



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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Кемерово 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр пищевых им. В.М. Горбатова» («ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова») РАН

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент
Дыдыкин Андрей Сергеевич

Официальные оппоненты:

Ермолаева Евгения Олеговна
доктор технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Кемеровский
государственный университет», профессор
кафедры управления качеством

Волошина Елена Сергеевна
кандидат технических наук, доцент,
Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени К.А.
Тимирязева», доцент кафедры управления
качеством и товароведения продукции

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Российский экономический
университет им. Г.В. Плеханова»

Защита диссертации состоится 27 марта 2026 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.315.05 при ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» по адресу: 650056, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47, 2-ая лекционная аудитория.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (<https://kemsu.ru/science/dissertation-councils/diss-24-2-315-05/protects/120895/>), на официальном сайте ВАК Минобрнауки РФ (<https://vak.minobrnauki.gov.ru/main>).

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, отправлять по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, Диссертационный совет 24.2.315.05, e-mail: ds24.2.315.05@mail.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук



Милентьева Ирина Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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., Янковской В.С., Дунченко Н.И., Ермолаевой Е.О., Н.И., 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, разработанная на основании методики анализа и оценки рисков FMEA. Выявлены наиболее уязвимые этапы производства, с помощью квалитметрических 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 квалитметрические 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.

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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность, научная новизна, практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту.

В главе 1 представлен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по теме исследования. Проанализировано нормативно-техническое регулирование производства и оборота функциональных пищевых продуктов (далее – ФПП) в мировой практике. Осуществлена оценка йододефицита при помощи опубликованных статистических данных, приведены пути его коррекции. Выполнен обзор современных форм йодсодержащих функциональных пищевых ингредиентов (далее –

ФПИ) и способов их применения при производстве ФПП. Приведены современные системы управления качеством пищевых продуктов.

В главе 2 описаны Объекты, условия, организация и методы исследования.

Теоретические и экспериментальные исследования проведены в условиях отдела функционального и специализированного питания ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН; экспериментальном цехе выработки продуктов из мяса НИИ «ПрофиБио». В соответствии с поставленными задачами диссертационной работы определены объекты и условия проведения исследований, представлена общая структура работы в виде схемы (рис. 1)



Рисунок 1 - Схема Проведения эксперимента

Объектами исследования на различных этапах работы являлись:

- ФПИ: «Йодированная соль» по ГОСТ Р 51574; «Сушеная ламинария» по ТУ 9284-046-33620410-04; ФПИ «Йодказеин» по ТУ 9229-001-79899185-2007;
- ФПП на основе мясного сырья, обогащенные йодсодержащими ФПИ: стерилизованные консервы, вареные колбасные изделия, полуфабрикаты.

Методы исследований ФПП и ФПИ. Для исследования использовались общепринятые методы: исследование неорганического йода осуществляли по МУК

4.1.1481-03; исследование йодтирозинов в ФПИ осуществляли по МИ 103.5-132-2012/01.00225-2011; исследование йодтирозинов ФПП по ГОСТ 33422–2015.

Методы анализа рисков и статистической обработки. Статистический анализ экспериментальных данных проводили методом вариационной статистики при использовании t-теста Стьюдента с применением программы Microsoft Excel 2010. Для анализа рисков применяли метод RCA с применением следующих структурированных методов анализа: диаграмма Исикавы, анализ дерева неисправностей FTA, анализ видов и последствий отказов FMEA, анализ Парето, составление картины первопричины.

В главе 3 представлена разработка подходов к идентификации рисков.

Для определения возможных причин и факторов, способных привести к реализации риска снижения содержания йода в ФПИ была составлена причинно-следственная диаграмма Исикавы (Рисунок 2).

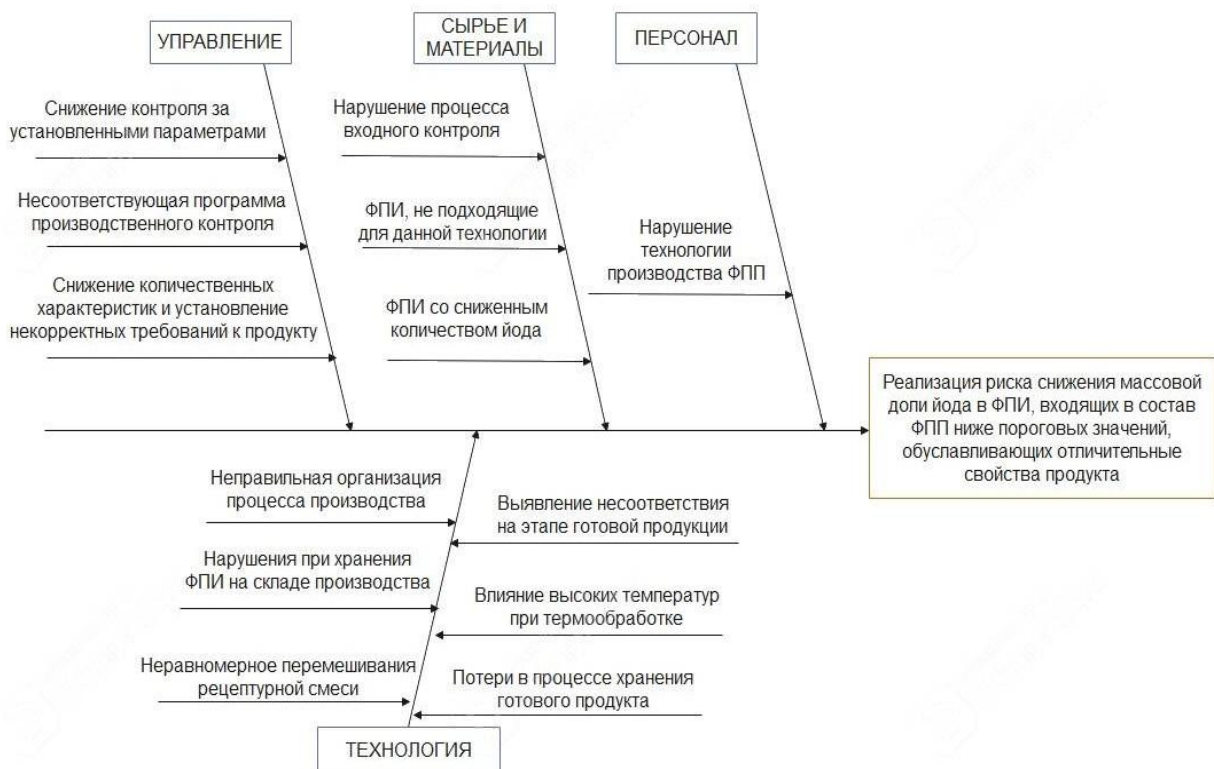


Рисунок 2 - Причинно-следственная диаграмма Исикавы

В соответствии с методикой FMEA произведена оценка рисков с помощью коэффициентов серьезности, вероятности и обнаружения причин, которым присваивались баллы от 1 до 10. Данные, полученные с помощью анализа и оценки рисков 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. С помощью диаграмм были определены границы предельного числа риска (далее – ПЧР) в пределах от 400 до 720, при достижении которых возникает необходимость принятия корректирующих мероприятий (Рисунки 3-5).

