

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет
физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая биология и биохимия»

Направление подготовки 06.04.01 Биология

Магистерская программа Биохимия

Форма обучения очная

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему:

«БИОХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ
ПИТАНИЯ»

Студент

Болотова Анастасия Сергеевна

Руководитель

Карпова Г.А.

Рецензент

Невитов М. Н.

Нормоконтролер

Солдатов С.А.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 20.05.24 № 12)

Заведующий кафедрой

Карпова Г.А.

Работа защищена с отметкой

отлично

(протокол заседания ГЭК от 20.06.24 № 1)

Секретарь ГЭК

Клыченков С.В.

Пенза, 2024

СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	6
1.1. Характеристика, возможности и области применения биохимических методов исследования.....	6
1.2. Технохимический контроль и его роль в современном производстве и управлении качеством продукции.....	16
1.2.1. Использование анализатора FoodScan в пищевых исследованиях	19
1.2.2. Костные включения в пищевых исследованиях	22
1.2.3. Температура плавления животных жиров как фактор определения качества и усвояемости жиров готовой продукции	25
1.2.4. Органолептические и лабораторные методы для оценки качества мясной продукции	26
1.2.5. Контроль стабильности и качества продукции по измерению кислотного числа.....	30
1.2.6. Определение нитритов в пищевых исследованиях методом спектрофотометрии	31
1.2.7. Роль нитритной соли в пищевом производстве	32
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	35
2.1. Определение массовой доли белка, жира, влаги и соли с помощью анализатора FoodScan (ГОСТ 34567-2019).....	35
2.2. Гравиметрический метод определения массовой доли костных включений (ГОСТ Р 52417- 2005).....	36
2.3. Определение температуры плавления животных жиров (ГОСТ 8285-91)	38
2.4. Определение свежести мясной продукции реактивом Несслера (ГОСТ Р 51944-2002).....	39
2.5. Метод определения кислотного числа (ГОСТ Р 55480-2013).....	39
2.6. Метод определения перекисного числа (ГОСТ 34118-2017).....	41
2.7. Определение нитритов (ГОСТ 8558.1-2015).....	43

2.8. Методы определения содержания хлористого натрия (ГОСТ 9957-2015)	47
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	50
3.1. Определение массовой доли белка, жира, влаги и соли с помощью анализатора FoodScan (ГОСТ 34567-2019)	50
3.2. Определение массовой доли костных включений гравиметрическим методом (ГОСТ Р 52417- 2005)	54
3.3. Определение температуры плавления животных жиров (ГОСТ 8285-91)	56
3.4. Определение свежести мясной продукции реактивом Нesslerа (ГОСТ Р 51944-2002)	57
3.5. Исследование качества продукции методом определения кислотного числа (ГОСТ Р 55480-2013)	59
3.6. Изучение качества пищевых жиров методом определения перекисного числа (ГОСТ 34118-2017)	61
3.7. Определение нитритов (ГОСТ 8558.1-2015)	62
3.8. Методы определения содержания хлористого натрия (ГОСТ 9957-2015). Метод Мора	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	68

ВВЕДЕНИЕ

Биохимические методы исследования широко используются в различных областях науки, промышленности и медицины. Постоянный контроль качества и применение передовых технологий позволяют повысить достоверность и чувствительность анализов, обеспечивая ценные данные для различных научных и практических целей.

Для получения достоверных и сопоставимых результатов необходимо соблюдать определенные принципы и процедуры, включая выбор адекватных аналитических методик и обеспечение надлежащей пробоподготовки и пробоотбора.

В производстве пищевой переработанной продукции изначальное сырье является обязательным условием качества конечного продукта. Соблюдение всех условий хранения и переработки сырья при постоянном мониторинге его качества находятся под лабораторным контролем, который основан на регулярном анализе как сырья, так и продукта с использованием широкого спектра биохимических методов.

Анализ, используемых в условиях пищевого производства методов контроля и качества продуктов, является актуальным.

Цель исследований: изучить возможности биохимических методов исследования при осуществлении контроля качества продуктов в условиях пищевого производства.

Задачи исследований:

- основываясь на литературных данных изучить основные характеристики, возможности и области применения биохимических методов исследования;
- используя нормативную и справочную литературу ознакомиться с организацией, условиями и требованиями к организации контроля качества продукции в условиях производства;
- в условиях лаборатории производства провести исследование пищевых продуктов на соответствие их качества требованиям ГОСТ или ТУ;

- дать анализ возможности использования различных биохимических методов для определения отдельных параметров пищевых продуктов на соответствие требованиям по их качеству.

Практическая значимость

В работе представлены материалы и детальные методики определения различных показателей качества мясной продукции, используемые в реальном производстве. Они могут быть использованы в учебном процессе при разработке лабораторных работ для студентов направления подготовки 06.03.01 Биология профиль «Биоэкология и биохимия» по дисциплинам «Биохимическая экспертиза пищевого сырья и продуктов питания», «Методы биохимических исследований».

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Характеристика, возможности и области применения биохимических методов исследования

Биохимические методы анализа – это совокупность методов, применяемых для количественного и качественного определения неорганических и органических веществ в биологических объектах. Уникальность биохимических методов заключается в использовании биологических компонентов, таких как ферменты, антитела и другие компоненты, которые обеспечивают высокую специфичность и чувствительность [7].

Биохимические методы анализа играют решающую роль в следующих областях:

- * Медицинская диагностика: определение концентрации биомаркеров заболеваний, что позволяет выявить и контролировать различные патологические состояния;

- * Фармакология: изучение фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных средств, обеспечение безопасности и эффективности терапии;

- * Научные исследования: расширение понимания биологических процессов, изучение механизмов заболеваний и разработка новых лекарственных средств и терапевтических подходов [10].

Химический метод *хроматографии* используется для выявления и определения смесей веществ. Он основан на разделении компонентов между двумя фазами - неподвижной и подвижной. Подвижная фаза представлена жидкостью или газом, протекающими через неподвижную фазу. Неподвижная фаза состоит из твердого вещества или пленки жидкости, нанесенной на инертное твердое вещество. В процессе хроматографии компоненты смеси вместе с подвижной фазой перемещаются вдоль стационарной фазы [4].

Колонка, изготовленная из стекла или металла, предназначена для разделения компонентов смеси. Сорбент в колонке взаимодействует с компонентами с разной силой, что приводит к их перемещению по колонке с разной скоростью. Те компоненты, которые сильнее взаимодействуют с сорбентом, остаются в верхней части колонки, в то время как другие компоненты с меньшей степенью взаимодействия попадают в нижний слой. Некоторые компоненты покидают колонку вместе с подвижной фазой. Таким образом, происходит разделение компонентов смеси [3].

В основу общепринятых классификаций многочисленных хроматографических методов положены различные признаки.

Цель хроматографирования определяет типы его выполнения: аналитическую, препаративную и промышленную. Аналитическая хроматография используется для анализа смеси веществ, препаративная - для получения чистых веществ и выделения микропримесей, а промышленная - для автоматического управления процессом [6, 44].

В зависимости от техники выполнения, выделяют колоночную и плоскостную хроматографию. Колоночная хроматография осуществляется в специальных трубках, а плоскостная хроматография - на бумаге или в тонком слое сорбента.

В хроматографии используются различные типы колонок: капиллярные и насадочные. В капиллярных колонках неподвижная фаза наносится только на внутреннюю поверхность трубок, заполняя их тонким слоем, в то время как в насадочных колонках весь объем трубок заполняется неподвижной фазой. Разделяемые вещества взаимодействуют с неподвижной фазой по разным механизмам, что определяет виды хроматографии: распределительная, адсорбционная, ионообменная и эксклюзионная [20].

Каждый вид хроматографии основан на различии в характеристиках разделяемых веществ и процессах взаимодействия с неподвижной фазой.

При анализе химических соединений методы хроматографии классифицируют по различным признакам. Например, по типу агрегатного состояния фаз разделения выделяют газовую и жидкостную хроматографию.

Существуют также методы, которые учитывают конкретное агрегатное состояние неподвижной фазы, например, ГЖХ, ГАХ, ЖЖХ, ЖАХ. В зависимости от способа перемещения подвижной фазы выделяют фронтальный, элюентный и витеснительный методы анализа [9].

