

На правах рукописи



Макарова Анна Андреевна

**ФОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СОИ**

Специальность 05.18.15 –
Технология и товароведение пищевых продуктов функционального
и специализированного назначения и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2021

Работа выполнена на кафедре технологии питания
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Пасько Ольга Владимировна (Россия),
директор ООО «Независимый центр сертификации
и экспертизы «ХорекаЭкспертГрупп»

Официальные оппоненты: **Николаева Мария Андреевна** (Россия),
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры международной коммерции
«Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ»

Зинина Оксана Владимировна (Россия),
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры пищевых и биотехнологий
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный
университет (национальный исследовательский
университет)»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение Федеральный научный центр
«Всероссийский научно-исследовательский
институт сои»

Защита диссертации состоится 3 декабря 2021 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета Д 212.287.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК Минобрнауки России: <https://vak.minobrnauki.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: <http://science.usue.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

О. В. Феофилактова

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Существует прямая зависимость между состоянием питания человека и его здоровьем; с каждым годом увеличивается число потребителей, частично или полностью меняющих свой режим питания, в частности, под воздействием современных трендов и направлений государственной политики в области здорового питания (подпрограмма 1 «Профилактика заболеваний и формирование здорового образа жизни. Развитие первичной медико-санитарной помощи» Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»). Обеспечение населения качественной и безопасной пищевой продукцией – одно из приоритетных направлений Доктрины продовольственной безопасности страны (утв. указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20) и Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р).

Исследованиями зарубежных ученых доказано, что в настоящее время наблюдается рост числа людей, ограничивающих потребление мяса или полностью воздерживающихся от него, а вегетарианство и веганство превратились в глобальную потребительскую тенденцию, при этом особую нишу на мировом рынке продуктов питания заняли аналоги мяса, о чем свидетельствует их быстрое распространение в сфере розничной торговли и в индустрии питания. На сегодняшний день в мире насчитывается примерно миллиард вегетарианцев; значительная их часть перестали употреблять мясо по экономическим и климатогеографическим причинам; в России вегетарианского питания придерживаются, по разным данным, от 1 % до 3 % населения.

Аналоги мясной продукции можно считать инновационными, поскольку разработка технологий их производства подразумевает не только использование нетрадиционного сырья и новых видов пищевых добавок, но и применение процессных инноваций и новых технологических приемов, что, в свою очередь, создает ряд проблем для производителей. Также особое значение имеют вопросы, связанные со степенью удовлетворенности потребителей конкурентоспособными продуктами питания. Поэтому одним из перспективных направлений представляется разработка аналогов мясных продуктов с высокими вкусовыми качествами и пищевой ценностью, которые будут соответствовать требованиям нормативно-правовой документации, а также удовлетворять и превосходить ожидания потребителей.

Степень разработанности темы исследования. Основные положения и научные исследования в вопросах управления качеством и проектирования новой продукции, в том числе с применением цифровых технологий, отражены в работах российских и зарубежных авторов: В. А. Матисона, Н. И. Дунченко, П. А. Лисина, Н. Н. Липатова, Д. А. Еделева, О. Н. Красули, В. М. Позняковского, И. Ю. Потороко, О. В. Чугуновой, С. Б. Юдиной, Н. А. Юрк, А. И. Жаринова, О. В. Зининой, M. Doinea, Q. Lin, Y. Liu,

L. C. Shan, H. Sundmaeker, F. Tian, J. Y. Yoon и др. Большой вклад в развитие теоретических и практических основ получения мясных продуктов и их аналогов внесли такие ученые, как И. А. Рогов, А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, Т. К. Каленик, М. А. Николаева, Л. В. Антипова, О. В. Скрипко, Е. С. Стаценко, Е. И. Решетник, В. Т. Синеговская, Б. Байнович, А. В. Алешков, F. M. Anjum, M. A. Asgar, V. M. Bohrer, J. H. Chiang, U. Fresán, M. Fiorentini, I. Ismail, O. G. Jones, V. K. Joshi, P. Kumar, K. Kyriakopoulou, M. A. Mejia, A. Redman, A. A. Riya, S. A. Samard, F. K. Schreuders, A. Thavamani, C. van der Weele, G. Y. You, O. Yuliarti и др.

Цель и задачи исследования. *Целью* исследования является формирование потребительских свойств, разработка рецептуры и управление качеством аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с заданными параметрами.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

– провести анализ рынка аналогов мясных полуфабрикатов из альтернативных источников белка, имеющихся на российском рынке растительных полуфабрикатов;

– определить целевой портрет потребителя и требования к качеству аналогов мясных полуфабрикатов путем проведения опроса, сформировать номенклатуру показателей качества и безопасности, разработать матрицу потребительских предпочтений;

– разработать рецептуру проектируемого полуфабриката с заданными потребительскими свойствами с применением математического моделирования;

– изучить возможность применения овсяных хлопьев и тыквы в рецептуре аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои; исследовать структурно-механические (реологические) показатели, построить текстурный профиль проектируемого полуфабриката;

– изучить влияние технологических параметров (дополнительное измельчение соевого фарша) на реологические показатели и научно обосновать выбор технологических режимов производства разрабатываемой продукции;

– провести сенсорную оценку качества модельных образцов аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, системный анализ пищевой и биологической ценности, определить комплексный показатель качества;

– дать товароведную характеристику разработанной продукции, установить сроки годности и регламентируемые показатели качества; разработать технологическую документацию для предприятий индустрии питания на новый вид полуфабрикатов; провести апробацию в условиях промышленного производства;

– установить факторы, формирующие качество и безопасность, и разработать модель управления качеством аналога мясного полуфабриката;

провести идентификацию, анализ и оценку опасностей и установить критические контрольные точки и критические пределы для их минимизации и предотвращения; разработать мероприятия по управлению опасностями при производстве аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с использованием цифровых технологий.

Научная новизна работы.

1. Уточнена номенклатура показателей качества и безопасности разработанного аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, плановая матрица потребительских предпочтений с использованием метода структурирования функции качества и экспертной квалиметрии; проведена квалиметрическая оценка показателей качества полуфабриката (*п. 2 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*).

2. Научно обоснованы состав и технология производства аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои на основании проведенных исследований моделируемых образцов с заданными параметрами: компьютерное моделирование реологических показателей проектируемого полуфабриката с внесением структурорегулирующей добавки в виде овсяных хлопьев и пюре из тыквы; анализ профиля текстуры разрабатываемой продукции (*п. 4 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*).

3. Получены новые данные о структурно-механических (твердость, упругость, липкость, когезия, пережевываемость, деформационный профиль, предельное напряжение сдвига) свойствах аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с использованием овсяных хлопьев и пюре из тыквы и установлено влияние дополнительного измельчения соевого фарша на реологические показатели разработанного полуфабриката (*п. 13 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*).