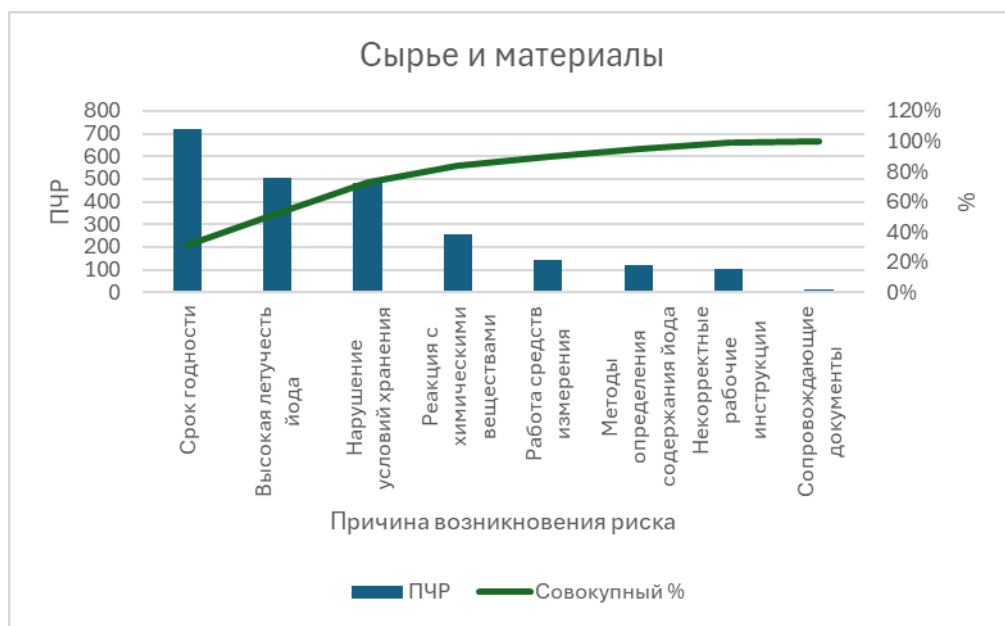


Рисунок 3 – Диаграмма Парето для области контроля «Сырье и материалы»

В области контроля сырья и материалов для ФПИ со сниженным содержанием йода ПЧР составляло 720, а для ФПИ с йодом высокой летучести – 504, что означало необходимость проведения входного контроля в соответствии с инструкциями и регулярной проверки средств измерения, строгой верификации входящих материалов, составления рецептуры и моделирования продукта с учетом особенностей используемого сырья.

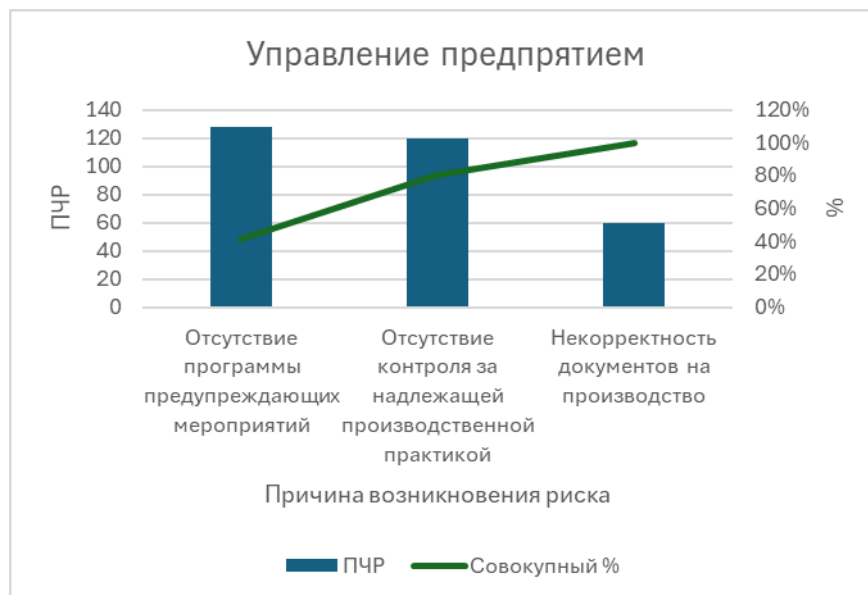


Рисунок 4 - Диаграмма Парето для области контроля «Управление предприятием»

В области контроля управления предприятием по производству ФПИ ПЧР составляло значения в диапазоне от 120 до 128, что является показателем низкого риска снижения йода в ФПП вследствие реализации данных причин. Однако, в качестве превентивных мер по устранению рисков необходимо составление плана предупреждающих мероприятий, своевременное устранение причин потенциальных несоответствий и регулярный внутренний аудит предприятия