Хроматография позволяет одновременно разделять вещества и размывать зоны их разделения.

Теория хроматографии помогает понять причины размывания пиков и предсказать эффективность разделения смеси веществ.

Теория теоретических тарелок, применяемая для анализа движения компонентов, позволяет определить ширину полосы и эффективность колонки в хроматографии [9, 44].

Способность к разделению и степень размывания полосы характеризует эффективность, что выражает теоретический подход в этой области и дает возможность экспериментально оценить параметры.

Теория основана на допущениях:

- 1) хроматографическая колонка состоит из определенного числа узких слоев сорбента (“теоретических тарелок”);
- 2) равновесие на каждой тарелке между НФ и ПФ считается достигнутым до того, как подвижная фаза переместится на следующую тарелку, т.е. равновесие устанавливается мгновенно.

Чем больше теоретических тарелок, т.е. чем больше число равновесий, тем эффективнее разделение. Однако эта теория, по существу, формальна, т.к. реальный процесс непрерывен и неравновесен, а представление о теоретической тарелке в хроматографии имеет умозрительный характер [6].

Согласно кинетической теории, размывание хроматографических пиков обусловлено, главным образом, тремя независимыми процессами: вихревой диффузией, молекулярной диффузией и сопротивлением

массопереносу. К счастью, степень влияния этих процессов определяется в основном такими контролируруемыми переменными, как скорость потока, размер частиц наполнителя колонки и толщина пленки неподвижной жидкой фазы.

Из положений теории, следует, что эффективность хроматографической колонки имеет сложную зависимость от скорости ПФ и выражается кривой, минимум которой соответствует оптимальному значению N . Задача экспериментатора - найти оптимальную скорость потока.

В целом, для повышения эффективности колонки необходимо уменьшать размер частиц, улучшать упаковку, подбирать оптимальную линейную скорость потока и маловязкие подвижные фазы (их толщина должна быть небольшой) [9, 20].

Метод *спектрофотометрии*, также известный как молекулярно-абсорбционная спектроскопия (МАС), используется для измерения поглощения электромагнитного излучения. Этот метод применяется в различных областях науки и промышленности, таких как химия, металлургия, медицина, биология, сельское хозяйство и экология [17].

Спектральный анализ абсорбции считается одним из наиболее распространенных методов контроля и исследований из-за своей точности, автоматизации и высокой чувствительности. Возможность измерения широкого диапазона концентраций и низкая погрешность делают этот метод очень востребованным.

Излучение электромагнитных волн взаимодействует с веществом, вызывая испускание, поглощение или рассеивание атомов и молекул. Анализируемая система регистрирует эти сигналы, которые отражают ее состав и качество. Спектроскопические методы применяются для решения задач атомного, изотопного, молекулярного, функционального и фазового анализа [33].

Метод количественного определения веществ – спектрофотометрия. Она базируется на поглощении молекулами монохроматического излучения

в ближней УФ, видимой и ближней ИК-областях спектра в диапазоне 190–1000 нм.

Фотоколориметрия, с другой стороны, определяет количество веществ через поглощение молекулами полихроматического излучения в видимой части спектра в интервале 380–780 нм.

Бывает, что спектрофотометрию и фотоколориметрию объединяют в фотометрию [11].

Спектрофотометрия широко используется во многих областях:

- 1) для анализа спектров поглощения различных веществ (жидких, твердых, реже газообразных) и их химического состава;
- 2) для количественного определения разнообразных компонентов.

Для количественного определения часто используется поглощение света раствором анализируемого вещества или перевод компонента с помощью химических реакций в соединение с характерным спектром поглощения.

Аналитическая абсорбционная спектрофотометрия базируется на законах поглощения света, а спектрофотометры обеспечивают высокую чувствительность, точность и избирательность количественного анализа. Они позволяют работать с различными растворами, поглощающими свет в различных областях спектра, и изучать равновесия веществ в растворе. Важно отметить, что спектрофотометрические методы могут использоваться для определения содержания элементов и органических веществ в широком диапазоне длин волн [11, 17, 33].

Титрование — это аналитический метод, который позволяет определить количество конкретного вещества, растворенного в образце, путем добавления реагента с известной концентрацией. Он основан на полной химической реакции между веществом (аналитом) и реагентом (титрантом).

Титрант добавляют до завершения реакции. Чтобы быть пригодным для определения, окончание реакции титрования должно быть легко

наблюдаемым при мониторинге (индикации) с помощью соответствующих методов, например потенциометрии (измерение потенциала с помощью датчика) или через изменение цвета [43].

Измерение объема дозированного титранта позволяет рассчитать содержание аналита на основе стехиометрии химической реакции. Для обеспечения точности реакция титрования должна быть быстрой, полной, однозначной и наблюдаемой [4].

В то время как классическое титрование проводилось путем ручного добавления титранта с помощью градуированной стеклянной трубки с краном, известной как бюретка, современное автоматизированное титрование обеспечивает точное, воспроизводимое добавление титранта и более надежный график зависимости потенциала от объема титранта. Тем не менее, ручное титрование остается основным методом во многих лабораториях по всему миру. Основная теория, лежащая в основе ручного и автоматизированного титрования, одинакова [43].

Титриметрический анализ может быть основан на различных типах химических реакций - с переносом протона, электрона, электронной пары, процессы осаждения:

- кислотно-основное титрование
реакции нейтрализации (ацидиметрия (H_3O^+), алкалиметрия (OH^-));
- окислительно-восстановительное титрование (перманганатометрия (KMnO_4), иодометрия (I_2), хроматометрия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), броматометрия (KBrO_3), иодатометрия (KIO_3), цериметрия ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_3$), ванадатометрия (NH_4VO_3), титанометрия (TiCl_3), хромометрия (CrCl_2), аскорбинометрия ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)) — окислительно-восстановительные реакции;
- осадительное титрование (аргентометрия (AgNO_3), гексоцианоферратометрия, меркурометрия ($\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$)) — реакции, протекающие с образованием малорастворимого соединения, при этом изменяются концентрации осаждаемых ионов в растворе;

- комплексонометрическое титрование — реакции, основанные на образовании прочных комплексных соединений, например, с комплексоном (обычно ЭДТА), при этом изменяются концентрации ионов металлов в титруемом растворе [42].

Гравиметрический анализ, также известный как гравиметрия или весовой анализ, является одним из методов количественного химического анализа. Он основан на точном измерении массы вещества и использует закон сохранения массы веществ при химических превращениях [16].

Этот метод сыграл важную роль в развитии химии, в частности в установлении закона постоянства состава химических соединений, закона кратных отношений, периодического закона и других законов.

Гравиметрический анализ применяется для определения химического состава различных объектов, таких как горные породы и минералы, а также для оценки качества сырья и готовой продукции. Он может быть использован для определения содержания кристаллизационной воды в солях, зольности топлива и других химических показателей [16, 44].

Среди достоинств гравиметрического анализа можно отметить высокую точность результатов (обычно погрешность составляет 0,1—0,2 %) и отсутствие необходимости в предварительной градуировке измерительных приборов. Однако, проведение этого метода может быть более трудоёмким и занимать больше времени по сравнению с другими методами анализа.

Методы осаждения являются наиболее распространенными методами гравиметрического анализа. Они заключаются в растворении анализируемого вещества в воде или другом растворителе, а затем осаждении определяемого элемента в виде малорастворимого соединения с помощью реактива. Полученный осадок проходит процедуры фильтрации, промывки, высушивания, прокаливания и взвешивания [6].

По массе осадка после прокаливания можно вычислить массовую долю определяемого элемента в исходной навеске.

Однако, осажденное вещество может не соответствовать гравиметрической форме после прокаливания. Поэтому различают осаждаемую и гравиметрическую форму осадка.

Осаждаемая форма образуется в процессе анализа при взаимодействии с реагентом, а гравиметрическая форма образуется после высушивания или прокаливания [16].

В качестве осадителей могут использоваться как неорганические, так и органические реагенты. Например, для осаждения серы используют ионы бария, для железа - раствор аммиака, а для алюминия - 8-оксихинолин.