4. Изучены факторы, влияющие на качество аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, с применением причинно-следственной диаграммы; разработаны и научно обоснованы модель управления качеством и безопасностью проектируемой продукции на основе требований стандарта ГОСТ Р ИСО 22000, требований потребителя и риск-ориентированного подхода и план управления опасностями (план ХАССП) (*п. 4, 14 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15*).

Теоретическая и практическая значимость работы. *Теоретическая значимость* работы заключается в обосновании возможности разработки аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с заданными потребительскими свойствами. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем с целью разработки рецептур и расширения ассортимента аналогов мясных полуфабрикатов для предприятий индустрии питания и пищевой промышленности. *Практическая значимость.* Разработанная рецептура аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои прошла производственную апробацию на фабрике-кухне магазина полезной еды «Жизньмарт» ИП Халяпин А. О. (г. Екатеринбург)

и фабрике-кухне ООО «ФИТМЭНШЕФ» (г. Оренбург). Модель управления качеством и причинно-следственная диаграмма факторов, влияющих на качество аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, используются ООО «Центр «Дегустатор» (г. Екатеринбург) для проведения сенсорной оценки и управления степенью соответствия совокупности характеристик аналогов мясных продуктов требованиям, в том числе органолептических показателей. Разработан пакет нормативно-технической документации: ТУ и ТИ 10.89.19-001-02069214-2021 по производству аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои охлажденного формованного, ТТК № 143/21 «Котлеты соевые с овсяными хлопьями и тыквой». Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

Методология и методы исследования. При выполнении поставленных задач применялись общепринятые, стандартные и специальные методы исследований: органолептические, микробиологические, инструментальные, статистические.

Положения, выносимые на защиту:

– современная структура рынка и результаты анализа ассортимента аналогов мясных полуфабрикатов из альтернативных источников белка, представленных в розничной торговой сети Российской Федерации;

– результаты маркетингового исследования потребительских предпочтений и обоснование необходимости разработки аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с заданными потребительскими свойствами;

– рецептура, технология производства и регламентируемые показатели качества смоделированного аналога мясного полуфабриката с применением симплекс-метода;

– результаты исследований влияния овсяных хлопьев и пюре из тыквы, технологических параметров производства (дополнительное измельчение соевого фарша) на реологические показатели аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои;

– результаты анализа причинно-следственных связей между факторами, влияющими на качество и безопасность аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, и модель управления качеством с применением методов экспертной квалиметрии.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные результаты исследований были представлены и обсуждены на научных конференциях различного уровня: X Международная научно-практическая конференция «Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы» (Москва, 2017), всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании» (Екатеринбург, 2017), международная научно-прак-

тическая конференция «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2018), IV Международная научно-практическая конференция в рамках реализации международной программы SUSDEV «Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Управление „зелеными“ навыками в пищевой промышленности» (Москва, 2020), I Международная научно-практическая конференция «Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий» (Кемерово, 2020), международная научно-практическая конференция «Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания» (Омск, 2020), VIII Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании» (Екатеринбург, 2021), всероссийская с международным участием научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 155-летию со дня рождения Н. Н. Худякова (Москва, 2021), International Conference on Food Science and Biotechnology (Екатеринбург, 2021), международная научно-практическая конференция «Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, „цифра“, окружающая среда» (AgroProd 2021)) (Омск, 2021), XV Международная научно-практическая конференция «Безопасность и качество товаров» (Саратов, 2021).

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 18 публикациях, в том числе шести статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, включающего 218 источников отечественных и зарубежных авторов. Основное содержание работы изложено на 159 страницах, включает 49 рисунков и 35 таблиц.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** обобщены научно-техническая информация и экспериментальные материалы отечественных и зарубежных ученых по теме диссертационного исследования. Рассмотрено современное состояние и перспективы развития аналогов мясных продуктов в России и мире. Установлена роль ингредиентов, оказывающих влияние на формирование качества аналога мясного полуфабриката. Представлены данные о возможности использования цифровых технологий в управлении качеством пищевых продуктов.

Во **второй главе** в соответствии с поставленной целью и задачами работы изложена методика проведения исследования. Весь цикл исследований состоял из нескольких логически взаимосвязанных этапов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структурно-логическая схема проведения исследований

Теоретические и экспериментальные исследования выполнялись в период с 2017 по 2021 г. на кафедре технологии питания и Едином лабораторном комплексе УрГЭУ, ООО «Лаборатория качества», испытательном центре ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

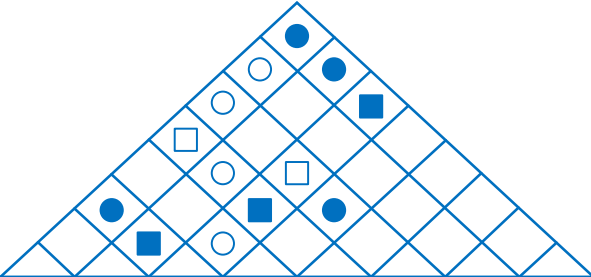
В **третьей главе** представлены результаты собственных исследований и их обсуждение в рамках научного обоснования рецептуры и технологии производства аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, комплексной оценки качества и пищевой и биологической ценности.

В результате проведения маркетингового исследования при помощи метода анкетирования на базе сервиса Google Forms в феврале 2020 г., в котором приняли участие 500 чел., были выявлены потребительские предпочтения и требования к качеству проектируемого полуфабриката: наиболее предпочтительным видом полуфабрикатов являются котлеты (48,2 % ответов), при этом 71 % респондентов относятся положительно к аналогам мясных полуфабрикатов из продуктов переработки сои. Основная мотивация приобретения аналогов мяса – желание потребителей разнообразить рацион, попробовать новый продукт (45,8 % ответов), оптимальна частота покупки полуфабрикатов – «несколько раз в месяц» (37,7 % респондентов-женщин и 40,6 % респондентов-мужчин).

Установлена номенклатура потребительских показателей качества аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои. Основными критериями, определяющими выбор рассматриваемых полуфабрикатов, являются цена (74,4 %), полезность (71,6 %), полностью растительные ингредиенты (62,6 %) и безопасность (60,8 %). В результате выполнения процедур, предусмотренных QFD-методологией, построена матрица потребительских предпочтений (рисунок 2).

На основе полученных результатов обоснована необходимость разработки новой рецептуры аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с заданными потребительскими свойствами.