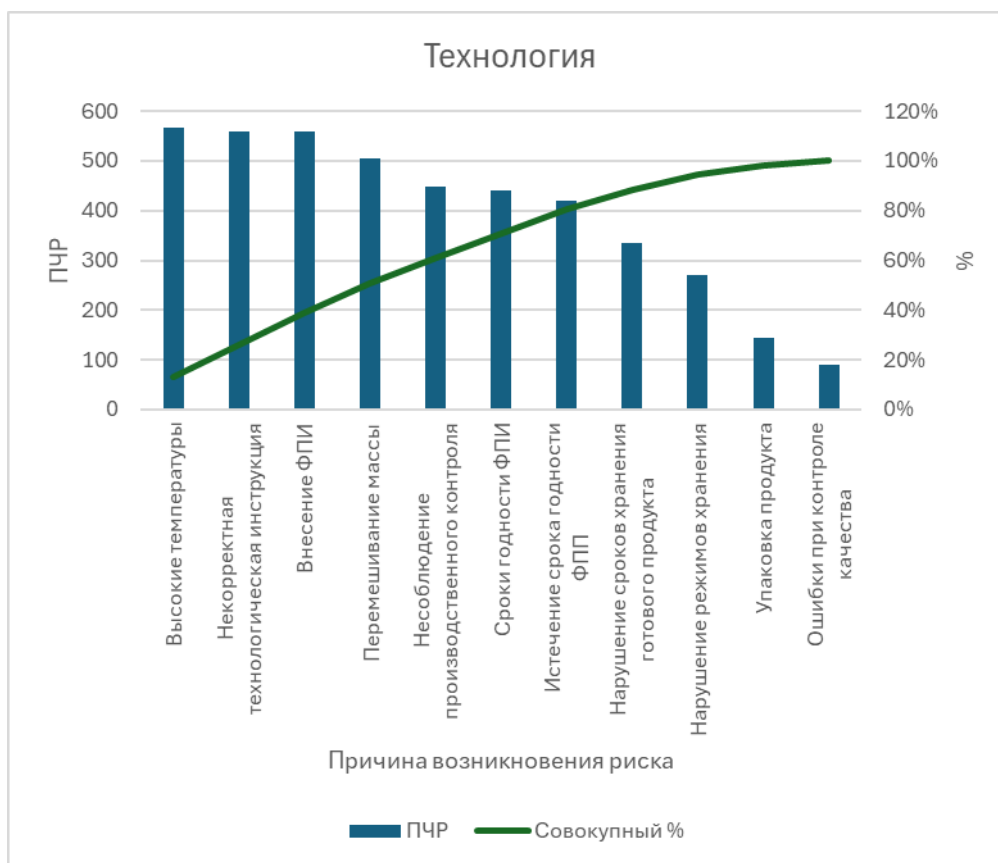


Рисунок 5 – Диаграмма Парето для области контроля «Технология»

Для области контроля технологии производства ПЧР составляло 405, что означало необходимость соблюдения своевременного инструктажа и регулярной проверки знаний персонала. В технологической области контроля для нарушения технологии внесения ФПИ ПЧР составляло 560, неравномерное распределение йода в матрице продукта – 504, потери йода после термообработки – 567. 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.

Были сформулированы предупреждающие мероприятия, а именно: 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.

Для более глубокой проработки каждой причины и поиска неисправностей системы контроля качества на следующем этапе анализа рисков было осуществлено построение и анализ дерева неисправностей FTA (Рисунок 5).

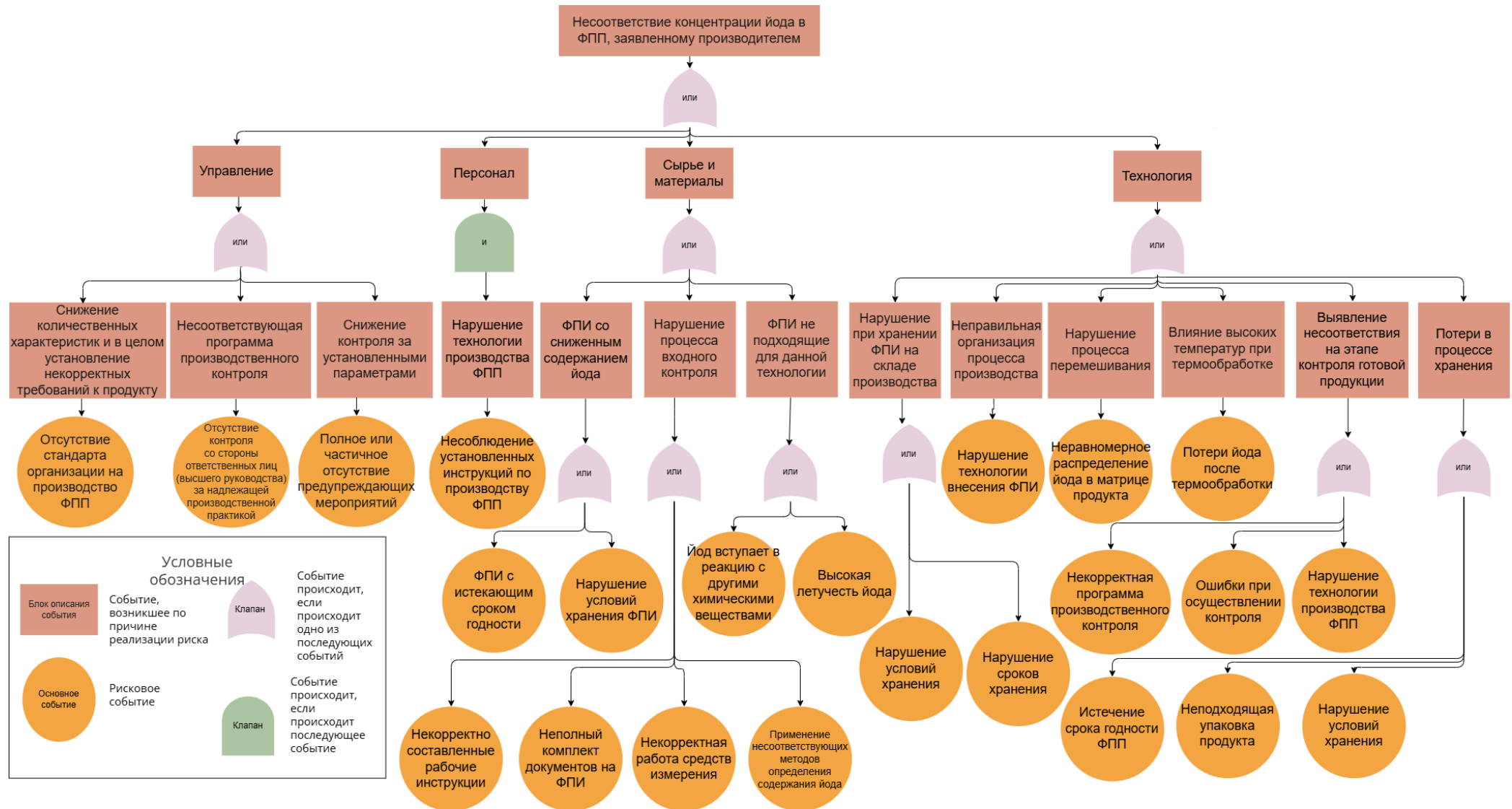


Рисунок 5 - Дерево неисправностей FTA для ФПП на основе мясного сырья, обогащенных йодом

В главе 4 представлены результаты исследований йода и йодтирозина
Исследование содержания йода в образцах ФПИ

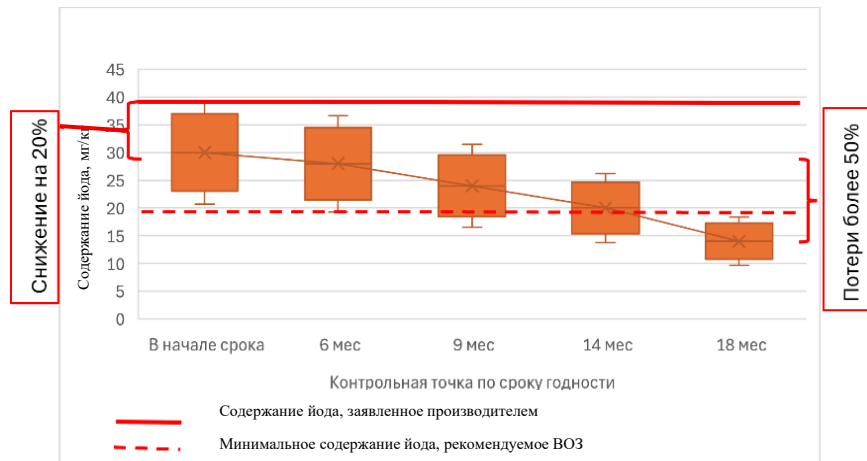


Рисунок 7 - Содержание йода в ФПИ Йодированная соль

Исследование содержания йода в ФПИ Йодированная соль показало, что фактическое содержание йода в начале срока годности не соответствует требованиям, предъявляемым к йодированной соли и на протяжении срока годности снижается более чем на 50% (рисунок 7).