Методы отгонки являются одними из наиболее распространенных методов анализа в химической лаборатории. Они позволяют определить содержание определенного компонента в смеси путем его выделения в виде летучего соединения. Для этого применяются различные методы, в которых определяемый компонент выделяется действием кислоты или высокой температуры.

Методы отгонки делятся на два типа: прямые и косвенные.

В прямых методах определяемый компонент выделяется в виде летучего соединения и поглощается поглотителем или конденсируется. Расчет производится по изменению массы поглотителя.

В косвенных методах вещество взвешивается, затем отгоняется летучее соединение и вновь взвешивается. Расчет производится по уменьшению массы навески [9, 16].

Кроме методов отгонки, существуют также методы *выделения*, основанные на выделении определяемого компонента из анализируемого вещества и его точном взвешивании.

Например, восстановление ионов меди до металла с последующим взвешиванием.

Эти методы также широко применяются в химическом анализе и позволяют получить точные результаты [16].

Классические методы исследования биологических объектов часто сочетаются с современными инструментальными методами анализа. Это позволяет получать более точные и надежные результаты исследований.

Особенно часто используется сочетание классических методов с различными детекторами для регистрации аналитического сигнала.

Для непрерывного контроля состава растворов наиболее часто применяются дифференциальные рефрактометры, УФ-, спектрофотометрические, люминесцентные и кондуктометрические детекторы. В некоторых случаях могут использоваться и другие типы детекторов, такие как ИК или масс-селективные [7].

Дифференциальный рефрактометр является универсальным детектором, который измеряет показатель преломления системы. Он обладает невысокой чувствительностью, а диапазон линейности составляет около 4-х порядков концентрации.

УФ-детектор, настроенный на определенную длину волны, реагирует на все вещества, поглощающие при этой длине волны. Он более чувствителен к веществам, у которых молярные коэффициенты поглощения отличаются от таковых для растворителя. Его предел обнаружения составляет около 10^{-9} г [10].

Кондуктометрический детектор применяется в ионной хроматографии, так как его работа основана на измерении электропроводности раствора, которая пропорциональна числу ионов.

Вольтамперометрический детектор используется для определения электроактивных веществ и является одним из самых чувствительных детекторов.

Стоит отметить, что часто специализированный биохимический анализатор представляет собой обычный спектрометр, который адаптирован для проведения определенных видов исследований и не обладает универсальностью [7, 10].

При выборе биохимического метода исследования следует учитывать следующие критерии:

- * Чувствительность: способность метода обнаруживать и количественно определять малые концентрации аналита;
- * Селективность: способность метода специфически определять целевой аналит в присутствии других компонентов пробы, которые могут мешать анализу;
- * Точность: близость результата анализа к истинному значению;
- * Прецизионность: степень воспроизводимости результатов при повторном проведении анализа;
- * Линейность: зависимость сигнала от концентрации аналита в определенном диапазоне;
- * Диапазон измерения: интервал концентраций, в котором метод дает надежные результаты;
- * Трудоемкость и стоимость: затраты времени и средств на проведение анализа [20].

Помимо традиционных биохимических методов, в последние годы активно развиваются перспективные технологии, расширяющие возможности анализа биологических образцов. К ним относятся:

- * Масс-спектрометрия: позволяет идентифицировать и количественно определять молекулы в сложных смесях на основе их отношения массы к заряду;
- * Геномика: изучение структуры и функции генов в целях диагностики и лечения заболеваний;
- * Протеомика: анализ полного набора белков в клетке или организме для лучшего понимания биологических процессов;
- * Метаболомика: исследование метаболитов в биологических образцах для выявления биомаркеров заболеваний и изучения биохимических путей;
- * Биосенсоры: устройства, которые обнаруживают и анализируют биологические молекулы, предоставляя быстрый и специфический анализ.

Интеграция этих современных технологий с традиционными биохимическими методами открывает новые возможности для улучшения диагностики заболеваний, разработки лекарственных препаратов и понимания биологических процессов [11].

1.2. Технохимический контроль и его роль в современном производстве и управлении качеством продукции

Технохимическому контролю отведена большая роль в современном производстве и в управлении качеством продукции. От совершенства контроля качества и от его технического оснащения зависит эффективность всего производства и качество выпускаемой продукции [14, 16].

В процессе контроля происходит сопоставление достигнутых результатов в области качества с запланированным, либо оцениваются по нескольким параметрам, каждый из которых оценивается и сравнивается с утвержденными нормами (ГОСТ и/или ТУ). С помощью современных систем управления пищевой безопасностью (например, HACCP, ISO 22000, FSSC 22000 и др.) при минимальных затратах можно достичь стабильно высоких показателей безопасности и уровня качества продукции [14].

Эффективная система контроля качества позволяет во многих случаях осуществлять целенаправленное и своевременное действие на свойства выпускаемой продукции и предупреждать разные недостатки в работе, а также обеспечивать их быстрое выявление.

Контроль качества продуктов питания является важной составляющей производственного процесса. Он включает в себя три основных типа проверок: плановые, внеплановые и выборочные [45].

Плановые проверки проводятся раз в год на основе специально разработанного графика на год. Они позволяют контролировать качество продуктов на постоянной основе и своевременно выявлять возможные нарушения.

Внеплановые проверки проводятся в случае обращения потенциальных потребителей или по инициативе предприятия. Они позволяют оперативно реагировать на возможные проблемы и устранять их в кратчайшие сроки.

Выборочный контроль применяется при необходимости принятия решений о соответствии продуктов питания установленным нормам. Это происходит при приеме больших партий по итогам испытаний конкретного количества образцов из этой партии. Такие методы часто используются при приемке продуктов питания от поставщиков [14, 35].

Все эти виды проверок необходимы для обеспечения высокого качества продуктов питания и защиты интересов потребителей. Они позволяют контролировать производственный процесс и своевременно выявлять, и устранять возможные нарушения, что способствует повышению доверия к продукции и укреплению репутации предприятия [14].

Положительные результаты действующего контроля качества могут быть выявлены и во многих случаях определены численно на стадиях разработки, обращения, производства, реализации и потребления [14, 34].

К основным элементам контроля качества продуктов питания относят: планирование, инспекционный контроль, стимулирование и ответственность субъектов системы менеджмента качества.

Выделяются следующие специальные методы:

- профилактика брака в процессе разработки продукции;
- испытание продукции;
- сертификация продукции;
- аттестация технологических процессов, исполнителей и рабочих мест производственных операций;
- государственный надзор за соблюдением стандартов производимой продукции [14].

Для успешного выпуска продукции высокого качества необходимо постоянно стремиться к совершенствованию технической оснащенности предприятий. Это включает в себя автоматизацию технологических

процессов и постоянное улучшение механизма управления качеством продукции. Только таким образом можно обеспечить стабильное и эффективное производство продукции, соответствующей высоким стандартам качества.

Одним из ключевых инструментов для контроля качества являются службы качества, технические службы и производственные лаборатории, которые осуществляют проверку продукции в пределах предприятия. Они отвечают за контроль соответствия продукции установленным стандартам и нормам качества, а также за выявление и устранение возможных дефектов и несоответствий [44].

Постоянное повышение уровня технической оснащённости предприятий и автоматизация технологических процессов позволяют не только повысить качество продукции, но и улучшить ее производительность и снизить затраты на производство.

Также важно постоянно совершенствовать механизм управления качеством продукции, внедряя новые методы и технологии, чтобы быть на шаг впереди конкурентов и удовлетворять потребности и ожидания потребителей [14].

В целом, обеспечение высокого качества продукции является важным фактором для успешного функционирования предприятий. Постоянное повышение уровня технической оснащённости, автоматизация процессов и совершенствование механизма управления качеством продукции являются неотъемлемыми элементами этого процесса. Только при соблюдении всех этих условий можно гарантировать выпуск продукции высокого качества, которая будет удовлетворять потребности и ожидания потребителей [14, 45].

К функциям службы качества относят:

- разработку показателей качества по каждому отдельному виду продуктов питания;
- принятые методы управления качеством, а также порядок проведения всех испытаний;

- определение причин появления брака, а также мер для его устранения.

Для того чтобы осуществить указанные методики контроля качества продуктов питания важно располагать средствами, техникой для испытаний, а также располагать сведениями о возможных причинах возникновения дефектов. Сегодня существует много способов проверки.