В рамках решения третьей задачи матричным методом компьютерного моделирования выполнялось проектирование рецептуры аналога мясного полуфабриката; замена и подбор компонентов осуществлялись так, чтобы обеспечить имитацию «мяса» и максимальное приближение массовых долей нутриентов к рубленому мясо-растительному полуфабрикату из мяса птицы с овсяными хлопьями. При этом критерием оптимизации рецептуры была выбрана функция цели – минимальная рецептурная стоимость продукта.



Что сделать?		Как сделать?								
		Важность	Технические характеристики							
			Массовая доля белка	Массовая доля жира	Массовая доля влаги	Массовая доля клетчатки	Микробиологическая безопасность	Форма продукта	Цвет продукта	Энергетическая ценность
Требования потребителя	Вкусный	10	○	●	●	●			△	
	Сочный	3	●	●	●	○		△		
	Привлекательный внешний вид	2	△	○	●			●	●	
	Цена	17	●	○	○					●
	Отсутствие яиц	10	●	○	○		○		△	○
	Полезный для здоровья	20	●	○	○	○	○			○
	Полностью растительные ингредиенты	18	●	●	●	△	○	△	△	●
	Отсутствие консервантов	6	△	△	△	○	●			
	Высокая пищевая ценность	2	●	●	○	○				●
	Безопасный	12	△	△	△	○	●			
Абсолютный вес			680	562	462	237	306	39	56	261
Относительный вес		%	26,1	21,6	17,8	9,1	11,7	1,5	2,2	10,0

Рисунок 2 – Плановая матрица потребительских предпочтений (Quality House)

- – сильная связь (9); ○ – средняя связь (3); △ – слабая связь (1);
- – сильная отрицательная; □ – слабая отрицательная;
- – сильная положительная; ○ – слабая положительная

Система линейных балансовых уравнений и ограничений по жиру, белку, углеводам, золе, сухим веществам, массе рецептурной смеси проектируемого полуфабриката имела вид

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{X_1 + 6,2X_2 + 0,1X_3 + 0,2X_4 + 7,03X_6 + 0,5X_8 + \\
 + 3,3X_9 + 3,39X_{10} + 12,9X_{11}}{100} \geq 1,0 \\
 \frac{50X_1 + 12X_2 + 0,8X_3 + 1,4X_4 + 17,3X_6 + 6,5X_8 + \\
 + 10,4X_9 + 90X_{10} + 14,1X_{11}}{100} \geq 17,0 \\
 \frac{16X_1 + 61,8X_2 + 3,4X_3 + 8,2X_4 + 50,82X_6 + 29,9X_8 + \\
 + 38,7X_9 + 3,7X_{10} + 54X_{11}}{100} \geq 12,9 \\
 \frac{6,2X_1 + 1,7X_2 + 0,34X_3 + X_4 + 2,89X_6 + 1,5X_8 + \\
 + 4,5X_9 + 3,6X_{10}}{100} \geq 1,5 \\
 \frac{73,15X_1 + 82X_2 + 4,64X_3 + 10,8X_4 + 78,4X_6 + 38,4X_8 + \\
 + 56,79X_9 + 100,67X_{10} + 81,02X_{11}}{100} \geq 31 \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} = 100
 \end{array} \right. \quad (1)$$

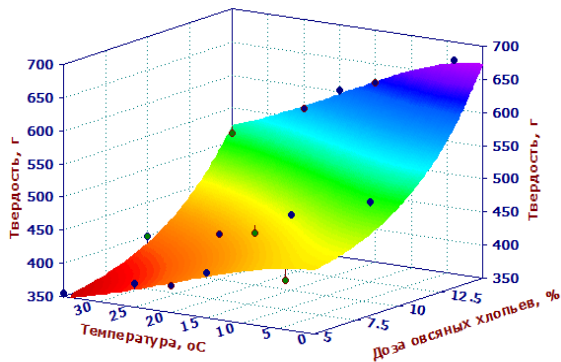
На основании этого установлено оптимальное соотношение рецептурных компонентов и разработаны три модельных образца проектируемого полуфабриката (таблица 1). На следующем этапе из спроектированных образцов полуфабриката определяли оптимальный.

Таблица 1 – Варианты рецептуры аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с овсяными хлопьями и пюре из тыквы

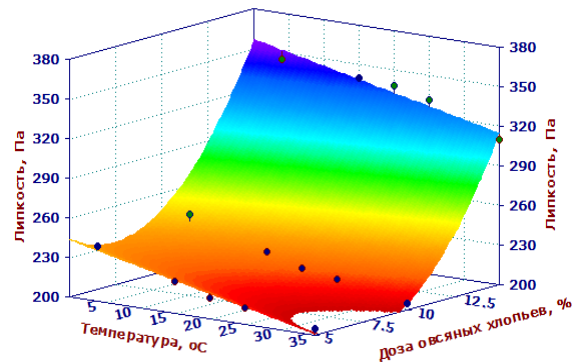
Состав	Контроль	Номер образца		
		1	2	3
Основной ингредиент	Мясо птицы	Соевый фарш		
Наполнитель, %:				
– хлопья овсяные	10	5	10	15
– пюре тыквы	–	15	10	5
Дополнительные ингредиенты	Лук репчатый, вода, сухари панировочные, яйцо куриное	Лук репчатый, вода, отруби овсяные экструдированные (панировка), изолят соевого белка		
Специи	Соль, перец черный молотый, чеснок сушеный	Соль, перец черный молотый, чеснок сушеный, майоран, паприка копченая		

Изучено влияние структурорегулирующей добавки в виде овсяных хлопьев и пюре из тыквы на структурно-механические показатели, для чего проектировались регрессионные двухфакторные модели изменения реоло-

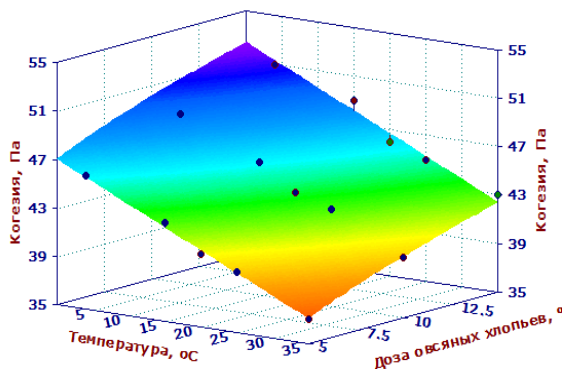
гических характеристик разрабатываемого полуфабриката в зависимости от дозы внесения овсяных хлопьев и температуры полуфабриката (рисунок 3). Реологические показатели аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои определяли на текстурометре «Структурометр СТ-2».



