53. – DOI 10.31515/1019-8946-2020-08-52-53. – EDN QRMNWC.
78. Обогащенные продукты питания / А. И. Жаринов, А. С. Дыдыкин // Мясная индустрия. – 2016. – № 11. – С. 8-11. – EDN XAANH.
79. Патент № 2657475 С1 Российская Федерация, МПК А23G 3/38, А23G 3/52. Способ производства пастилы специализированного назначения на сорбите и стевииозиде, обогащенной добавкой "Йодказеин" : № 2017117736 : заявл. 22.05.2017 : опубл. 14.06.2018 / И. Ю. Резниченко, А. Н. Табаторович, А. М. Чистяков ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)". – EDN ZEHDF.
80. Патент 2 266 021 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/30, А23L 1/304, А23L 1/305. Биологически активная добавка к пище : № 2 266 021 : заявл. 05.05.2004 : опубл. 20.12.2005 / Э. Б. Битуева, С. Д. Жамсаранова, Ю. А. Капустина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления"
81. Патент 2 720 200 С2 Российская Федерация, МПК А61К 33/18, А61К 36/48, А61Р 3/00, А61Р 37/00. Способ получения средства для профилактики

йоддефицитных состояний и иммунодефицитов : № 2 720 200 : заявл. 16.07.2018 : опубл. 27.04.2020 / С. Д. Жамсаранова, Д. В. Лыгденов, Е. В. Сордонова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления"

82. Katarzyna Waszkowiak, Krystyna Szymandera-Buszk, The application of wheat fibre and soy isolate impregnated with iodine salts to fortify processed meats, Meat Science, Volume 80, Issue 4, 2008, Pages 1340-1344, ISSN 0309-1740, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.011>.

83. Дагбаева Т. Ц., Чиркина Т. Ф. Изучение возможности использования соевой муки как потенциального носителя органического йода //Вестник Международной академии холода. – 2007. – №. 4. – С. 48-49.

84. Патент № 2271725 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/30, А23L 1/10, А23L 1/304. Способ получения биологически активной добавки к пище для оптимизации йодного обмена : № 2005105218/13 : заявл. 28.02.2005 : опубл. 20.03.2006 / А. Н. Мамцев, И. А. Бондарева, В. Н. Козлов. – EDN OGZMQX.

85. Solovyova Y. et al. Technology bread products which are enriched by iodines //Ukrainian Food Journal is an. – 2013. – С. 360.

86. Горлов И. Ф., Гелунова О. Б., Данилов Ю. Д. Использование пророщенной на йоде и селене пшеницы в производстве изделий колбасных варено-копченых //Актуальная биотехнология. – 2015. – №. 2. – С. 4-8.

87. Мамцев, А. Н. Промышленная технология производства "фитойода" и его профилактическая эффективность : специальность 03.00.23 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Мамцев Александр Николаевич. – Щелково, 2007. – 55 с. – EDN NISIYX.

88. Патент № 2321274 С2 Российская Федерация, МПК А23L 1/30, А23L 1/304. йодсодержащая биологически активная добавка : № 2006108417/13 :

заявл. 17.03.2006 : опубл. 10.04.2008 / И. А. Бондарева, А. Н. Мамцев, В. Н. Козлов [и др.]. – EDN AJKZZA.

89. Эффективность реализации программы "Школьное молоко" в профилактике йодной недостаточности / А. Л. Даниленко, Ф. Х. Камилов, А. Н. Мамцев [и др.] // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 2. – С. 53-58. – EDN TVTQFT.

90. Данилов Михаил Борисович, Гомбожапова Нина Ивановна, Лескова Светлана Юрьевна, Бадмаева Татьяна Михайловна Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов функционального назначения // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. №2.

91. Патент № 2717045 С1 Российская Федерация, МПК A23L 33/125, A23L 33/16. Способ получения йодсодержащей биологически активной добавки к пище : № 2019100309 : заявл. 09.01.2019 : опубл. 17.03.2020 / Ф. Х. Камилов, И. Г. Конкина, Ю. И. Муринов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)", Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (УФИЦ РАН). – EDN KBZFOF.

92. Патент № 2716585 С1 Российская Федерация, МПК A23L 33/165, A23L 33/10. Способ получения йодсодержащей биологически активной добавки к пище : № 2019100307 : заявл. 09.01.2019 : опубл. 12.03.2020 / В. Н. Байматов, Е. В. Кузнецова, Е. В. Одиноква [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)", Уфимский Институт химии - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (УФИХ УФИЦ РАН). – EDN UOFLGR

93. Оценка наноразмерности и устойчивости водных дисперсий йодсодержащих конъюгатов на основе носителей растительного происхождения, перспективных для обогащения йодом пищевых продуктов / Ф. Х. Камилов, И. Г. Конкина, В. Н. Козлов [и др.] // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 6(544). – С. 110-117. – DOI 10.33029/0042-8833-2022-91-6-110-117. – EDN RTSVFQ.

94. Алмакаева Л. Ф. и др. Референтная и оперативная пространственная память потомства крыс с мерказолиловым гипотиреозом и коррекцией гипотиреоза йодсахаридным комплексом //Медицинский вестник Башкортостана. – 2021. – Т. 16. – №. 2 (92). – С. 46-51.