- *Дифференциальный метод* оценки качества продукции основан на использовании единичных показателей ее качества.
- *Комплексный метод* предполагает использование комплексных показателей качества.
- *Смешанный метод* позволяет одновременно использовать единичные и комплексные показатели качества.
- *Статистический метод* – это метод, при котором значения показателей качества продукции определяют с использованием правил математической статистики [7, 14].

Статистические методы исследования продуктов питания являются одними из самых эффективных. Главная цель этих методов заключается в своевременном выявлении разных изменений в характеристиках производимых продуктов питания. Такие изменения могут появиться из-за конкретных причин, которые должны быть сначала установлены, а затем устранены. Выборочный контроль применяют при необходимости принятия решений о соответствии продуктов питания установленным для них нормам. Это происходит при приеме больших партий по итогам испытаний конкретного количества образцов из этой партии. Зачастую такие методы используют при приемке продуктов питания от поставщиков [14].

1.2.1. Использование анализатора FoodScan в пищевых исследованиях

Анализатор «FoodScan™» для мяса – это простой в использовании прибор, который предназначен для серийного анализа на всех этапах

производства мясной продукции. Он позволяет проводить проверку входящего сырья и контролировать конечный продукт. С помощью технологии распространения волн ближнего инфракрасного диапазона, которые проникают в образец мяса, этот анализатор обеспечивает точные результаты всего за 50 секунд [1].

FoodScan – это международный стандарт в анализе мяса, который широко используется на производстве по всему миру для всех типов мяса и мясных продуктов. Этот универсальный анализатор мяса может быть использован для различных целей, включая проверку поступающего сырья, управление производственным процессом на нескольких линиях, контроль конечной продукции и многое другое. Обычно FoodScan применяется на предприятиях среднего или большого объема производства продукции в течение рабочей смены [2].

Мясоперерабатывающие предприятия получают значительные преимущества благодаря использованию быстрых и экономичных методов контроля, особенно при нарезке и обвалке мяса. Одним из таких методов является анализатор FoodScan, который позволяет определить содержание жира в различных мясных продуктах, таких как обрезки, фарш, полуфабрикаты, а также контролировать состав конечных продуктов, включая колбасы, сосиски, копчености и консервы [1, 2].

Особенностью анализатора "FoodScan" является его предварительная калибровка для измерения ключевых параметров качества. Для этого применяется уникальная система калибровки на базе искусственных нейронных сетей (ИНС), которая получила международные сертификаты. Это означает, что анализатор уже настроен и готов к использованию без необходимости дополнительной калибровки [1].

Анализатор "FoodScan" может измерять различные параметры качества мясной продукции, такие как содержание белка, жира, влаги и коллагена. Эти параметры являются важными для определения качества и соответствия продукции стандартам. Благодаря быстрому времени анализа и точным

результатам, производители мясной продукции могут быстро и надежно контролировать процесс производства и обеспечивать высокое качество своей продукции.

Кроме того, анализатор "FoodScan" также может быть использован для определения наличия и концентрации различных добавок и примесей в мясной продукции. Это важно для обеспечения безопасности пищевых продуктов и соответствия требованиям законодательства [2].

Использование анализатора для мяса является эффективным способом контроля качества и безопасности мясной продукции на всех этапах производства. Он позволяет сэкономить время и ресурсы, обеспечивая надежные и точные результаты анализа. Благодаря этому прибору производители могут быть уверены в высоком качестве своей продукции и удовлетворить требования своих клиентов и законодательства в области пищевой промышленности [1, 2].

Эта технология, основанная на использовании волн ближнего инфракрасного диапазона (БИД), имеет множество преимуществ при измерении параметров неоднородных продуктов. Одной из ключевых причин успеха этой технологии является ее основной принцип, основанный на прохождении световых волн через образец. В отличие от методов, где результаты измерений основаны на отражении световых волн от поверхности мяса, принцип БИК обеспечивает более высокую точность анализа мяса.

Полученные данные, основанные на поглощении света при различных длинах волн, обрабатываются с помощью математической функции, известной как калибровочная модель. Эта модель позволяет рассчитать прогнозируемое значение на основе полученных данных. Таким образом, технология БИК не только обеспечивает более точные результаты анализа мяса, но также предоставляет возможность предсказывать значения параметров с высокой степенью точности [13].

Кроме того, преимуществом технологии БИД является ее способность работать с неоднородными продуктами. Это означает, что она может быть

использована для анализа мяса с различными текстурами и составом. Такая гибкость делает эту технологию весьма полезной в пищевой промышленности, где неоднородность продуктов является обычным явлением.

Благодаря использованию технологии БИД, процесс анализа мяса становится более эффективным и надежным. Она позволяет получать точные и надежные данные о составе и качестве мяса, что в свою очередь способствует повышению качества продуктов питания и безопасности потребителей [1, 2].

В итоге, технология БИД, основанная на распространении волн ближнего инфракрасного диапазона, представляет собой инновационный подход к анализу мяса. Ее преимущества в точности измерений, способности работать с неоднородными продуктами и возможности предсказывать значения параметров делают ее незаменимым инструментом в пищевой промышленности [2].

Таким образом, использование анализатора FoodScan на мясоперерабатывающем предприятии не только обеспечивает контроль качества и состава продуктов, но и предоставляет ряд преимуществ, таких как оперативность, точность, экономичность и удобство использования. Этот инновационный инструмент становится незаменимым помощником в оптимизации производственных процессов и обеспечении высокого стандарта продукции [13].

1.2.2. Костные включения в пищевых исследованиях

Промышленная обработка мяса – это сложный технологический процесс, включающий в себя множество этапов, от первичной обработки сырья до производства готовой продукции. Одним из важнейших этапов является механическая обвалка мяса, которая позволяет использовать остатки мяса на костях, остающиеся после ручной обвалки [41].

Механическая обвалка осуществляется с помощью специального оборудования, которое позволяет отделять мясо от костей без повреждения костной структуры. В результате этого процесса получается мясной фарш, содержащий до 80% мышечной ткани [15].

Для механической обвалки используются кости различных животных, в том числе свиней, коз, баранов, коров. Также в качестве сырья могут использоваться туши козлятины и баранины небольшого размера, за исключением почек и бедра. Кроме того, в качестве сырья для механической обвалки могут использоваться выпотрошенные и хорошо охлажденные (или замороженные) куриные и утиные тушки, цыплят-бройлеров, тушки с пороками, а также части тушек и каркасы [30].

Части тушек - это все те составляющие, которые можно приравнять к тушке (например, половина, четверть, грудка, бедро и т.п.) [39].

Каркасы - это такие части, которые остались после того, как была проведена ручная обвалка, либо после того, как была выделена филейная часть и окорочка [28].

Механическая обвалка имеет ряд преимуществ. Во-первых, она позволяет использовать сырье, которое бы иначе было безвозвратно потеряно. Во-вторых, она позволяет производить мясной фарш высокого качества, содержащий большое количество мышечной ткани. В-третьих, она позволяет снизить себестоимость мясной продукции [41].

Кроме того, механическая обвалка позволяет получать из мяса различные пищевые продукты, такие как:

- * колбасные изделия;
- * полуфабрикаты;
- * консервы;
- * сухие продукты питания;
- * корма для животных.

Механическая обвалка — это неотъемлемая часть процесса промышленной обработки мяса. Она играет важную роль в рациональном

использовании сырья и производстве высококачественных пищевых продуктов. Благодаря этой технологии, мясо подвергается механической обработке, которая позволяет удалить излишки жира, сухожилий и костей, а также размягчить его структуру. Это делает мясо более нежным и сочным, а также улучшает его вкусовые качества. Кроме того, механическая обвалка позволяет получить более равномерные куски мяса, что упрощает его дальнейшую обработку и упаковку.

Таким образом, использование механической обвалки является необходимым шагом в производстве высококачественных пищевых продуктов и способствует оптимальному использованию ресурсов [28, 41].

Оборудование для механической обвалки может быть стационарным или мобильным. Стационарные установки обычно имеют большую производительность, чем мобильные [15].

Механическая обвалка может осуществляться как в горячем, так и в холодном режиме. Горячая обвалка проводится при температуре 60-70 градусов Цельсия, что позволяет улучшить качество получаемого фарша.