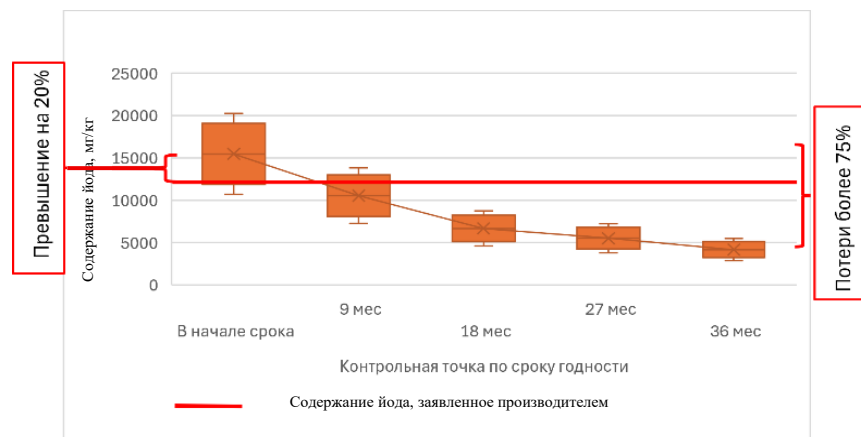


Рисунок 8 - Содержание йода в ФПИ Сушеная ламинария

Исследование содержания йода в ФПИ Сушеная ламинария показало, что фактическое содержание йода в начале срока годности на 20% выше заявленной производителем. Снижение содержания йода происходит неравномерно и к концу срока годности составляет 75% (рисунок 8).

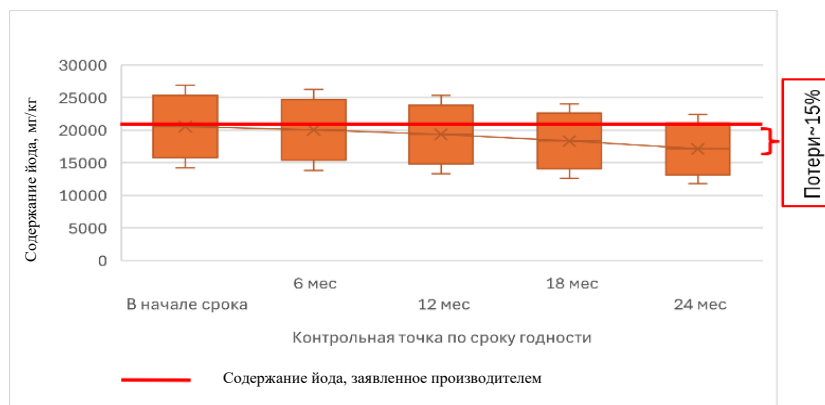


Рисунок 9 - Содержание йода в ФПИ Йодказеин

Исследование содержания йода в ФПИ Йодказеин показало, что фактическое содержание йода превышает значение, заявленное производителем на от заявленной производителем, а снижение ее в процессе хранения происходит плавно (рисунок 9).

Исследование содержания йодтирозинов образцах ФПИ

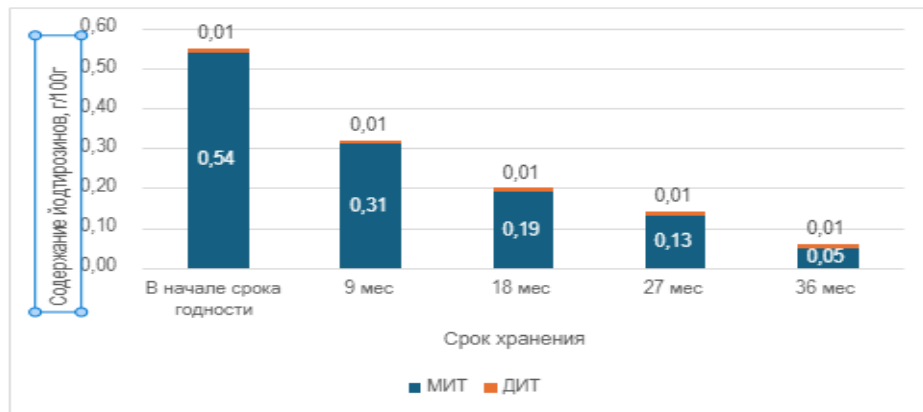


Рисунок 10 - Содержание йодтирозинов в ФПИ Сушеная ламинария

Исследование содержания йодтирозинов в ФПИ Сушеная ламинария показало преобладающее содержание монойодтирозинов перед диодтирозиновыми, снижающееся в процессе хранения к концу срока годности на 90% (Рисунок 10).

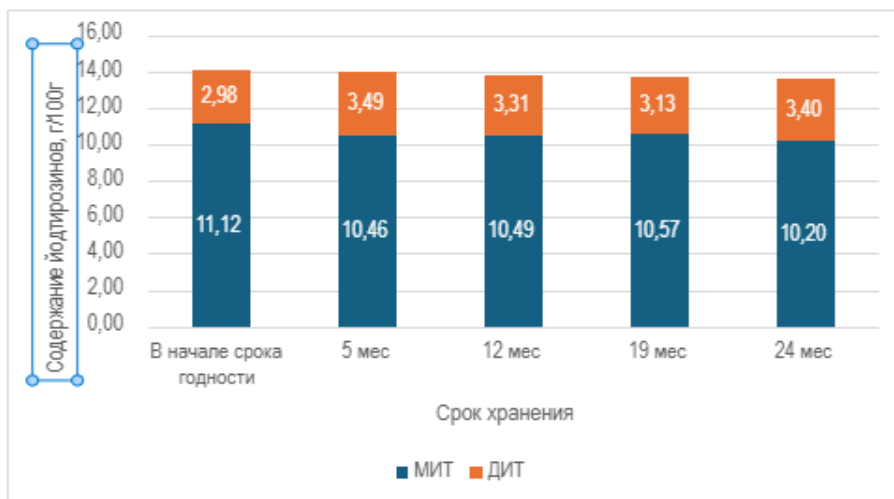


Рисунок 11 - Содержание йодтирозинов в ФПИ Йодказеин

Исследование содержания йодтирозинов в ФПИ Йодказеин показало, что содержание йодтирозинов снижается незначительно на протяжении всего срока годности и через 24 месяца составляет 98% от начального уровня, но при этом меняется соотношение МИТ к ДИТ (Рисунок 11).