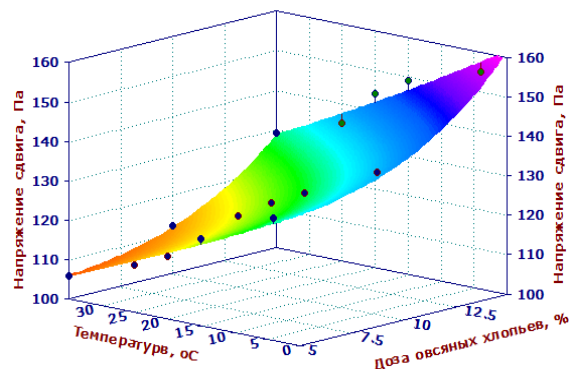
a – поверхность отклика изменения твердости



б – поверхность отклика изменения липкости



в – поверхность отклика изменения когезии



г – поверхность отклика изменения предельного напряжения сдвига

Рисунок 3 – Графические 3D-иллюстрации изменения реологических показателей проектируемого полуфабриката

Установлено, что увеличение температуры полуфабриката вызывает снижение значений всех реологических свойств разрабатываемой продукции. Оценка поверхности отклика показала, что доза внесения овсяных хлопьев и пюре из тыквы влияет на прочностные характеристики модельных образцов аналога мясного полуфабриката. Анализ кинетики позволил определить точку перегиба и установить оптимальное количество внесения растительных добавок – по 10 % от массы продукта (образец 2).

Уравнения регрессии для кодированных значений дозы вносимых овсяных хлопьев и температуры, адекватно описывающие данный процесс, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Математические модели изменения реологических показателей разрабатываемого полуфабриката

Показатель	Математическая модель	Коэффициенты регрессионного уравнения
Твердость	$z = \exp(a + bx^3 + cy^2 + dy^{2,5})$	$a = 6,086; b = 13 \cdot 10^{-5}; c = -0,00064;$ $d = 7,278 \cdot 10^{-5}; R^2 = 0,992; R = 0,996$
Липкость	$z_1 = a + bx + cy + dy^2$	$a = 34,04; b = -1,214; c = -31,56;$ $d = 2,144; R^2 = 0,995; R = 0,997$
Когезия	$z_2 = a + bx + cy^{0,5}$	$a = 39,704; b = -0,285; c = 3,283;$ $R^2 = 0,989; R = 0,994$
Напряжение сдвига	$z = \exp(a + bx^3 + cy)$	$a = 4,882; b = 5,976 \cdot 10^{-5}; c = -0,0065;$ $R^2 = 0,989; R = 0,994$
Примечание. z – реологический показатель, Па; x – доза внесения овсяных хлопьев, %; y – температура, °С.		

Анализ органолептических характеристик проектируемого аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои (таблица 3) показал, что максимальные значения по сенсорному профилю достигаются при использовании пюре из тыквы и овсяных хлопьев в равном количестве – по 10 % от общей массы продукта (образец 2).

Таблица 3 – Результаты балльной оценки качества модельных образцов разрабатываемого полуфабриката после тепловой обработки

Показатель	Оценка качества, балл		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Внешний вид и вид на разрезе (max 0,75)	0,40 ± 0,05	0,60 ± 0,05	0,55 ± 0,05
Цвет (max 0,50)	0,35 ± 0,1	0,50 ± 0,1	0,50 ± 0,1
Вкус и запах (max 2,50)	2,00 ± 0,1	2,30 ± 0,1	2,10 ± 0,1
Консистенция (max 1,25)	0,95 ± 0,1	1,25 ± 0,1	1,10 ± 0,1
Общий балл	3,70 ± 0,1	4,65 ± 0,1	4,25 ± 0,1

Оценка текстуры с помощью инструментального метода «Анализ профиля текстуры» (ТРА) выявила, что по структуре к контрольному образцу максимально приближен образец 2 (рисунок 4).

Далее для изучения реологического поведения и обоснования выбора технологических режимов производства проектируемого полуфабриката рассматривали влияние дополнительного измельчения соевого фарша (в гидратированном виде) на деформационные характеристики (рисунки 5 и 6). Установлено, что образец 2 с дополнительно измельченным соевым фаршем по оценке твердости имеет более плотную структуру и в то же время более пластичен, что позволит упростить процесс формования котлет. Этот вариант фаршевой системы в процессе формования под действием сил тя-

жести не будет сильно деформироваться и не приведет к большим возвратным отходам.

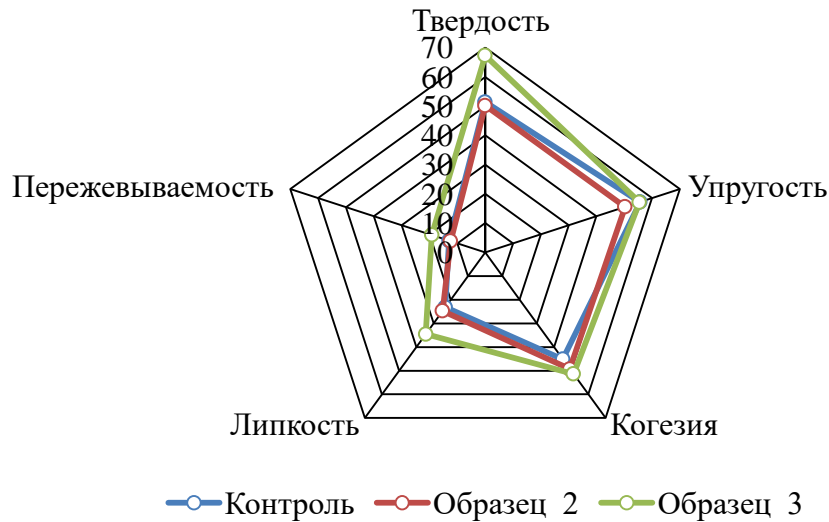


Рисунок 4 – Профиль текстуры модельных образцов полуфабриката, получивших наиболее высокую сенсорную оценку, в сравнении с контролем на основании данных, полученных на приборе «Структурометр СТ-2»