95. Untoro J, Schultink W, West CE, Gross R, Hautvast JG. Efficacy of oral iodized peanut oil is greater than that of iodized poppy seed oil among Indonesian schoolchildren. Am J Clin Nutr. 2006 Nov;84(5):1208-14. doi: 10.1093/ajcn/84.5.1208. PMID: 17093176.

96. M Benmiloud, M L Chaouki, R Gutekunst, H M Teichert, W G Wood, J T Dunn, Oral iodized oil for correcting iodine deficiency: optimal dosing and outcome indicator selection., The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, Volume 79, Issue 1, 1 July 1994, Pages 20–24, <https://doi.org/10.1210/jcem.79.1.8027227>

97. Tonglet R. et al. Efficacy of low oral doses of iodized oil in the control of iodine deficiency in Zaire //New England Journal of Medicine. – 1992. – Т. 326. – №. 4. – С. 236-241.

98. Патент № 2321274 С2 Российская Федерация, МПК А23L 1/30, А23L 1/304. Йодсодержащая биологически активная добавка : № 2006108417/13 : заявл. 17.03.2006 : опубл. 10.04.2008 / И. А. Бондарева, А. Н. Мамцев, В. Н. Козлов [и др.]. – EDN AJKZZA.

99. Кефир, обогащенный БАД "Йодхитозан" / М. В. Динякова, Е. Е. Пономарев, А. Н. Мамцев, В. Н. Козлов // Молочная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 80-81. – EDN OZCURB.
100. Влияние комплекса "йод-хитозан" на процессы свободнорадикального перекисного окисления липидов *in vitro* / А. Н. Мамцев, В. Н. Козлов, Е. Е. Пономарев, Н. И. Шиянова // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2016. – № 3-1. – С. 140-142. – EDN WJUORR.
101. Kochetkova A. A. Requirements for packaging and labeling of specialized and functional food products / A. A. Kochetkova // Meatbranch. – 2019. – № 7(199). – С. 40-45. – EDN TCDTOA. (in Russian)
102. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.- М.: Стандартинформ, 2019. – 48 с.
103. Рекомендации Всемирной организации здравоохранения и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций по обогащению пищевых продуктов микронутриентами. В архиве 26 декабря 2016 г. Wayback Machine 2006
104. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 N 36 (ред. от 06.07.2011) "О введении в действие Санитарных правил"
105. "МР 2.3.7.0168-20 Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов. Методические рекомендации" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 20.03.2020) (ред. от 28.02.2023)
106. Управление качеством на предприятиях пищевой, перерабатывающей промышленности, торговли и общественного питания: учебник /И.В.Сурков, В.М. Кантере, Е.О. Ермолаева, В. М. Позняковский.– М.: ИНФРА– М, 2014.– 336 с.

107. Кайшев В. Г., Серегин С. Н. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия //Пищевая промышленность. – 2017. – №. 7. – С. 8-14.
108. Hilton, J. (2017). Chapter 1 – Growth patterns and emerging opportunities in nutraceutical and functional food categories: market overview. In: *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products* (edited by D. Bagchi & S. Nair). Pp. 1–28. San Diego: Academic Press
109. N 29-ФЗ от 02.01.2000 «О качестве и безопасности пищевых продуктов» в редакции N 47-ФЗ от 01.03.2020
110. Законодательные основы и научные принципы создания функциональных пищевых продуктов на мясной основе / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина, Л. В. Федулова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 12(146). – С. 151-158. – EDN XDRUVP.
111. Isniah S. et al. Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues //Jurnal Sistem dan Manajemen Industri. – 2020. – Т. 4. – №. 1. – С. 72-81.
112. Stoyanova A. et al. Food Safety Management System (FSMS) Model with Application of the PDCA Cycle and Risk Assessment as Requirements of the ISO 22000: 2018 Standard //Standards. – 2022. – Т. 2. – №. 3. – С. 329-351.
113. Внедрение системы ХАССП - основа эффективной работы предприятия / О. А. Кузнецова, З. А. Юрчак, К. О. Мельник, Д. Старчикова // Мясные технологии. – 2016. – № 1(157). – С. 24-27. – EDN VIOCGX.
114. Awuchi C. G. HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems //Cogent Food & Agriculture. – 2023. – Т. 9. – №. 1. – С. 2176280.
115. Kasza, G., Csenki, E., Szakos, D., & Izsó, T. (2022). "The evolution of food safety risk communication: Models and trends in the past and the future". *Food Control*, 138, 109025.