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

На основании проведенного анализа было установлено, что наиболее значимыми этапами производства ФПП являются: приемка сырья и материалов и их хранение на складе производства, процессы фаршесоставления, термической обработки, а также хранение готовых ФПП. В таблице 1 дана рецептура вареных колбасных изделий.

Таблица 1 - Рецептуры варёных колбасных изделий с добавлением йодсодержащих ингредиентов

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	-
БАД «Йодонорм»	-	-	0,0064
Вода	15,00	15,00	15,00

Контрольные точки содержания йода в сырье, промежуточном и готовом продуктах представлены на технологической схеме в жирных рамках (Рисунок 12).

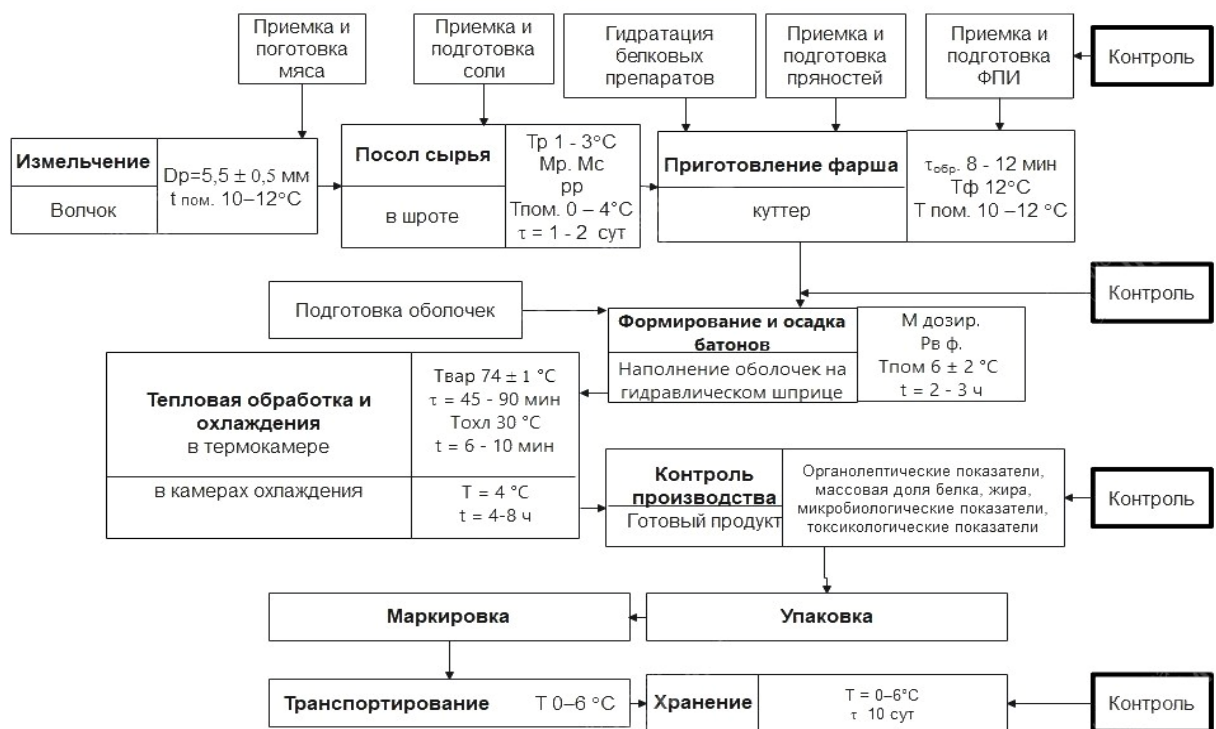


Рисунок 12 - Технологическая схема вареных колбасных изделий с контрольными точками

Исследование содержания йода в образцах ФПП в процессе технологической обработки

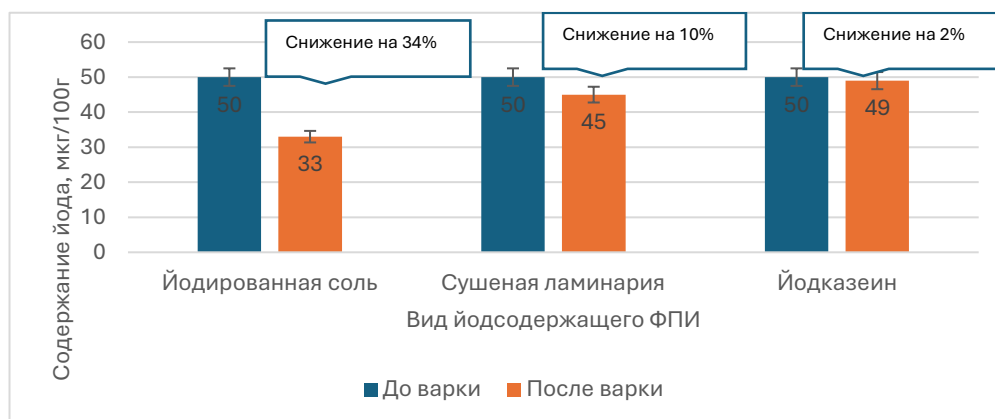


Рисунок 13 - Результаты исследования содержания йода в ФПП Колбаса вареная

Результаты исследования содержания йода в ФПП Колбаса вареная с добавлением ФПИ до и после варки показали низкую стабильность йода в йодированной соли (Рисунок 13).

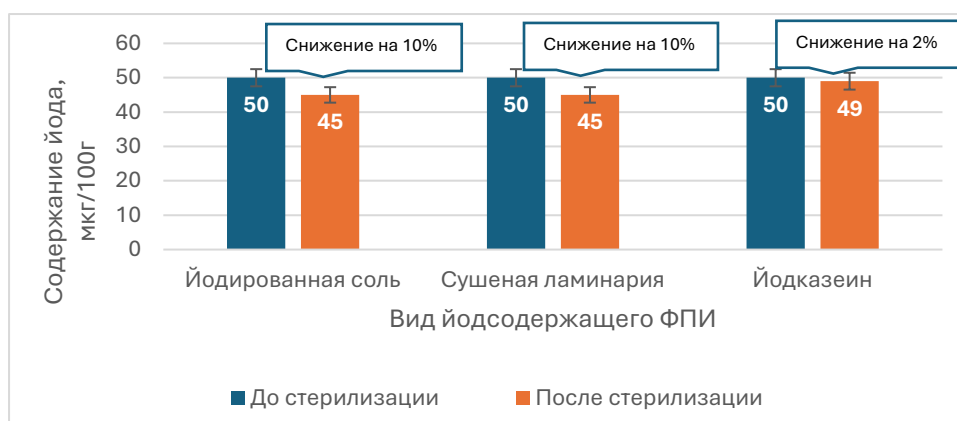


Рисунок 14 - Результаты исследования содержания йода в ФПП Консервы стерилизованные

Результаты исследования содержания йода в ФПП Консервы стерилизованные с добавлением ФПИ до и после стерилизации показали более высокую стабильность йода в «Йодказеине», чем в двух других ФПИ (Рисунок 14).