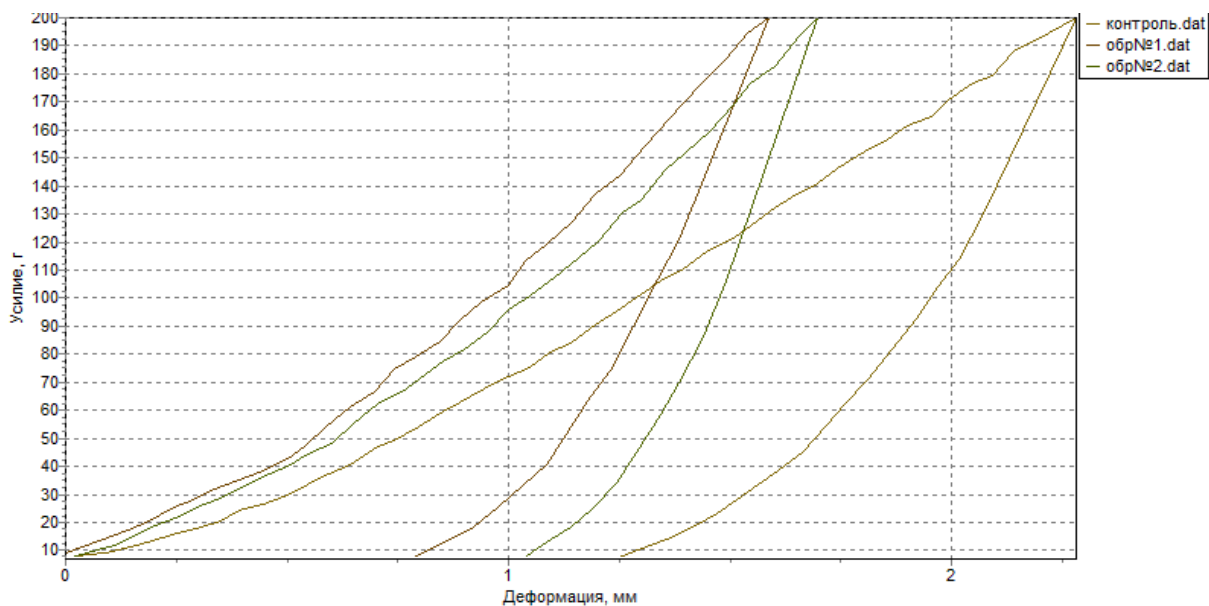


Рисунок 5 – Реологический профиль контрольного и опытных образцов, получаемый при их нагружении до $F_H = 200$ г

На основании исследования реологического поведения аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои при оценке его текстуры обобщены полученные данные и сформирован текстурный профиль.

Результаты анализа аминокислотного состава разработанного полуфабриката (образец 2) после тепловой обработки показали, что лимитирующей аминокислотой выступает метионин+цистин; значение аминокислотного сора составляет 2,9 %.

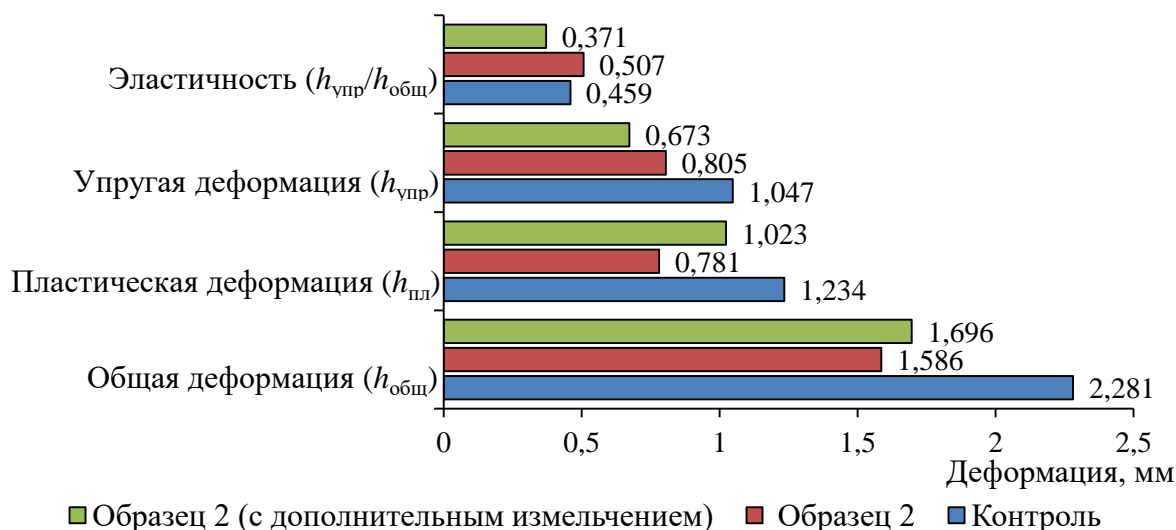


Рисунок 6 – Параметры деформационного профиля полуфабриката в зависимости от измельчения соевого фарша в сравнении с контролем

Проведена интегральная оценка уровня сбалансированности подструктурных элементов и биологической ценности продукта (таблица 4).

Таблица 4 – Системный анализ пищевой и биологической ценности модельных образцов проектируемого полуфабриката в сравнении с контролем

Показатель	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Массовая доля, %:				
– жира	2,0	1,1	1,4	1,7
– белка	17,0	17,0	17,0	17,0
– углеводов	6,5	10,0	12,9	15,8
– сухих веществ	27,0	29,8	33,1	36,3
Индекс сбалансированности (U) рецептурного состава	0,044	0,042	0,049	0,056
Энергетическая ценность, ккал/кДж	111,98/468,08	118,0/493,3	131,9/551,6	146,21/596,5
U энергетической ценности	0,037	0,039	0,044	0,049
Стоимость рецептурной смеси, р./100 кг	21 233,25	11 981,65	11 412,00	10 892,30
U витаминного состава	0,051	0,050	0,052	0,052
U минерального состава	0,128	0,252	0,267	0,281
U аминокислотного состава	1,0	0,37	0,42	0,47
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (КУАС)	0,757	0,845	0,871	0,881
Показатель сопоставимой избыточности, %	6,51	5,92	5,04	4,78
Обобщенный критерий Харрингтона	0,101	0,095	0,105	0,114
Биологическая ценность, %	21,5	17,2	19,4	21,5

Установлено, что максимально приближены к контролю критерий Харрингтона (обобщенная функция сбалансированности) и биологическая ценность образца 2 проектируемого полуфабриката, а также КУАС (0,871), а значит, разрабатываемая продукция имитирует мясо не только по органолептическим свойствам, но и по пищевой ценности.

Комплексный показатель качества полуфабриката из продуктов переработки сои (образец 2) имеет максимальный уровень качества $K = 85,15 \%$; разработанный полуфабрикат наиболее полно отвечает ожиданиям потребителей, что обеспечит высокий спрос на него.

В четвертой главе представлены результаты товароведной оценки и разработанные мероприятия по управлению качеством аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои.