Механическая обвалка может быть комбинированной, т.е. сочетающей в себе ручную и механическую обработку [15, 28].

Также можно привести конкретные примеры использования механической обвалки в производстве мясной продукции. Например, из мяса, полученного в результате механической обвалки, изготавливаются следующие колбасные изделия:

- * фаршированные колбасы;
- * сосиски;
- * сардельки;
- * ветчина;
- * паштеты.

Из мяса, полученного в результате механической обвалки, также изготавливаются следующие полуфабрикаты:

- * котлеты;

- * пельмени;
- * вареники;
- * блинчики с мясом;
- * фарш для запекания [15].

1.2.3. Температура плавления животных жиров как фактор определения качества и усвояемости жиров готовой продукции

В зависимости от происхождения температура плавления животного жира заметно отличается. Так, температура плавления бараньего жира находится в пределах 43 - 55°C, говяжьего – 42 - 49°C и свиного – 29 - 35°C.

Температура плавления играет важную роль в определении качества и усвояемости жиров. Различные жиры имеют разную пищевую ценность и в значительной степени зависят от способности организма усваивать их. Эта способность, в свою очередь, зависит от температуры плавления жира. Жиры с низкой температурой плавления, не превышающей 37°C (температуры человеческого тела), обладают способностью быстро и полно эмульгироваться в организме, что позволяет им легко усваиваться [30].

Температура плавления жиров может служить чрезвычайно важным признаком для решения вопроса о происхождении мяса. Так по точке плавления жира можно легко, например, отличить конину от говядины или свинину от мяса собаки.

Способность жира к эмульгированию, а следовательно, и к усвоению его организмом, зависит от его температуры плавления: чем ниже температура плавления жира, тем легче он эмульгируется с водой и тем выше его усвояемость [9].

Пищевые жиры в зависимости от усвояемости делятся на три группы: к первой группе относятся жиры, температура плавления которых ниже или равна температуре человеческого тела (37°). Такие жиры усваиваются организмом на 97—98% (например, костный, свиной). Ко второй группе относятся жиры, температура плавления которых выше 37° (говяжий,

бараний и др.). Эти жиры усваиваются на 89—93%. К третьей группе относятся жиры, температура плавления которых значительно выше, чем 37°. Такие жиры или совсем не усваиваются, или усваиваются незначительно. Так, усвояемость тристеарина, температура плавления которого 711,5°, составляет всего лишь 14% [30].

1.2.4. Органолептические и лабораторные методы для оценки качества мясной продукции

Для определения свежести мяса применяют органолептические и лабораторные методы. Оценивают внешний вид, цвет, консистенцию, запах мяса, состояние жира и сухожилий, а также прозрачность и аромат бульона (проба варкой). Методы химического и микроскопического анализа свежести предусматривает определение pH, реакция на пероксидазу, трихинеллоскопию [5].

Трихинеллоскопия — это метод исследования, который используется для обнаружения трихинелл в мышцах животных. Для этого исследования обычно используют мышцы, такие как ножки или диафрагмы, которые имеют параллельное строение волокон. Из каждой исследуемой туши готовят не менее 24 срезов, которые затем раздавливают стеклами компрессориума и просматривают под трихинеллоскопом при увеличении в 50-70 раз или под микроскопом при малом увеличении [18].

Еще одним методом для определения свежести мяса является реакция на пероксидазу. В присутствии фермента пероксидазы перекись водорода окисляет бензидин, образуя парахинондамид, который в свою очередь образует соединение сине-зеленого цвета, которое затем переходит в бурый. В вытяжках из свежего мяса реакция на пероксидазу обычно положительная. Этот метод также используется для оценки свежести мяса и имеет такое же значение, как и определение pH [19].

В пробирку вносят 2 мл вытяжки, приготовленной из мясного фарша и дистиллированной воды в соотношении 1:4, добавляют 5 капель 0,2 %-ного

спиртового раствора бензидина, содержимое пробирки взбалтывают, после чего добавляют две капли 1 %-ного раствора перекиси водорода.

Результат реакции. Мясо свежее, если вытяжка приобретает сине-зеленый цвет, переходящий в течение 1-2 мин в буро-коричневый (положительная реакция); несвежее, если вытяжка либо не приобретает специфический сине-зеленый цвет, либо сразу появляется буро-коричневый (отрицательная реакция) [5, 18, 19].

Реактив Несслера.

Тетраиодомеркурáт(II) кáлия – неорганическое соединение, комплексная соль калия, ртути и иодистоводородной кислоты с формулой $K_2[HgI_4]$, светло-жёлтые кристаллы, растворимые в воде, образует кристаллогидрат.

Для приготовления реактива Несслера необходимо добавить насыщенный раствор $HgCl_2$ к водному раствору KI до образования красного осадка. Затем в полученный раствор добавляют твердый KOH и вводят немного насыщенного раствора $HgCl_2$. Раствор разбавляют водой, даем ему отстояться и сливают прозрачную жидкость. Для увеличения чувствительности реактива можно использовать HgI_2 вместо $HgCl_2$ [37].

Обычно реактив Несслера применяется в виде водного щелочного раствора дигидрататетрайодомеркуроата калия или натрия, в зависимости от типа щелочной среды. В сухом виде он представляет собой порошкообразное вещество из мелких бледно-желтых кристалликов, которое является токсичным и горючим.

В продаже чаще встречается водный раствор реактива Несслера - жидкость бледно-желтого цвета, которая может разлагаться под воздействием света и при нагревании [38].

Реактив Несслера широко применяется в аналитической химии, особенно для анализа качества питьевой или природной воды. Благодаря его крайней чувствительности к солям аммония, с помощью колориметрического

или фотометрических методов можно определить микроскопическое количество аммиака в воде (около 0,001% по объему).

Реактив Нesslerа — это химическое вещество, которое широко используется в различных областях науки и промышленности. Одним из его основных применений является использование в тонкослойной и бумажной хроматографии для обнаружения гидроксиаминокислот. Это позволяет проводить точный анализ различных образцов и определять наличие указанных веществ [37, 38].

Кроме того, реактив Нesslerа обладает еще одной особенностью - способностью образовывать черный осадок ртути в металлической форме при взаимодействии со спиртами или альдегидами. Это свойство находит применение при обнаружении и исследовании таких веществ.

Однако, следует помнить, что реактив Нesslerа содержит ртуть, которая является опасным веществом для человека. При контакте с кожей и слизистыми оболочками она может вызывать химический ожог и приводить к серьезным повреждениям. Поэтому при работе с реактивом необходимо соблюдать меры предосторожности и использовать специализированные индивидуальные средства защиты, такие как перчатки, спецодежда, очки и респиратор [37].

Также важно проводить работы с реактивом в специально оборудованном помещении, например, в вытяжном шкафу или в помещении с вытяжкой. Это позволит минимизировать риск отравления и обеспечить безопасные условия работы.

Наконец, следует учитывать, что реактив Нesslerа нужно хранить в герметично закрывающейся посуде из темного стекла в прохладном помещении или в холодильнике. Это поможет сохранить его свойства и предотвратить возможные аварийные ситуации. В случае необходимости, реактив можно заказать в специализированных магазинах или лабораториях, где он будет храниться и транспортироваться в соответствии с правилами безопасности [37, 38].

Оценка качества мясной продукции включает в себя определение нескольких важных показателей.

Внешний вид и цвет поверхности туши оцениваются визуально при осмотре. Мышцы на разрезе проверяют на липкость и увлажненность, а также ощупывают для определения консистенции [31].

Запах мяса устанавливают на поверхности и в глубинных слоях мышечной ткани, обращая особое внимание на запах прилегающего к кости мяса.

Состояние жира оценивается по цвету, запаху и консистенции.

Состояние сухожилий определяется при осмотре туши и отборе образцов, ощупыванием и проверкой упругости, плотности и состояния суставных поверхностей [32].

Если хотя бы один из показателей органолептического анализа указывает на сомнительную свежесть продукции, то она направляется на химические или микробиологические исследования.

На основании результатов этих исследований делается заключение о свежести мяса или субпродуктов, сравнивая полученные данные с характерными признаками, установленными ГОСТ 7269—2015 для данного вида продукции [31, 32].