116. News, F. S. (2018). North Dakota confirms E. coli outbreak case; 26 states hit | food safety news. Food Safety News, 6(May), 2018.
117. FAO & WHO. 2023. General principles of food hygiene. Codex Alimentarius Code of Practice, No. CXC 1-1969. Codex Alimentarius Commission. Rome.
118. Tuyet Hanh, T. T., & Hanh, M. H. (2020). Hygienic practices and structural conditions of the food processing premises were the main drivers of microbiological quality of edible ice products in Binh Phuoc Province, Vietnam 2019.
119. ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования»
120. Njunina, V. (2022). 7 HACCP principles- What are the steps of HACCP? FoodDocs. Accessed August 24, 2022.
121. Кузнецова, О. А. Разработка и внедрение системы ХАССП в соответствии с требованиями ТРТС 021/2011 и ГОСТ Р 51705.1 / О. А. Кузнецова, З. А. Юрчак, К. О. Мельник // Пищевая промышленность. – 2016. – № 1. – С. 34-36. – EDN VPSLYZ
122. Резниченко Ирина Юрьевна, Чистяков Андрей Михайлович Особенности внедрения процедур, основанных на принципах хассп, для обогащенных мучных кондитерских изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. №1
123. Hassoun A. et al. Food quality 4.0: From traditional approaches to digitalized automated analysis //Journal of Food Engineering. – 2023. – Т. 337. – С. 111216.
124. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство
125. ГОСТ Р 56275-2014 Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов
126. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство
127. Кузлякина, Ю. А. Внутренний аудит системы менеджмента безопасности пищевой продукции в соответствии с новыми требованиями ГОСТ Р ИСО 19011-2021 / Ю. А. Кузлякина, В. С. Замула, Е. В. Крюченко //

Все о мясе. – 2021. – № 4. – С. 3-5. – DOI 10.21323/2071-2499-2021-4-3-5. – EDN AYVVKK.

128. Zsuzsa Farkas, Erika Országh, Tekla Engelhardt, Andrea Zentai, Miklós Süth, Szilveszter Csorba, Ákos Józwiak, Emerging risk identification in the food chain – A systematic procedure and data analytical options, Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volume 86, 2023, 103366, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103366>.

129. Wu Z., Liu W., Nie W. Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2021. – Т. 112. – С. 1409-1436.

130. Spreafico C., Russo D., Rizzi C. A state-of-the-art review of FMEA/FMECA including patents //computer science review. – 2017. – Т. 25. – С. 19-28.

131. Garcia Aguirre P. A. et al. PFDA-FMEA, an integrated method improving FMEA assessment in product design //Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 4. – С. 1406.

132. Steven Kmenta, Kosuke Ishii, Advanced FMEA using meta behavior modeling for concurrent design of products and controls, in: Proceedings of the 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences, 1998.

133. Еделев Д. А., Кантере В. М., Матисон В. А. Методы анализа рисков в жизненном цикле продуктов питания //Пищевая промышленность. – 2011. – №. 8. – С. 44-46.

134. Cho W. I. et al. Fault tree analysis as a quantitative hazard analysis with a novel method for estimating the fault probability of microbial contamination: A model food case study //Food Control. – 2020. – Т. 110. – С. 107019.

135. Varzakas T. H., Arvanitoyannis I. S. Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), cause and effect analysis, and Pareto diagram in conjunction with HACCP to a corn curl manufacturing plant //Critical reviews in food science and nutrition. – 2007. – Т. 47. – №. 4. – С. 363-387.

136. Ермолаева Е. О. и др. Исследование и систематизирование технологических рисков производства пребиотических конфет //Пищевая промышленность. – 2018. – №. 11. – С. 60-65.
137. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий
138. Губарев А.В., Пименова А.В. Анализ международных стандартов рискориентированного управления // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) - 2021 г. - № 129; URL: <https://novainfo.ru/article/18815>.
139. Perța-Crișan S. et al. Oleogels—Innovative Technological Solution for the Nutritional Improvement of Meat Products //Foods. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 131.
140. Przystupa K. The methods analysis of hazards and product defects in food processing //Czech Journal of Food Sciences. – 2019. – Т. 37. – №. 1. – С. 44-50.
141. Юрк, Н. А. Статистический менеджмент процессов производства пищевых продуктов / Н. А. Юрк // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 11. – С. 30-35. – DOI 10.31442/0235-2494-2020-0-11-30-35. – EDN VBHKRP.
142. Ali K., Johl S. K. Critical success factors of total quality management practices using Pareto analysis //Int. J. Productivity and Quality Management. – 2022. – Т. 36. – №. 3. – С. 353.
143. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Методы оценки риска" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 01.12.2011 N 680-ст)
144. Асланова М. А. и др. Разработка биологически активных добавок для обогащения специализированных мясных продуктов //Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр пищевых систем им. ВМ Горбатова РАН, 2017. – №. 1. – С. 21-23.