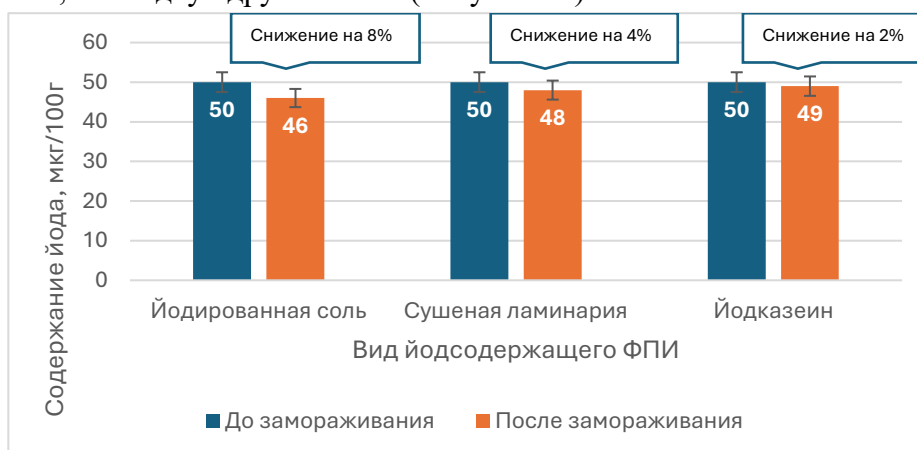


Рисунок 15 - Результаты исследования содержания йода в ФПП Полуфабрикаты замороженные

Результаты исследования содержания йода в ФПП Полуфабрикаты замороженные с добавлением ФПИ до и после замораживания показали незначительное различие в устойчивости йода в ФПИ (Рисунок 15).

Исследование содержания йодтирозинов в образцах ФПП в процессе технологической обработки

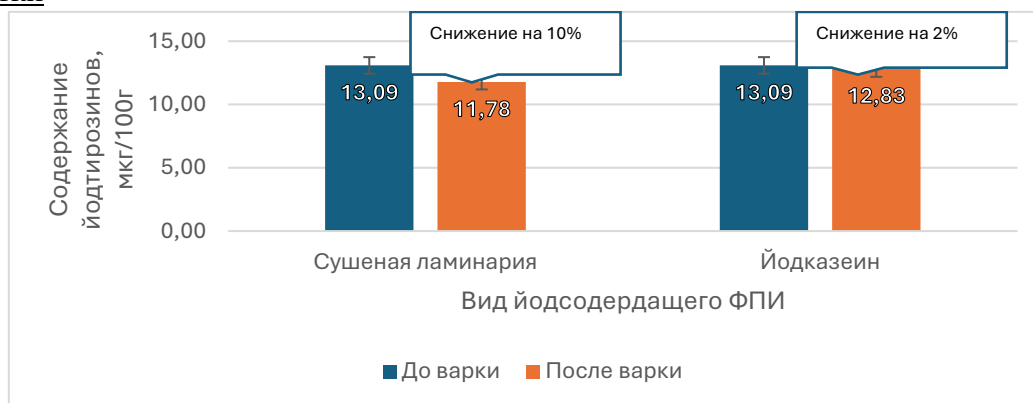


Рисунок 16 - Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП
Колбаса вареная

Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП Колбаса вареная с добавлением ФПИ до и после варки показали более высокую устойчивость соединений в Йодказеине, чем в Сушеной ламинарии (Рисунок 16).

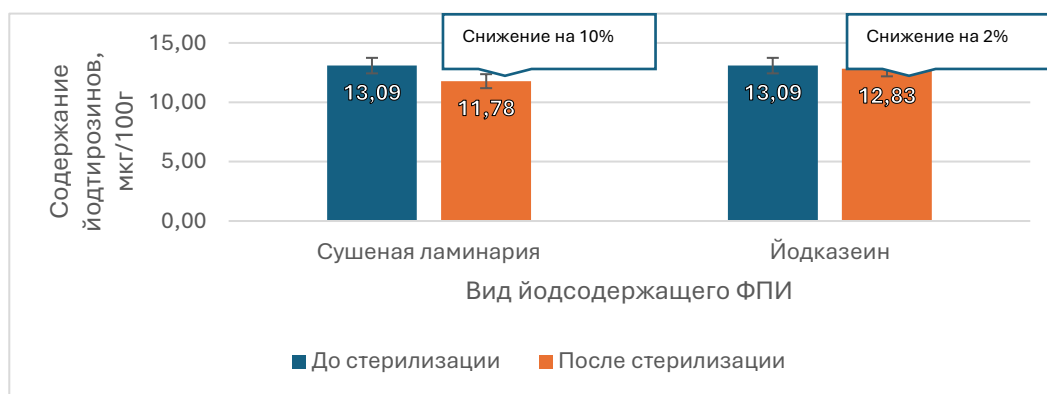


Рисунок 17. Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП
«Консервы стерилизованные»

Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП Консервы стерилизованные с добавлением ФПИ до и после стерилизации показали более высокую устойчивость соединений в Йодказеине, чем в Сушеной ламинарии (Рисунок 17).

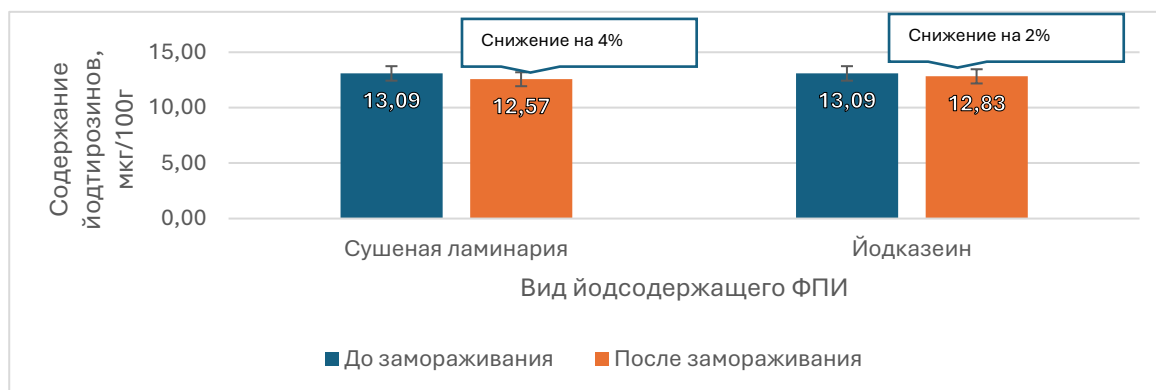


Рисунок 18 -. Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП
Полуфабрикаты замороженные

Результаты исследования содержания йодтирозинов в ФПП Полуфабрикаты замороженные с добавлением ФПИ до и после замораживания показали незначительные различия в устойчивости соединений (Рисунок 18).