Органолептический анализ– сенсорный анализ продуктов, вкусовых и ароматических веществ с помощью обоняния, вкуса, зрения, осязания и слуха. Данный термин не является синонимом сенсорного анализа: его значение имеет ограничения по объекту исследования и числу органов чувств [35].

Органолептическая оценка– оценка ответной реакции органов чувств человека на свойство продукта как исследуемого объекта, определяемая с помощью качественных и количественных методов.

Органолептическую оценку пищевого продукта в полости рта называют *дегустацией* [34].

В международной практике применяют стандартизованные методы органолептической оценки, которые подразделяются на два больших класса — аналитические и потребительские. Критерием отбора членов дегустационной комиссии для аналитических испытаний является хорошая сенсорная чувствительность по вкусам, запахам, текстурам и т.д. Преимуществом этого метода является надежность полученных результатов, небольшое количество ошибок, возможность статистической обработки, после которой результаты передаются заказчику [17, 34, 45].

1.2.5. Контроль стабильности и качества продукции по измерению кислотного числа

Кислотное число является важным показателем для определения качества и состояния органических соединений, таких как жирные кислоты. Оно выражает количество гидроксида калия, необходимое для нейтрализации всех кислых компонентов, содержащихся в 1 г исследуемого вещества. Это число также может быть использовано для измерения гидролиза липидов в пищевых продуктах, так как количество свободных кислот в природных жирах обычно незначительно, но может увеличиваться при хранении и окислении [12].

Для определения кислотного числа обычно используется титрование раствора образца в органическом растворителе с раствором гидроксида калия известной концентрации и индикатором, таким как фенолфталеин. Это позволяет точно определить количество кислотных компонентов в образце и оценить его качество.

Кислотное число также может быть использовано для измерения гидролиза жиров в косметических и фармацевтических продуктах, так как они также могут подвергаться окислению при хранении. Это позволяет контролировать стабильность и качество продукта [17].

Важно отметить, что кислотное число не является единственным показателем качества органических соединений и должно рассматриваться в

сочетании с другими химическими и физическими характеристиками. Однако, оно является важным инструментом для оценки состояния и качества органических соединений и может быть использовано в различных отраслях промышленности и научных исследований [12].

В данном методе используется такой метод, как титрование.

1.2.6. Определение нитритов в пищевых исследованиях методом спектрофотометрии

В данном методе используется спектрофотометр.

Спектрофотометр – это прибор, который используется для измерения отношений двух потоков оптического излучения. Один из потоков падает на образец, а другой проходит через образец и испытывает взаимодействие с ним.

Спектрофотометр позволяет измерять отношения потоков для различных длин волн оптического излучения, что позволяет получать спектр отношений потоков в результате измерений [40].

Спектрофотометр является основным прибором в спектрофотометрии и обычно используется для измерения спектров пропускания или отражения излучения.

Спектрофотометрия – это физико-химический метод исследования растворов и твердых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.

Основная зависимость, изучаемая в спектрофотометрии, – это зависимость интенсивности поглощения от длины волны. Обычно измеряется оптическая плотность, которая линейно зависит от концентрации вещества [33].

Приборы спектрофотометрии, или спектрофотометры, используются для различных целей, включая определение следов элементов в металлах, сплавах и других технических объектах.

Спектрофотометрия является важным инструментом в научных исследованиях и промышленности.

Пучок излучения, испускаемый прибором-спектрофотометром, взаимодействует как напрямую с атомами, так и со связями в молекулах веществ. Это позволяет получить характерный спектр поглощения для каждого вещества [40].

По совокупности спектров поглощений в образце можно определить наличие различных веществ в анализируемой пробе. Этот метод называется качественным анализом, так как позволяет только установить наличие веществ, но не их количество.

Для определения количества вещества используется количественный анализ, основанный на законе Бэра. Согласно этому закону, существует прямая зависимость между количеством частиц поглощающего вещества и поглощением потока излучения. По уменьшению интенсивности излучения можно определить количество частиц поглощающего вещества и использовать эту информацию для расчета количества вещества. Для этого часто используется число Авогадро.

Таким образом, спектрофотометрия позволяет проводить как качественный, так и количественный анализ веществ, что делает ее важным инструментом в химических исследованиях [40].

1.2.7. Роль нитритной соли в пищевом производстве

Нитритная соль – это особая смесь, состоящая из нитрита натрия и пищевой соли, которая используется в производстве мясных продуктов.

Согласно европейским стандартам, в составе нитритной соли должно быть от 0,4 до 0,6% чистого нитрита натрия.

В колбасном производстве нитритная соль применяется в сухом виде: при предварительном посоле мяса; при приготовлении фарша / куттеровании.

Основная функция нитритной соли - сохранить цвет мясного продукта после термообработки. При нагревании миоглобин (компонент, отвечающий за красноватый цвет мяса) разрушается, но благодаря внесенному нитриту натрия образуется нитрозомиоглобин, который устойчив к высоким температурам [36].

В отечественной технологической практике, стандартная дозировка чистого нитрита натрия составляет 7-7,5 г на 100 кг мясного сырья, поэтому необходимо пересчитать количество нитритной соли.

Согласно правилам Европейского Союза, допустимое количество нитрита натрия в 1 кг мяса не должно превышать 150 мг (что соответствует 15 г NaNO_2 на 100 кг несоленого сырья). Это означает, что в пересчете на нитритную соль (0,5-0,6%) - не более 2,5 кг на 100 кг мяса [9].

Использование нитритной соли в пищевой промышленности имеет множество преимуществ, которые делают ее незаменимым ингредиентом в производстве пищевых продуктов.

Вот лишь некоторые из них:

- удобная дозировка, которая позволяет легко взвешивать и равномерно распределять соль в продукте;
- не требует специализированного учета на предприятии, в отличие от чистого нитрита натрия;
- основа нитритной соли - пищевая соль высшего качества с минимальным содержанием NaCl 99%, без примесей тяжелых металлов и галофильных бактерий, которые могут негативно повлиять на цвет готового продукта;
- нитритная соль ингибирует развитие бактерий, особенно клостридий, что увеличивает сроки хранения готовой продукции;
- она также участвует в реакции цветообразования и долго сохраняет цвет готового продукта на витрине;
- нитритная соль влияет на формирование вкусо-ароматических характеристик готового продукта;

- она обладает антиокислительным действием по отношению к липидам, что помогает сохранить свежесть и качество продукта;
- нитритная соль проявляет выраженное ингибирующее действие на бактерии *Clostridium botulinum* и токсигенные плесени, что делает продукт безопасным для употребления [36].

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка контроля качества пищевых продуктов проводилась на базе АО «Черкизовский мясоперерабатывающий завод (лаборатория ЧМПЗ)».

Объектом исследования являлись мясные продукты, такие как: колбаса полукопченая, колбаса вареная, свинина жирная, свинина нежирная, фарш куриный, фарш индейки, шпик свиной боковой, шпик свиной хребтовой.

В ходе эксперимента были оценены следующие физико-химические показатели по ГОСТу:

1. Определение массовой доли белка, жира, влаги и соли с помощью анализатора FoodScan (ГОСТ 34567-2019);
2. Определение массовой доли костных включений гравиметрическим методом (ГОСТ Р 52417- 2005);
3. Определение температуры плавления животных жиров (ГОСТ 8285-91);
4. Определение свежести мясной продукции реактивом Нesslerа (ГОСТ Р 51944-2002);
5. Определение кислотного числа (ГОСТ Р 55480-2013);
6. Определение перекисного числа (ГОСТ 34118-2017);
7. Определение нитритов (ГОСТ 8558.1-2015);
8. Определение содержания хлористого натрия (ГОСТ 9957-2015). Метод Мора.

2.1. Определение массовой доли белка, жира, влаги и соли с помощью анализатора FoodScan (ГОСТ 34567-2019)

Подготовка образца и анализ. Продукцию измельчают и гомогенизируют до однородности, чтобы не было комков. Далее полученный образец укладывают в специальные тарелки для анализа так, чтобы образец полностью закрывал дно тарелки. После этого образец помещают в анализатор и начинают исследование.

После завершения исследования вынимают образец и утилизируют его. Полученные данные анализируют и заносят в специальный журнал [21].