145. МУ N 31-07/04 Методика выполнения измерений содержания йода в пищевых продуктах, продовольственном сырье, кормах и продуктах их переработки, лекарственных препаратах, витаминах, БАДах, биологических объектах методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА
146. МИ 103.5-132-2012/01.00225-2011 «Определение содержания йодтирозинов в йодированных молочных белках и БАДах на их основе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». М., 2012. 16 с.
147. Куликовский, К. А. В., Лисицын, А. Б., Кузнецова, О. А., Вострикова, Н. Л., & Горлов, И. Ф. (2016). Методические аспекты определения органического йода (йодтирозинов) в пищевых продуктах. Вопросы питания, 85(4), 91-97.
148. ГОСТ Р 33422-2015 «Мясо и мясные продукты. Определение содержания йодтирозинов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором». М., 2019, 12 с.
149. Barsalou M. Case Study in Hypothesis Prioritization with Ishikawa Diagrams //Management Systems in Production Engineering. – 2023. – Т. 31. – №. 4. – С. 381-388.
150. Wu J. Y., Hsiao H. I. Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis //Food Control. – 2021. – Т. 120. – С. 107501.
151. Современное состояние и перспективы развития нормативно-технического регулирования производства и оборота функциональных пищевых продуктов в мировой практике / А. С. Дыдыкин, Ю. Н. Зубарев, Е. И. Логунова [и др.] // Все о мясе. – 2022. – № 1. – С. 8-15. – DOI 10.21323/2071-2499-2022-1-8-15. – EDN EQHABS.
152. Modern forms of iodine-containing food components / A. S. Dydykin, Yu. N. Zubarev, E. I. Logunova, Yu. A. Kuzlyakina // Theory and Practice of Meat Processing. – 2023. – Vol. 8, No. 3. – P. 172-182. – DOI 10.21323/2414-438X-2023-8-3-172-182. – EDN OLXKNW.

153. Зубарев Ю.Н., Дыдыкин А.С., Логунова Е.И., Самойлова А.М., Калугина З.И. (2024). Влияние срока хранения на содержание йода в пищевых ингредиентах. Пищевые системы, X(X), XX-XX. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-20XX-X-X-XX-XX>
154. Оценка рисков производства функциональных пищевых продуктов с помощью методики RCA / А. С. Дыдыкин, Ю. Н. Зубарев, Е. И. Логунова, Ю. А. Кузлякина // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 2. – С. 288-297. – DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-2-288-297. – EDN OURGBT.
155. World Health Organization. Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring Their Elimination: A Guide for Programme Managers, 2nd ed.; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2001. Available online: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/61278> (accessed on 10 January 2024)
156. Blankenship J.L., Garrett G.S., Khan N.A., De-Regil L.M., Spohrer R., Gorstein J. Effect of iodized salt on organoleptic properties of processed foods: a systematic review. J Food Sci Technol. 2018; 55 (9): 3341-52. 10.1007/sl 3197-0183277-9. DOI: 10.1007/sl3197-0183277-9 EDN: JDARQY], [Dydykin A. S. et al. Effectiveness of using iodine-containing additives in meat products for child nutrition //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 333. – №. 1. – С. 012060.], [Kraysvitniy M. V., Farionik T. V. Production cooked sausages with the addition of iodized salt //Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies. – 2023. – Т. 25. – №. 100. – С. 101-104.
157. Tulyakova T. V. An enrichment of food using organic iodine for prophylaxis of thyroid illness / T. V. Tulyakova, E. I. Shibanov, A. A. Shibanova // Food processing industry = Pischevaya promyshlennost'. – 2020. – № 11. – P. 52-57. – DOI 10.24411/0235-2486-2020-10128. – EDN KSCAJR. (in Russian)
158. Belyaev A. G. Primenenie produktov kunzhuta i laminarii v izgotovlenii varenykh kolbasnykh izdelii / A. G. Belyaev, O. S. Nikitenko // Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvaiushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo

pitaniia. – 2022. – № 3. – С. 177-186. – DOI 10.24412/2311-6447-2022-3-177-186. – EDN UFDYZY. (in Russian)