Исследование содержания йода в образцах ФПП в процессе хранения

После выработки образцы ФПП были заложены на хранение и исследовались в этапах 20%, 50%, 80%, 100% от срока годности.

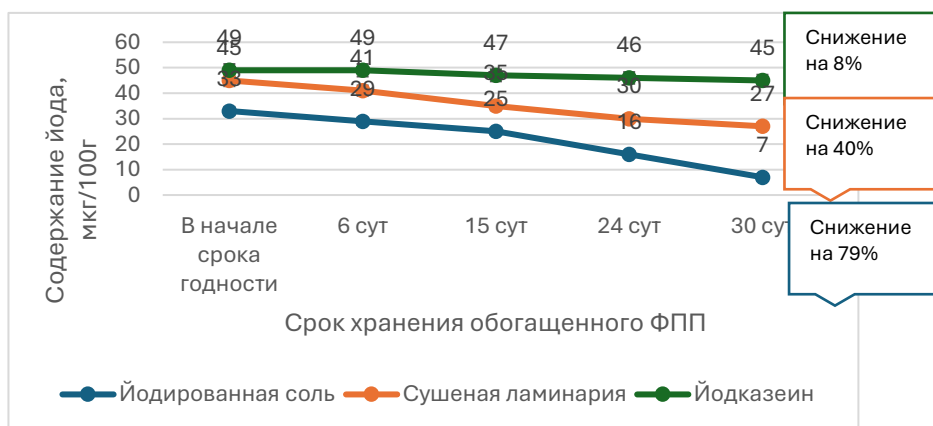


Рисунок 19 - Исследование содержания йода в ФПП Колбаса вареная

Результаты исследований содержания йода в опытных образцах ФПП Колбаса вареная показали низкую устойчивость йода в йодированной соли (Рисунок 19).

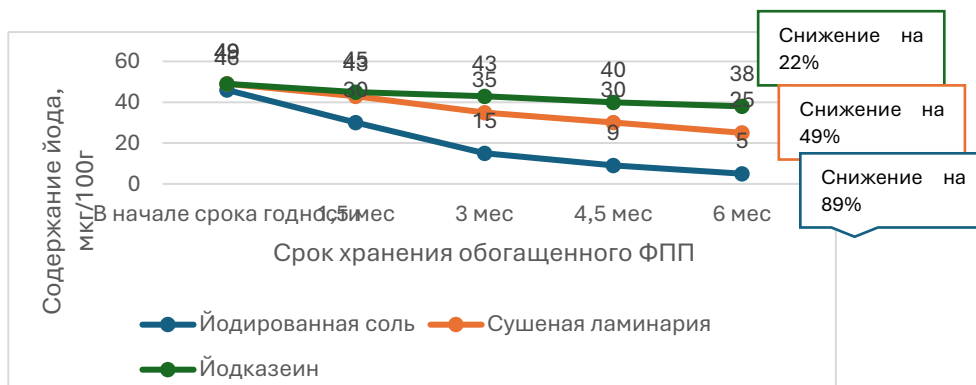


Рисунок 20 - Исследование содержания йода в ФПП Полуфабрикаты

Результаты исследований содержания йода в опытных образцах ФПП Полуфабрикаты мясные с показали низкую устойчивость йода в сушеной ламинарии и очень низкую в йодированной соли (Рисунок 20).

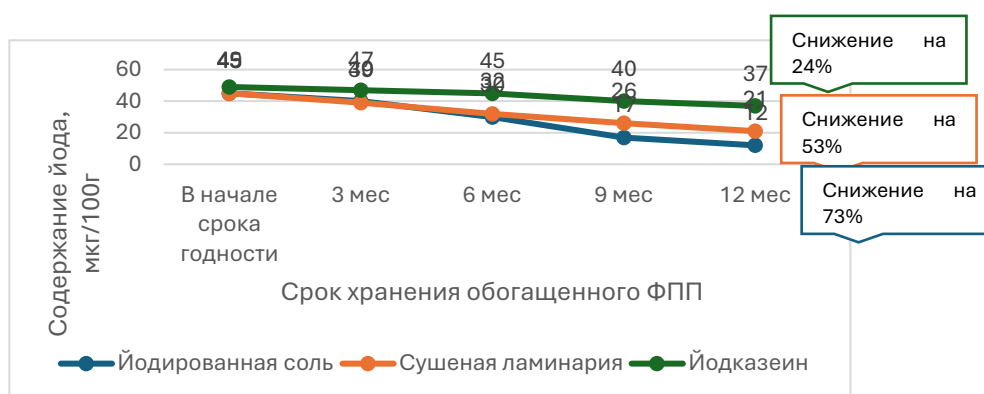


Рисунок 21 - Исследование содержания йода в ФПП Консервы

Результаты исследований содержания йода в опытных образцах ФПП Консервы показали низкую устойчивость йода в сушеной ламинарии и йодированной соли (Рисунок 21).

Исследование содержания йодтирозинов в образцах ФПП в процессе хранения

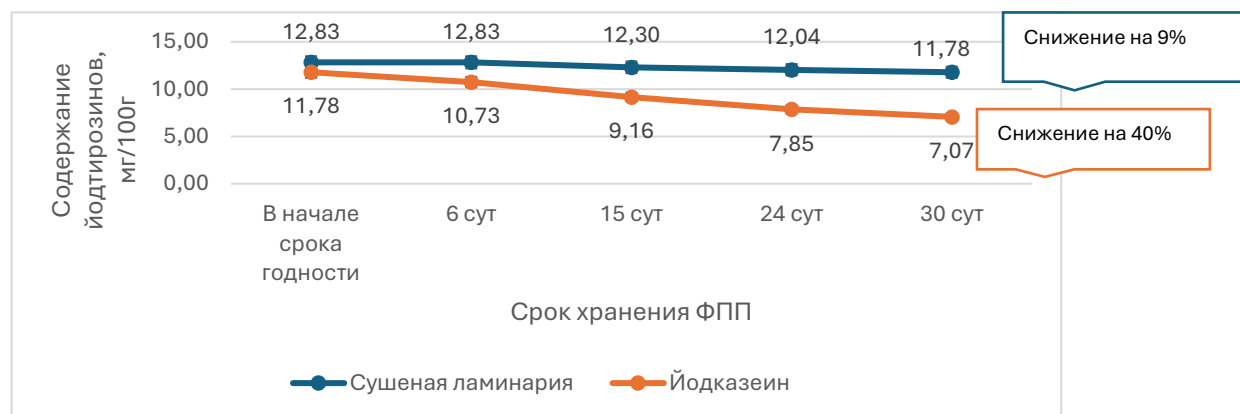


Рисунок 22 - Исследование содержания йодтирозинов в ФПП Колбаса вареная

Результаты исследований содержания йодтирозинов в опытных образцах ФПП Колбаса вареная показали более высокую устойчивость йодтирозинов в йодказеина (Рисунок 22).