Установлен срок годности аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои – 60 ч в незащищенной среде (пластиковый контейнер с крышкой) до и после вскрытия упаковки при температуре $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Результаты оценки качества по органолептическим показателям представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Органолептические показатели качества разработанного полуфабриката из продуктов переработки сои после тепловой обработки

Показатель качества	Описание и характеристика
Внешний вид и вид на разрезе	Форма округлая или фигурно-приплюснутая, четко выраженная, равномерно покрыта панировкой, без трещин на поверхности, без разорванных и ломаных краев, фарш хорошо перемешан, масса однородная
Цвет	Панировки – золотистый; на разрезе – серый с желтоватым оттенком
Консистенция	В доведенном до кулинарной готовности виде – сочная, некрошливая, мягкая
Вкус	Соленый, чуть сладковатый, с недолгим послевкусием, идентичный жареному мясному изделию, со слабым привкусом и запахом лука и специй
Запах	Тон термообработки, аналогичный мясному, с преобладающим ароматом копченой паприки

Результаты оценки качества по физико-химическим и микробиологическим показателям разработанной продукции представлены в таблице 6.

Гигиенические показатели безопасности должны отвечать требованиям ТР ТС 021/2011.

Таблица 6 – Физико-химические показатели и микробиологическая безопасность разработанного полуфабриката из продуктов переработки сои

Показатель качества	Значение
Физико-химические показатели	
Массовая доля, %:	
– белка	16,7 ± 0,1
– жира	1,9 ± 0,1
– сухого вещества	37,12 ± 0,3
Клетчатка, %	7,35 ± 0,07
Активная кислотность, ед. рН	6,2 ± 0,1
Температура полуфабриката, °С	4 ± 2
Посторонние и металлопримеси	Не допускаются
Микробиологические показатели	
БГКП (колиформы)	Не допускаются в 0,1 г
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	Не допускаются в 25 г
<i>S. aureus</i>	Не допускаются в 1,0 г
<i>B. cereus</i>	Не допускаются в 0,1 г
Дрожжи, КОЕ/г, не более	Менее 1,0·10 ¹
Плесени, КОЕ/г, не более	Менее 1,0·10 ¹
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	3,8·10 ⁴

Построена причинно-следственная диаграмма с применением методологии Исикавы и метода «5М и Е». Разработана модель управления качеством аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои (рисунок 7); в основу легли метод квалиметрического прогнозирования и система менеджмента безопасности, основанная на принципах ХАССП, с акцентом на применении процессного подхода с использованием методологии на базе цикла Шухарта – Деминга (PDCA) и риск-ориентированного подхода.

Разработаны технологические схемы процесса производства спроектированного полуфабриката: блок-схема входного контроля сырья и блок-схема подготовки и производства аналога мясного полуфабриката, представленная на рисунке 8.

Проведены идентификация, анализ и оценка технологических рисков, установлены критические контрольные точки и критические пределы для их устранения/минимизации.

Разработан план мероприятий управления опасностями (план ХАССП) с использованием цифровых технологий (таблица 7).

На пятом этапе проведены исследования, подтверждающие возможность практического применения аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои: разработана техническая документация, проведена апробация спроектированной продукции на фабриках-кухнях с получением актов внедрения.

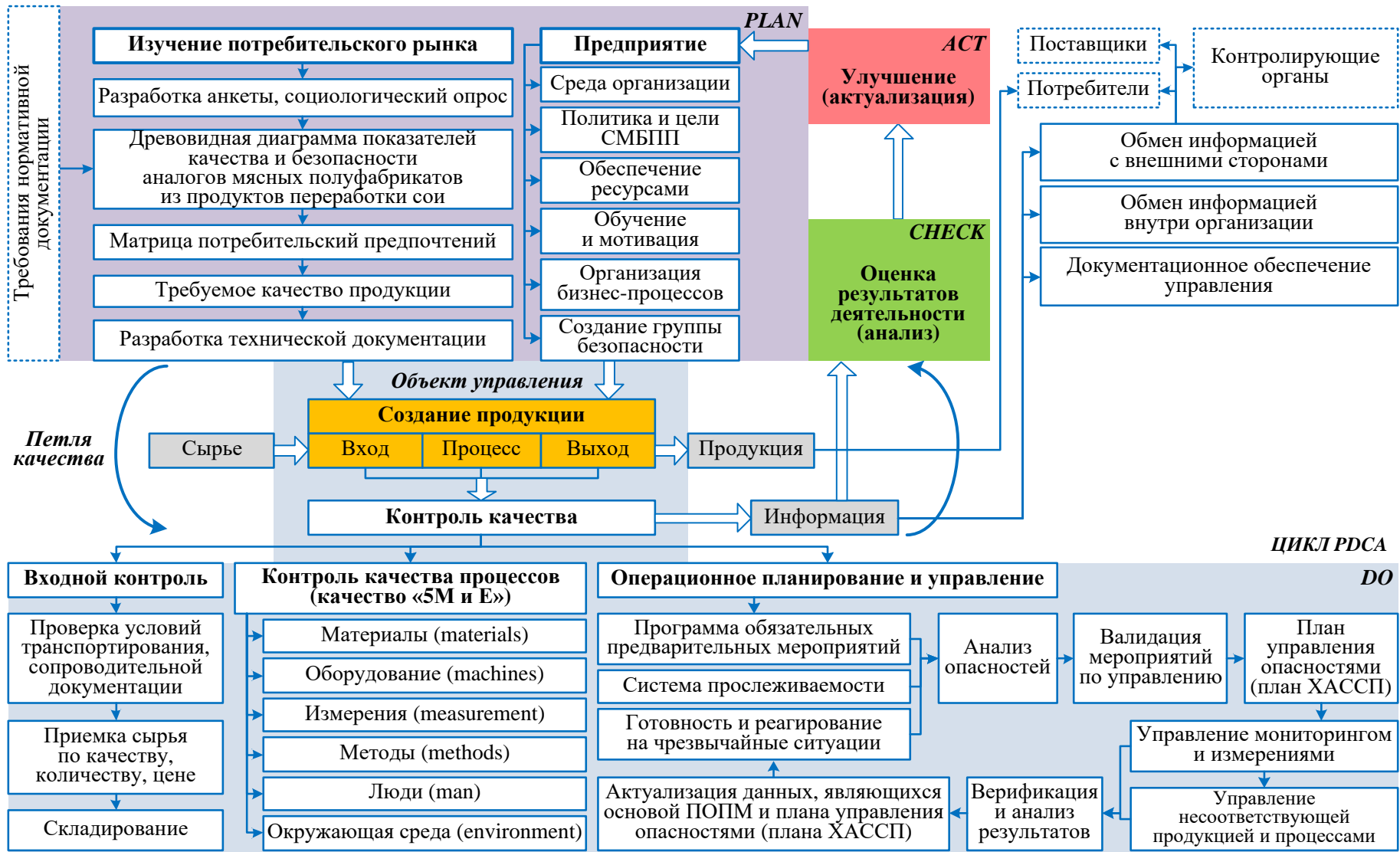


Рисунок 7 – Модель управления качеством аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои