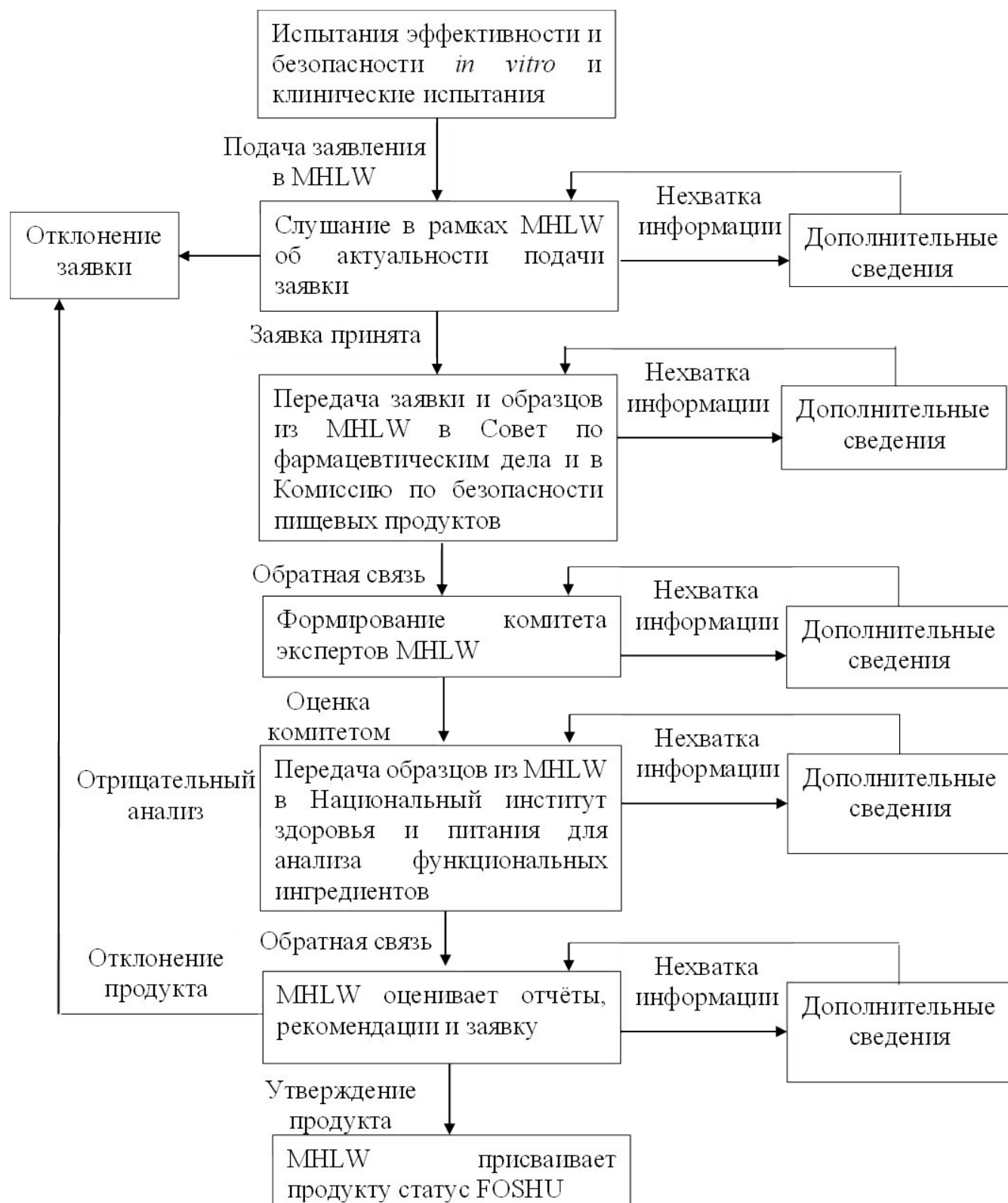
159. Ruleva T. A. Razrabotka rublenykh miasorastitel'nykh polufabrikatov funktsional'nogo naznacheniiia / T. A. Ruleva, N. Yu. Sarbatova, O. V. Sycheva, R. S. Omarov // Meatbranch. – 2018. – № 1(181). – С. 35-37. – EDN YMVXGG. (in Russian).

160. Дыдыкин, А. С. Развитие научно-практических основ создания функциональных и специализированных мясных продуктов с учетом оценки влияния способов технологического воздействия на их качество и безопасность : специальность 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Дыдыкин Андрей Сергеевич. – Москва, 2022. – 380 с. – EDN BBYMQM.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Схема процесса регистрации функциональных продуктов питания в Японии



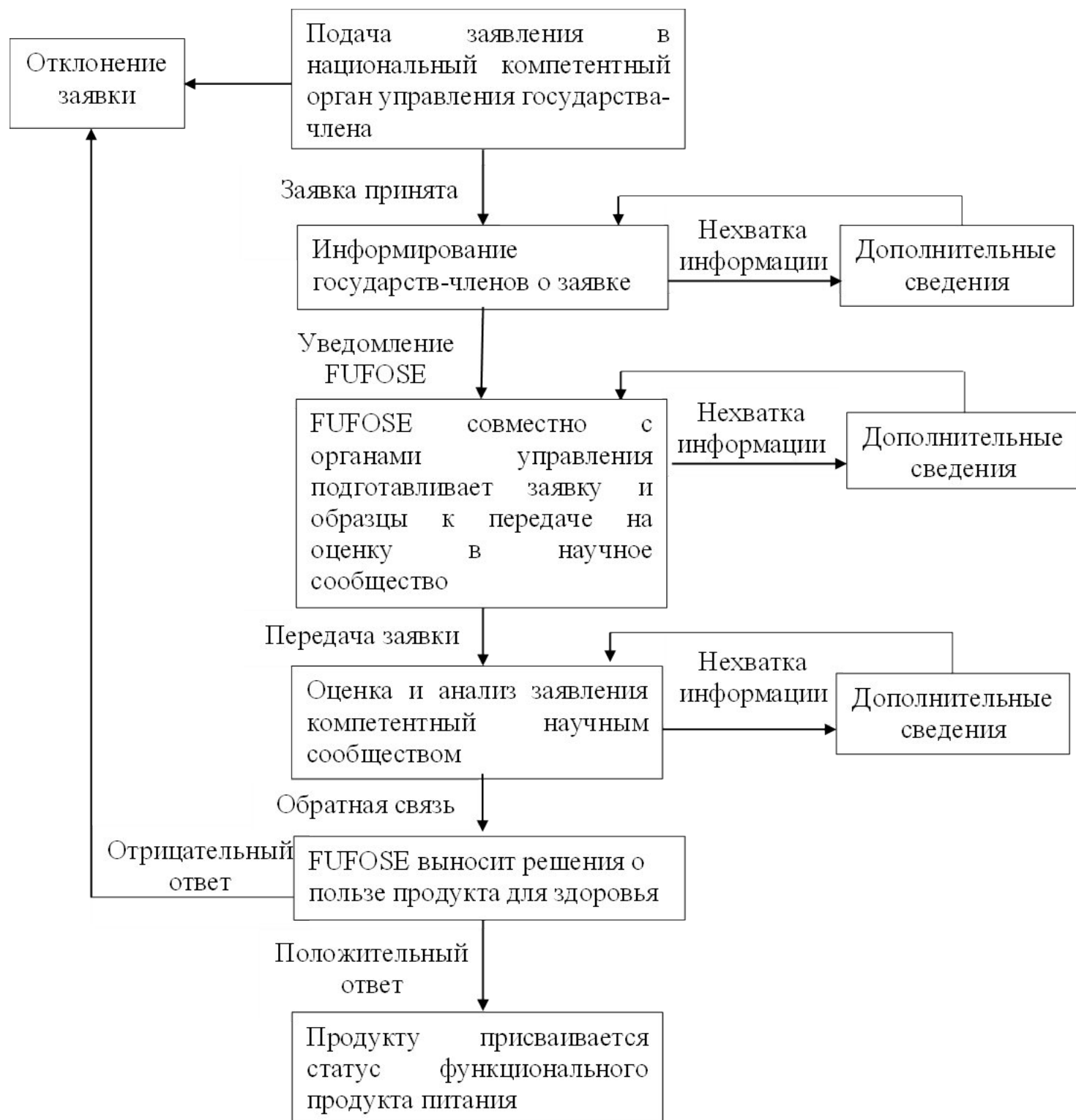
Терминология китайских Health Food с переводом