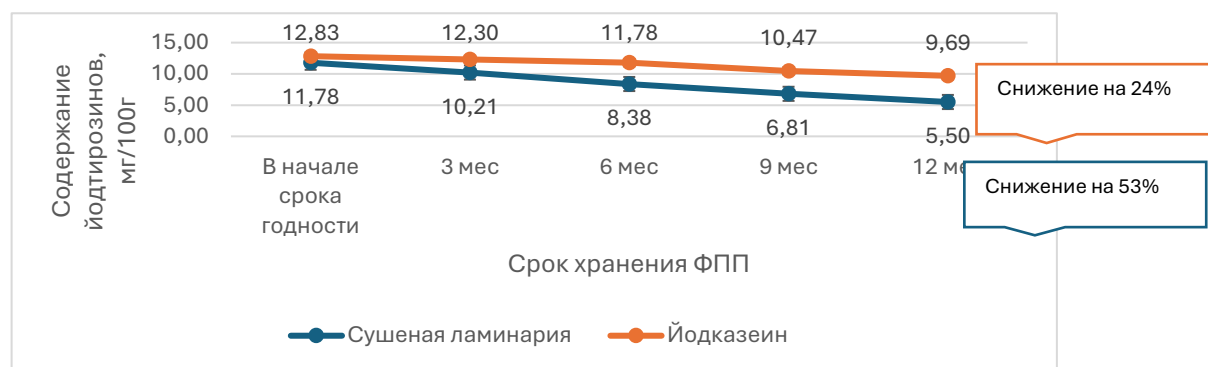


Рисунок 23 - Исследование содержания йодтирозинов в ФПП Консервы

Результаты исследований содержания йодтирозинов в опытных образцах ФПП Консервы в процессе хранения показали снижение йодтирозинов как в сушеной ламинарии так и в йодказеине (Рисунок 23).

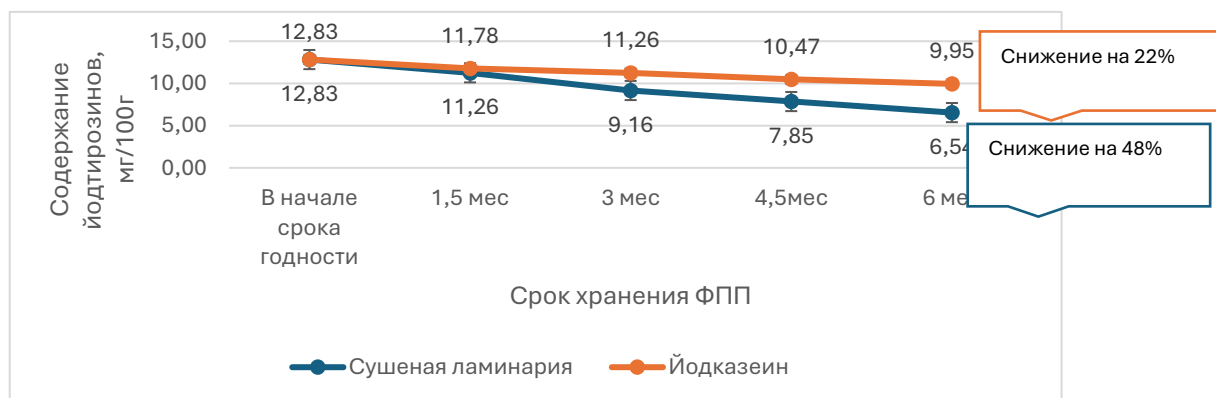


Рисунок 24 - Исследование содержания йодтирозинов в ФПП Полуфабрикаты

Результаты исследований содержания йодтирозинов в опытных образцах ФПП Полуфабрикаты в процессе хранения показали снижение йодтирозинов как в сушеной ламинарии так и в йодказеине (Рисунок 24).

Исследования содержания йода 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 посвящена разработке системы контроля качества ФПП, обогащенных йодсодержащими ФПИ

Установление коэффициентов обогащения ФПИ

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.

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.

В соответствии с разработанными формулами (1-4), были рассчитаны коэффициенты обогащения продуктов на основе мясного сырья (Таблица 2).

Таблица 2 - 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
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

На основании проведенных исследований был разработан проект стандарта организации, в котором установлены требования к обращению с йодсодержащими ФПИ при производстве ФПП 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.

Экономическая эффективность внедрения системы управления качеством заключается в сокращении доли бракованной продукции, не обладающей заявленными отличительными свойствами ФПП на 98%. Реализация качественной продукции позволяет установить добавленную стоимость: 20% для колбасных изделий, 15% для полуфабрикатов и 12% для консервов на мясной основе.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Дыдыкин, А.С. Мясо – уникальный ресурс для создания функциональных продуктов питания / А.С. Дыдыкин, М.А. Асланова, О.К. Деревицкая, Ю.Н. Зубарев, Е.И. Логунова // Все о мясе. – 2022. – № 3. – С. 34-39. DOI: 10.21323/2071-2499-2022-3-34-39.
2. Дыдыкин А. С. 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.
3. Dydykin A. S. 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.
4. Дыдыкин А. С. 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.
5. Дыдыкин А. С. Влияние срока хранения на содержание йода в пищевых ингредиентах. Дыдыкин, А. С., Зубарев, Ю. Н., Логунова, Е. И., Самойлова, А. М., Калугина, З. И. // Пищевые системы. – 2024. - Т. 7 № 4, С. 575–584.

Публикации в изданиях, входящих в базу данных РИНЦ

6. Зубарев, Ю. Мясное сырье - основа для функциональных продуктов / Ю. Зубарев, Е. Логунова // Мясной ряд. – 2022. – № 3(89). – С. 60-61. – EDN EVZHSS.

Статьи и материалы конференций

7. Зубарев, Ю. Н. Методы определения йода в пищевых ингредиентах и БАД / Ю. Н. Зубарев, Е. И. Логунова // Пищевые инновации и биотехнологии : Сборник тезисов XII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 16 мая 2024 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 305-307. – EDN NHСJGH.