Рисунок 8 – Блок-схема «Производство аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои»

Таблица 7 – План управления опасностями (план ХАССП) – фрагмент

Принцип 1	Принцип 2	Принцип 3	Принцип 4			Принцип 5	Принцип 6	Принцип 7
Опасность и меры управления	ККТ/КТ	Допустимые пределы	Мониторинг			Коррекция и корректирующие действия	Верификация	Записи
			Что	Как	Когда			
1.2.2. Химическая: наличие товаросопроводительной документации и сведений об оценке соответствия: свидетельство о гос. регистрации / декларация о соответствии	ККТ-1	≤ 0,9 %	ГМО в сое	Тест-полоски для выявления ГМО/генетический анализатор	При приемке (входной контроль)	При обнаружении ГМО – возврат поставщику с составлением акта	Отбор проб сырья и лабораторные исследования согласно ППОПМ	Журнал входного контроля
3.1. Физическая: своевременная утилизация посторонних предметов; соблюдение технологических процессов	ККТ-2	Не доп.	Посторонние предметы и примеси	Визуальный осмотр; магнитный металлоуловитель (сепаратор)	В процессе производства	При обнаружении посторонних предметов продукцию утилизировать	Договор на вывоз ТБО; бракераж готовой продукции; ТК и ТТК	Журнал учета металломагнитной примеси в сырье; бракеражный журнал
3.2.1. Биологическая: Обеспечение маркировки инвентаря, использование по назначению			Перекрестное загрязнение	Маркировка (аллергены) инвентаря; поточность технологического процесса; цветовое кодирование		Мойка оборудования, инвентаря и рабочего места; соблюдение личной гигиены; бактерицидные установки	Процедура по работе с аллергенами; инструкции по мойке/дезинфекции оборудования, инвентаря	Журнал генеральных и санитарных уборок; бракеражный журнал

Заключение

Полученные результаты позволили сделать следующие **выводы**:

– изучен рынок аналогов мясных полуфабрикатов из альтернативных источников белка и установлено, что аналоги мясных котлет на российском рынке растительных полуфабрикатов представлены 24 производителями, из которых 29 % являются зарубежными. В продаже присутствуют как сухие котлетные смеси, так и готовые сформованные котлеты. Средняя цена соевых котлет отечественных производителей составляет 70 р. за 100 г, а зарубежной продукции – 232 р. за 100 г. В качестве источника белка в аналогах мясных полуфабрикатов выступают соя (21,5 %), соя и пшеница – 18,5 %, горох (12,3 %), соя с горохом и рисом или пшеницей – 9,3 %;

– определен целевой портрет потребителя аналога мясной продукции путем проведения опроса: респонденты 26–45 лет (57,7 %), по роду деятельности относящиеся к категории «специалисты» (49 %). Наиболее предпочтительным видом полуфабрикатов являются котлеты (48,2 %). Установлено, что аналоги мясных полуфабрикатов употребляют несколько раз в неделю (24 %) или несколько раз в месяц (38,6 %). Основная причина употребления аналогов мяса – вегетарианство/веганство (76,4 %). Положительно относятся к полуфабрикатам из сои 71 % потребителей, нейтрально – 16,2 %. Сформирована номенклатура показателей качества и безопасности, разработана матрица потребительских предпочтений. В установлении требований к ожидаемому качеству данной продукции главную роль играют следующие показатели: полезность (20 %), полностью растительные ингредиенты (18 %) и цена (17 %);

– разработана рецептура аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с заданными потребительскими свойствами при помощи симплекс-метода, метода квалиметрического прогнозирования, дескрипторно-профильного метода сенсорного анализа, удовлетворяющая ожидания потребителей;

– изучена возможность применения овсяных хлопьев и пюре из тыквы в рецептуре полуфабрикатов из продуктов переработки сои. Построены двухфакторные модели, показывающие поверхность отклика изменения реологических параметров и свидетельствующие о влиянии дозы внесения овсяных хлопьев и пюре из тыквы на структурно-механические показатели полуфабриката из продуктов переработки сои. На основе анализа кинетики определена точка перегиба и установлено оптимальное количество внесения добавок – по 10 % от массы продукта. Построен текстурный профиль спроектированного полуфабриката: твердость текстуры – $(501,70 \pm 5,0)$ Па; упругость – $(50,26 \pm 0,5)$ %; когезия – $(49,28 \pm 0,5)$ Па; устойчивость – $(49,00 \pm 0,5)$ %; пережевываемость – $(124,26 \pm 1,0)$ г; липкость – $(247,50 \pm 1,0)$ Па; предельное напряжение сдвига – $(136,80 \pm 1,0)$ Па;

– научно обоснован выбор технологических режимов производства разработанной продукции; изучено влияние дополнительного измельчения соевого фарша на реологические показатели: увеличивается пластическая деформация ($h_{пл}$) на 31 % до 1,023 мм, общая деформация ($h_{общ}$) повышается на 0,136 мм (1,696 мм), упругая деформация ($h_{упр}$) составляет 0,673, значение эластичности ($h_{упр}/h_{общ}$) равно 0,371. Доказано, что данная технологическая операция позволяет повысить структурно-механические свойства продукции, а также снизить производственный брак в процессе формования полуфабриката;

– выполнена сенсорная оценка качества смоделированных образцов аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, проведен системный анализ пищевой и биологической ценности и установлены частные индексы сбалансированности подструктурных элементов продукта: ИСПС (U_p) = 0,049; ИСЭЦ (U_s) = 0,044; ИСВС (U_b) = 0,052; ИСМС (U_m) = 0,267; ИСАС (U_a) = 0,42. Значение коэффициента утилитарности аминокислотного состава (КУАС) составляет 0,871, а показателя сопоставимой избыточности (ПСИ) – 5,04 %. Обобщенный критерий Харрингтона составляет 0,105 и идентичен контролю (0,101). Биологическая ценность спроектированного полуфабриката – 19,4 %. Проведена комплексная оценка качества разрабатываемого продукта, значение комплексного показателя качества (К) составляет 85,15 %;

– проведена товароведная оценка и установлены регламентируемые показатели качества аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, соответствующего по показателям качества и безопасности нормативным требованиям. Разработанная продукция максимально приближена к контролю (мясному полуфабрикату) с массовой долей, %: белка – ($16,7 \pm 0,1$), жира – ($1,9 \pm 0,1$), сухих веществ – ($37,12 \pm 0,3$), клетчатки – ($7,35 \pm 0,07$), активная кислотность – ($6,2 \pm 0,1$) ед. рН. Установлен срок годности – 60 ч в незащищенной среде до и после вскрытия упаковки (пластиковый контейнер с крышкой). Подготовлен и утвержден пакет нормативно-технической документации на аналог мясного полуфабриката из продуктов переработки сои. Проведена апробация в производственных условиях на базе предприятий «ЖизньМарт» (г. Екатеринбург) и «ФИТМЭНШЕФ» (г. Оренбург);