English	Русский (перевод)
1. Enhancing immune systems	1. Укрепление иммунитета
2. Sleep improvement	2. Улучшение сна
3. Alleviating physical fatigue	3. Поддержание физического состояния
4. Enhancing anoxia endurance	4. Поддержка при аноксии
5. Irradiation hazard protection function	5. Защита от радиации
6. Increasing bone density	6. Укрепление костной ткани
7. Assisting liver protection against injury	7. Защита функций печени
8. Alleviating eye fatigue	8. Снятие усталости глаз
9. Eliminating acne	9. Устранение прыщей
10. Eliminating skin pigmentation	10. Устранение пигментации кожи
11. Improving skin ability to retain moisture	11. Поддержка водного баланса кожи
12. Improving skin oil content function	12. Поддержка жирового баланса кожи
13. Assisting blood lipids reduction	13. Снижение липидов в крови
14. Assisting blood sugar reduction	14. Снижение сахара в крови
15. Antioxidative function	15. Антиоксидантное воздействие
16. Assisting memory improvement	16. Улучшение памяти
17. Alleviating lead excretion	17. Выведение свинца
18. Improving throat function	18. Поддержка функций горла
19. Assisting blood pressure reduction	19. Снижение артериального давления
20. Facilitating milk secretion	20. Стимуляция секреции молока
21. Assisting weigh control	21. Контроль веса
22. Improving child growth	22. Стимуляция роста ребенка
23. Improving nutritional anemia	23. Улучшение анемических состояний
24. Regulating gastrointestinal flora	24. Регуляция микрофлоры ЖКТ
25. Facilitating digestion (regularity)	25. Стимуляция пищеварения
26. Facilitating bowel movement	26. Стимуляция перистальтики кишечника
27. Protection of gastric mucosa	27. Защита слизистой оболочки ЖКТ

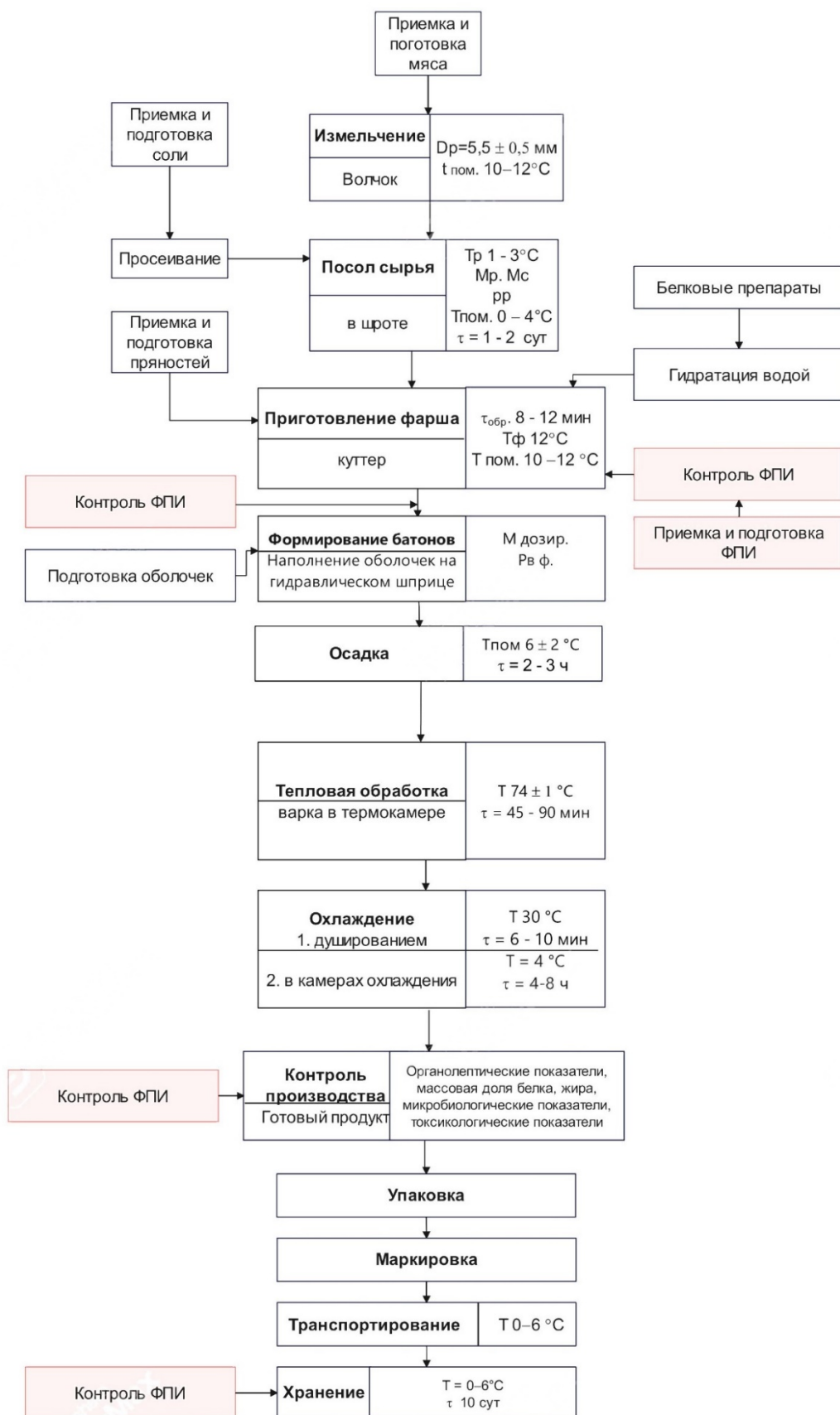
Схема процесса регистрации функциональных продуктов питания в Китае