2.2. Гравиметрический метод определения массовой доли костных включений (ГОСТР 52417- 2005)

Данный метод является эффективным способом обработки мяса птицы, основанным на использовании механической обвалки в растворе щелочи. Благодаря этому процессу, мы можем избавиться от нежелательных компонентов, таких как мышечная, соединительная и жировая ткани. Кроме того, костные частицы, которые остаются после обвалки, проходят фильтрацию и подвергаются сушке, после чего их масса измеряется.

Для проведения анализа необходимо соблюдение ряда условий: масса исследуемого образца 500-600 г; качество пробы не нарушено при транспортировке; срок хранения пробного образцасоставляет до 30 суток при $t \leq -12^{\circ}\text{C}$. Данные меры позволяют сохранить качество и целостность пробы до момента ее исследования [23].

Такой подход к обработке мяса птицы позволяет получить более чистый и качественный продукт, который может быть использован в пищевой промышленности или для научных исследований. Благодаря этому методу, мы можем быть уверены в качестве и достоверности полученных результатов анализа.

Подготовка посуды и реактивов

Исследование проводят с использованием эксикатора, который заправляется хлористым кальцием или H_2SO_4 (конц). Плотность концентрированной серной кислоты проверяют с помощью ареометра. Если её плотность меньше $1,84 \text{ г/см}^3$, то нужно заменить кислоту. Хлористый кальций регулярно прокаливают (1 раз в месяц).

Бюксы и фильтры для исследований предварительно подвергают сухой стерилизации $(103 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ и помещают в эксикатор до дальнейшего использования.

Одновременно готовят свежий раствор КОН, с учетом его содержания не менее 2%. Хранение и использование раствора допустимо до 2 месяцев, в полиэтиленовой посуде при $t = 18-22^{\circ}\text{C}$ [23].

Подготовка пробы

Предварительно отобранный образец продукта подвергают разморозке в холодильнике при низких положительных температурах ($t = 4-8^{\circ}\text{C}$), что предотвращает повреждение испытуемого образца. Хранят до конца испытаний при $t = 4^{\circ}\text{C}$, что обеспечивает как целостность, так и качество исследуемого продукта.

Затем мясной продукт массой 50 г помещают в стеклянный стакан, добавляют 100 мл КОН (приготовленный ранее) и переносят на водяную баню. Срок экспозиции составляет 60-120 минут при постоянном помешивании раствора, что создает условия для денатурации белков и разрыхления соединительной ткани [23, 33].

Готовность пробы определяют по практически полному отсутствию видимых твердых частиц соединительной ткани изначального образца. Однако, для получения такого результата необходимо повторить процедуру нагревания (уже более кратковременную), после предварительного отстаивания (10-15 мин), на кипящей водяной бане с регулярным добавлением КОН и удалением верхней части раствора 2-3 раза. Таким образом, отстаивание и декантацию повторяют до полного растворения мышечной и жировой тканей и образования почти прозрачного раствора. Все костные включения при этом осаждаются на дне стакана.

Костные остатки отфильтровывают и вместе с фильтром переносят в бюксы. Открытые бюксы с крышками высушивают в сушильном шкафу ($t = 103^{\circ}\text{C}$) в течение 60 минут. Затем после предварительного охлаждения в эксикаторе (бюкс с фильтром и костными остатками закрыт крышкой) взвешивают с регистрацией результатов до 0,0001 г. Затем процедуру высушивания повторяют (время экспозиции 30 минут, $t = 103^{\circ}\text{C}$) и вновь взвешивают. Измерения проводят до постоянной массы [23].

Обработка результатов

Массовую долю костных включений выражают в процентах и определяют согласно формулы:

$$X = 100 \frac{m_1 - m_2}{m},$$

где m_1 — масса бюкса с фильтром и костными включениями, г;

m_2 — масса бюкса с фильтром, г;

m — масса пробы мяса птицы механической обвалки, взятой для испытания, г [23].

2.3. Определение температуры плавления животных жиров (ГОСТ8285-91)

Температура плавления жира является важным показателем для многих процессов, связанных с его использованием в пищевой и других отраслях промышленности. Она определяется как температура, при которой жир приобретает подвижность и переходит из твердого состояния в жидкое. Для определения этой температуры используется метод капиллярного термометра.

Для проведения метода наполняют капилляр расплавленным жиром. Далее его охлаждают на протяжении одного часа. После этого капилляр прикрепляют к термометру. Затем капилляр с термометром помещают в стакан дистиллированной воды. Стакан должен быть оборудован мешалкой для равномерного нагревания воды.

Момент начала подъема столбика жира по капилляру соответствует температуре его плавления, которая своевременно фиксируется. При достижении этой температуры, жир начинает плавиться и подниматься по капилляру, что отражается на показаниях термометра.

Таким образом, температуру, при которой он начинает переходить в жидкое состояние и отмечают как искомую величину. Этот метод является

достаточно простым и точным для определения температуры плавления жира и широко используется в научных и промышленных целях [8].

2.4. Определение свежести мясной продукции реактивом Несслера (ГОСТ Р 51944-2002)

Проведение анализа

В мерный стакан кладется 5 г навески, далее добавляется 20 мл дистиллированной воды. Этот раствор настаивается в течении 15 минут. Далее фильтруем. Из полученного раствора отбираем 1 см³ вытяжки и добавляем туда 10 капель реактива Несслера и все это взбалтываем. После визуально устанавливаем цвет вытяжки [25].

2.5. Метод определения кислотного числа (ГОСТ Р 55480-2013)

В основе данного метода лежит процесс титрования, где титром служит КОН (NaOH). Благодаря данному методу определяется содержание жиров в исследуемом продукте.

Подготовка проб

Пробу из анализируемого продукта гомогенизируют с помощью мясорубки дважды ($d=2-3$ мм) и переносят в закрывающуюся стеклянную или пластиковую емкость ($V=200-400$ мл), которую хранят при низких положительных температурах ($t = 4^{\circ}\text{C}$) максимально 24 часа.

Подготовка проб к анализу

Навеску массой 20-50 г из подготовленного материала тщательно растирают в фарфоровой ступке в присутствии Na_2SO_4 (безводн.).

Гомогенат вместе с хлороформом (150 мл) переносят в коническую стеклянную колбу ($V=250$ мл) и фиксируют притертой пробкой. Выделение жира происходит в колбе при 5 минутной экспозиции на магнитной мешалке. После отстаивания, производят фильтрацию.

Для контрольного образца используют навеску сырого жира (20 г) и таким же образом проводят экстракцию и готовят фильтрат.

Титрование

Для своевременного обнаружения изменения окраски раствора при титровании, исследование проводят при искусственном освещении.

В стеклянную посуду ($V=150$ мл) добавляют фильтрат ($V=10$ мл), C_2H_5OH ($V=10$ мл), фенолфталеин (1-2 капли, конц.1%) при соблюдении строгой последовательности. Затем проводят титрование до появления устойчивой (30 сек) слабо-розовой окраски.

Определение массы жира

Фильтрат ($V=10$ мл) упаривают на водяной бане ($t = 60^{\circ}C$), предварительно поместив его в фарфоровую посуду для выпаривания. При испарении раствора, сухой остаток доводят до постоянной массы в сушильном шкафу ($t = 103^{\circ}C$).

Для определения массы полученного жира используют следующую формулу:

$$m = m_1 - m_2 ,$$

где m_1 - масса чашки с фильтратом после высушивания, г;

m_2 - масса чашки, г.

Определение кислотного числа

Для определения кислотного числа жира используют следующую формулу:

$$X = \frac{V \cdot K \cdot 5,61}{m} ,$$

где V - объем KOH , израсходованный на титрование ($0,1$ моль/дм³ раствора);

K - коэффициент поправки к номинальной концентрации растворов;

5,61 - масса KOH , соответствующая 1 см³ $0,1$ моль/дм³ раствора KOH , (мг);

m - масса жира в анализируемой пробе, (г).

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных измерений, округленное до первого десятичного знака [27].

2.6. Метод определения перекисного числа (ГОСТ 34118-2017)

Метод основан на реакции взаимодействия первичных продуктов окисления жира с йодистым калием в кислой среде, последующим титрованием раствором тиосульфата натрия и количественным определением выделившегося йода.