– установлены основные факторы, формирующие качество и безопасность, построена модель управления качеством аналогов мясных полуфабрикатов, в основу которой легли методы экспертной квалиметрии, метод «5Е и М» и принципы ХАССП, применяемая в ООО «Центр «Дегустатор» (г. Екатеринбург). Проведены идентификация, анализ и оценка опасных факторов и установлены критические контрольные точки: поступающее сырье (химическая опасность: наличие ГМО в сое) – ККТ-1; производство аналога мясного полуфабриката (физическая опасность: попадание посторонних предметов и посторонних примесей, в том числе метал-

ломагнитных, и биологическая опасность: микробная контаминация сырья и полуфабрикатов в ходе технологического процесса) – ККТ-2. Разработан план мероприятий по управлению опасностями при производстве аналогов мясных полуфабрикатов из продуктов переработки сои с использованием цифровых технологий.

Публикации автора по теме диссертации

Статьи в изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК

1. Дунченко, Н. И. Влияние овсяных хлопьев и толокна на органолептические свойства котлет из мяса птицы / Н. И. Дунченко, **А. А. Свинина (Макарова)**, Е. С. Волошина // *Мясная индустрия*. – 2018. – № 1. – С. 43–45.

2. **Макарова, А. А.** Маркетинговые исследования потребительских предпочтений для разработки аналоговой мясной продукции / А. А. Макарова, О. В. Пасько // *Индустрия питания*. – 2020. – Т. 5, № 2. – С. 21–28.

3. **Макарова, А. А.** Формирование системы менеджмента безопасности с использованием цифровых технологий при производстве аналоговых мясных полуфабрикатов / А. А. Макарова, О. В. Пасько // *Пищевая промышленность*. – 2020. – № 3. – С. 34–38.

4. **Макарова, А. А.** Состояние мирового производства растительного сырья как перспективного источника белка для аналоговой мясной продукции / А. А. Макарова, О. В. Пасько. – DOI 10.14529/food200302 // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 12–20.

5. **Макарова, А. А.** Проектирование аналоговых мясных полуфабрикатов с применением симплекс-метода / А. А. Макарова, П. А. Лисин, О. В. Пасько. – DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-2-6 // *Индустрия питания*. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 47–55.

6. **Макарова, А. А.** Компьютерное моделирование реологических показателей аналога мясного полуфабриката из соевых продуктов / А. А. Макарова, П. А. Лисин, О. В. Пасько, К. А. Сарбашев. – DOI 10.37861/2618-8252-2021-07-48-52 // *Мясная индустрия*. – 2021. – № 7. – С. 48–52.

Статьи и материалы в прочих изданиях

7. **Свинина (Макарова), А. А.** Технологические решения обеспечения качества и безопасности мясных рубленых полуфабрикатов в индустрии питания и пищевой промышленности / А. А. Свинина // *Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы*. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 158–167.

8. **Свинина (Макарова), А. А.** Создание системы менеджмента качества и безопасности, основанной на принципах ХАССП, при производстве

мясных полуфабрикатов / А. А. Свирина, О. В. Пасько // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы Всерос. науч.-практ. конф., приуроченной к юбилею заслуженного деятеля науки РФ В. М. Позняковского. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2017. – С. 229–232.

9. Дунченко, Н. И. Управление качеством рубленых мясных полуфабрикатов на базе квалиметрического прогнозирования / Н. И. Дунченко, **А. А. Свирина (Макарова)** // Индустрия питания. – 2018. – Т. 3, № 3. – С. 59–64.

10. Волошина, Е. С. Влияние овсяных хлопьев и толокна на потребительские свойства рубленых полуфабрикатов из мяса птицы / Е. С. Волошина, Н. И. Дунченко, И. А. Костоев, **А. А. Свирина (Макарова)** // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : сб. науч. ст. и докл. V Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж : ВГУИТ, 2018. – С. 140–144.

11. Дунченко, Н. И. Управление качеством рубленых мясных полуфабрикатов на базе квалиметрического прогнозирования / Н. И. Дунченко, **А. А. Свирина (Макарова)**, А. А. Одинцова, Е. С. Волошина // Сборник тезисов выступлений участников программы XII Международного биотехнологического форума-выставки «РосБиоТех-2018». – Москва : Сокольники, 2018. – С. 262–272.

12. **Макарова, А. А.** Альтернативное сырье для замены мяса и управление качеством аналоговой мясной продукции / А. А. Макарова, О. В. Пасько // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Управление «зелеными» навыками в пищевой промышленности : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию кафедры управления качеством и товароведения продукции. – Москва : МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. – С. 254–258.

13. **Макарова, А. А.** Актуальность разработки аналоговой мясной продукции / А. А. Макарова, О. В. Пасько // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Управление «зелеными» навыками в пищевой промышленности : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию каф. упр. качеством и товароведения продукции. – Москва : МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. – С. 258–263.

14. **Макарова, А. А.** Разработка аналоговой мясной продукции на основе квалиметрического прогнозирования / А. А. Макарова // Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной юбилею Засл. работника высшей школы РФ, д-ра техн. наук, проф. Гавриловой Натальи Борисовны. – Омск : ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2020. – С. 431–435.

15. Горбарская Ю. В. Проблемы внедрения системы пищевой безопасности ХАССП на предприятиях сферы гостеприимства / Ю. В. Горбар-

ская, **А. А. Макарова**, О. В. Пасько // Стратегии развития индустрии туризма и гостеприимства : сб. ст. – Москва : КноРус, 2020. – С. 77–83.

16. **Макарова, А. А.** Роль ингредиентов в формировании органолептических показателей качества аналоговой мясной продукции / А. А. Макарова // Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 160-летию В. А. Михельсона : сб. ст. – Москва : РГАУ-МСХА, 2020. – Т. 1. – С. 495–499.

17. **Макарова, А. А.** Влияние нутрициологии на современные тренды и политику в области питания / А. А. Макарова, О. В. Пасько // Медико-биологические и нутрициологические здоровьесберегающих технологий : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : Изд-во КемГМУ, 2020 – С. 215–220.

18. **Макарова, А. А.** Состояние и перспективы развития производства аналогов мясных полуфабрикатов / А. А. Макарова // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2021. – С. 96–101.

Подписано в печать 27.09.2021.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45