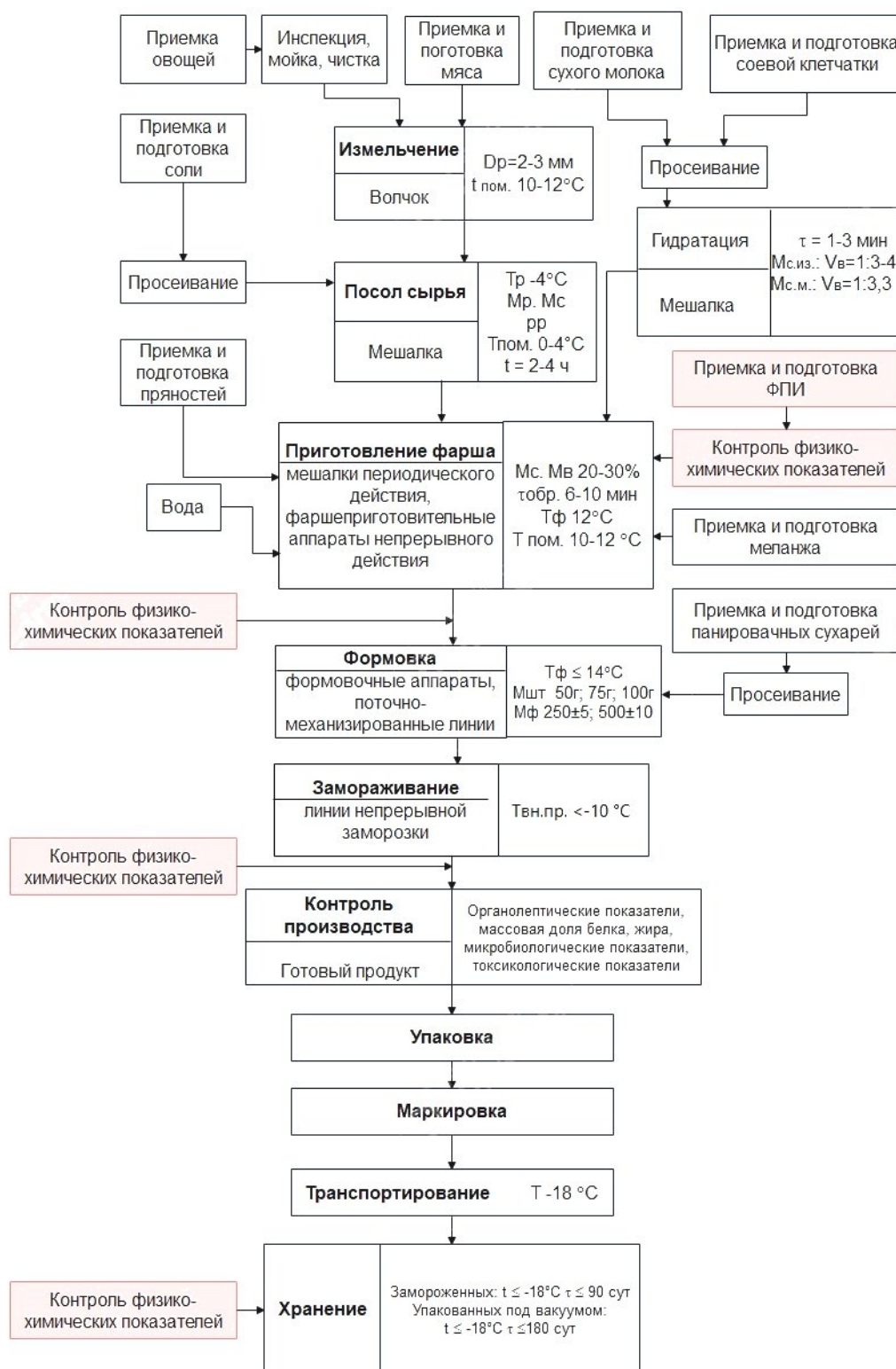
Схема процесса регистрации функциональных продуктов питания в Европе



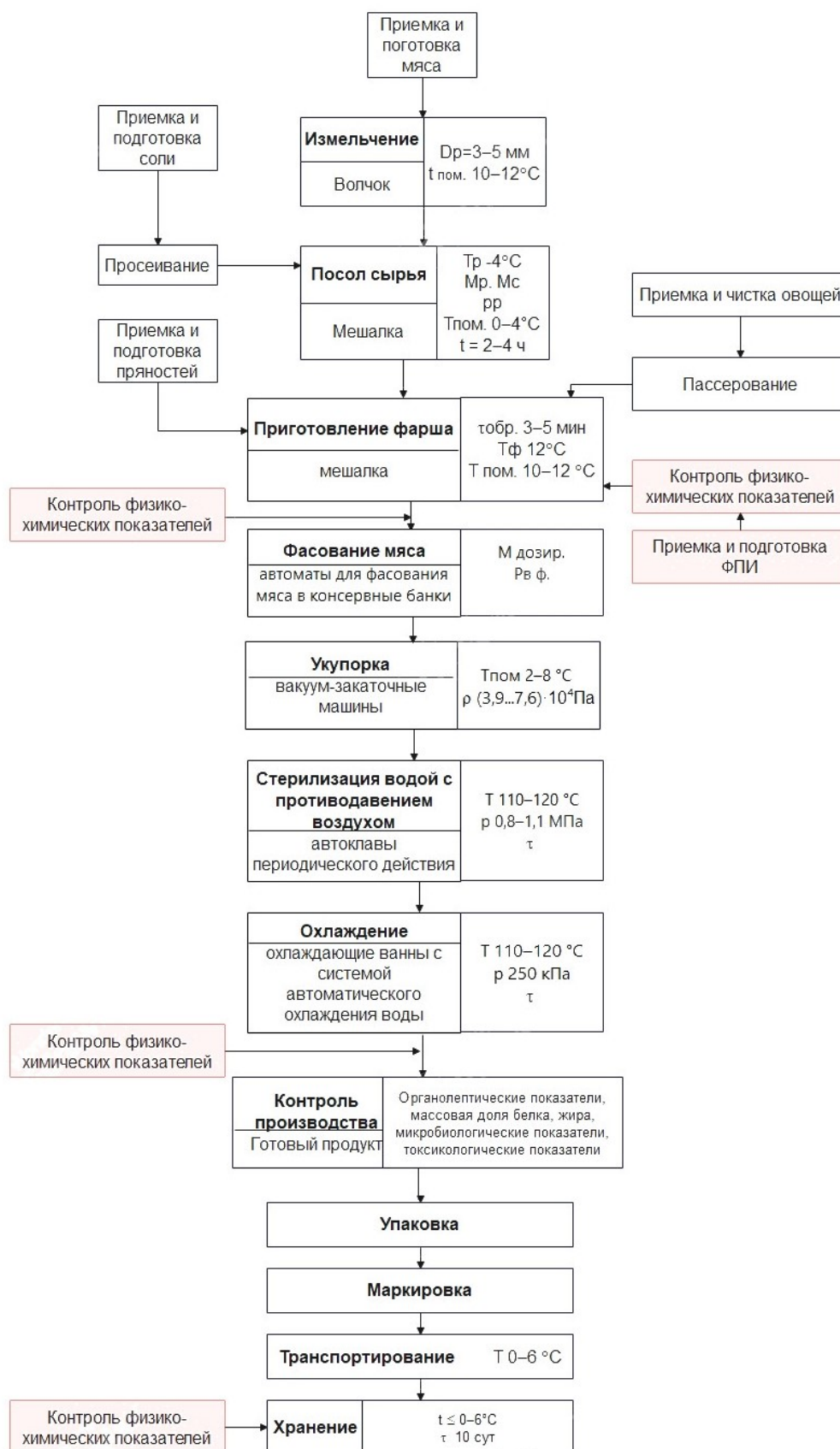
Технологическая схема производства функциональных вареных колбасных изделий



Технологическая схема производства функциональных мясных полуфабрикатов



Технологическая схема производства функциональных мясорастительных консервов



Стандарт организации на систему контроля качества ФПИ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова»
Российской Академии Наук**

СТО ОКПО-001-2025

УТВЕРЖДЕНО
Советом директоров
Протокол № ____
от «__» ____ 2025

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Система менеджмента качества

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ
ЙОДСОДЕРЖАЩИМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПИЩЕВЫМИ
ИНГРЕДИЕНТАМИ.**

Москва
2024