Подготовка проб

Пробу ($m=200$ г) из анализируемого продукта гомогенизируют с помощью мясорубки дважды ($d=2-3$ мм) и переносят в закрывающуюся стеклянную или пластиковую емкость ($V=200-400$ мл), которую хранят при низких положительных температурах ($t = 4^{\circ}\text{C}$) максимально 24 часа.

Подготовка проб к анализу

Навеску массой 20-50 г из подготовленного материала тщательно растирают в фарфоровой ступке в присутствии Na_2SO_4 (безводн.)

Гомогенат вместе с хлороформом (150 мл) переносят в коническую стеклянную колбу ($V=250$ мл) и фиксируют притертой пробкой. Выделение жира происходит в колбе при 5 минутной экспозиции на магнитной мешалке. После отстаивания, производят фильтрацию через бумажный фильтр.

Для контрольного образца используют навеску сырого жира (20 г) и таким же образом проводят экстракцию и готовят фильтрат.

Проведение анализа

Для своевременного обнаружения изменения окраски раствора при титровании, исследование проводят при искусственном освещении.

В стеклянную плоскодонную посуду ($V=250$ мл) добавляют фильтрат ($V=10$ мл), $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{ледяная}}$ ($V=15$ мл), $\text{KI}_{\text{конц. 50\%}}$ ($V=1$ мл) при соблюдении строгой последовательности. Емкость закрывают притертой пробкой и экспонируют в темноте (5 мин) при $t = 15-25^{\circ}\text{C}$.

Затем добавляют $\text{H}_2\text{O}_{\text{дист}}$ ($V=100$ мл) и 1% раствор крахмала ($V=1$ мл).

В присутствии продуктов перекисного окисления жира цвет изменяется на сине-фиолетовый.

Титрование выделенного йода проводится $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до устойчивой (5 сек) молочно-белой окраски.

Для контрольного исследования вместо фильтрата в той же последовательности подготовки раствора для титрования используют $\text{H}_2\text{O}_{\text{дист}}$ ($V=10$ мл).

Определение массы жира в экстракте

Фильтрат ($V=10$ мл) упаривают на водяной бане ($t= 60^\circ\text{C}$), предварительно поместив его в фарфоровую посуду для выпаривания. При испарении раствора, сухой остаток доводят до постоянной массы в сушильном шкафу ($t = 103^\circ\text{C}$).

Для определения массы полученного жира используют следующую формулу:

$$m = m_1 - m_2,$$

где m_1 - масса чашки с фильтратом после высушивания, г;

m_2 - масса чашки, г.

Определение перекисного числа

Для определения перекисного числа жира (ммоль активного кислорода/кг жира) используют следующую формулу:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot C \cdot K \cdot 1000}{m}$$

где V_1 - объем $0,01$ моль/дм³ раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование испытуемого раствора, см³;

V_2 - объем $0,01$ моль/дм³ раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование контрольного раствора, см³;

C - концентрация использованного раствора тиосульфата натрия, моль/дм³;

К - коэффициент поправки к титру $0,01 \text{ моль/дм}^3$ раствора тиосульфата натрия;

1000 - коэффициент, учитывающий пересчет результата измерения в ммоль/кг;

m - масса жира в экстракте, г.

Вычисление проводят до второго десятичного знака.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных измерений, округленное до первого десятичного знака, если удовлетворяются условия повторяемости (сходимости) [22].

2.7. Определение нитритов (ГОСТ 8558.1-2015)

Метод основан на получении из анализируемой пробы безбелкового фильтрата, реакции нитрита с 1М-(1-нафтил)-этилендиамин-дигидрохлоридом и с сульфаниламидом и образованием соединения красного цвета и фотометрическом измерении оптической плотности при длине волны $(540 \pm 2) \text{ нм}$.

Подготовка пробы

Исследуемые мясные продукты предварительно измельчают с помощью мясорубки дважды ($d=2-3 \text{ мм}$) и переносят в закрывающуюся стеклянную или пластиковую емкость ($V=200-400 \text{ мл}$), которую хранят при низких положительных температурах ($t= 4^\circ\text{C}$) максимально 5 суток. При исследовании рассола для консервации продуктов, их также переносят в закрывающуюся стеклянную или пластиковую емкость ($V=200-400 \text{ мл}$) и хранят в соответствии рекомендациями производителей.

Подготовка реактивов

Для определения нитритов в мясных продуктах и рассолах необходимо использование:

- HCl (разведенная в соотношении 1:1, при плотности кислоты $1,19 \text{ г/см}^3$);

- H_3BO_3 (насыщенный раствор; 210 г $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ разводят в 1 л H_2O при $t = 60^\circ\text{C}$ с последующим охлаждением);
- реактив Каррез 1 (106 г $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ разводят в 600 мл H_2O и, затем доводят до 1 л);
- реактив Каррез 2 (220 г $\text{Zn}(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2$, 30 мл CH_3COOH разводят в 800 мл H_2O и, затем доводят до 1 л);
- реактив 1 для проведения цветной реакции (2 г $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ разводят в 400 мл HCl разведенная и, затем доводят до 1 л);
- реактив 2 для проведения цветной реакции (0,25 г N-(1-нафтил)-этилендиамин-дигидрохлорида разводят в 100 мл H_2O и, затем доводят до 250 мл);
- основной раствор NaNO_2 (1 г NaNO_2 разводят в 100 мл H_2O и, затем доводят до 500 мл);
- рабочий раствор NaNO_2 (25 мл основного раствора NaNO_2 разводят в 1 л H_2O);
- стандартные растворы NaNO_2 (2, 5 и 10 мл рабочего раствора NaNO_2 разводят в 100 мл H_2O);
- контрольный раствор (к 60 мл H_2O приливают 10 мл реактива 1 для проведения цветной реакции и лишают доступа света (5 мин); к раствору приливают 2 мл реактива 2 для проведения цветной реакции и доводят H_2O до 100 мл).

Все приготовленные реактивы могут храниться в недоступном для света месте до 30 суток при $t = 18-22^\circ\text{C}$.

Построение градуировочного графика

Основным компонентом анализа на содержание нитритов в мясной продукции или рассолах для консервации является построение градуировочного графика.

Для его построения необходимо использование стандартных растворов, а также реактива 1 и реактива 2 для проведения цветной реакции. Изначально к каждому стандартному раствору ($V=10$ мл) добавляют реактив 1 ($V=10$ мл)

и экспонируют без доступа света 5 минут. Затем добавляют реактив 2 ($V=2$ мл) и вновь экспонируют без доступа света 3 минуты. Каждый раствор доводят до 100 мл добавляя $H_2O_{\text{дист}}$, что дает возможность получить растворы необходимых концентраций.

Далее с помощью фотоколориметра или спектрофотометра измеряем оптическую плотность приготовленных растворов (длина волны 540 ± 2 нм) с использованием стандартных кювет (рабочая грань 10 мм).

На основании полученных результатов строим градуировочный график, где ось абсцисс содержит значения оптической плотности исследуемых растворов, а ось ординат отражает показатели концентрации стандартных растворов, взятых для определения. На пересечении данных значений получаем точки, через которые проводим прямую, исходящую из начала координат.

Проведение анализа

Навеску пробы мясной продукции ($m=10$ г) помещаем в стеклянную плоскодонную посуду ($V=200$ мл), добавляем $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ($V=5$ мл) и H_2O ($V=100$ мл) и выдерживаем на водяной бане ($t=90-100$ °C) 15 минут регулярно помешивая.

По истечении указанного времени содержимое охлаждаем до $t=20-22$ °C. После чего необходимо добавить реактив Карреза 1 и реактива Карреза 2 в равных объемах ($V=2$ мл) и довести объем полученного раствора $H_2O_{\text{дист}}$ до 200 мл. Полученный раствор подлежит фильтрации.

Для исследования содержания нитритов в рассолах для консервирования продуктов помещаем его ($V=25$ мл) в стеклянную плоскодонную посуду ($V=500$ мл) и доводим объем полученного раствора $H_2O_{\text{дист}}$ до 500 мл.

Для исследования содержания нитритов в посолочной смеси навеску пробы ($m=2,5$ г) помещаем в стеклянную плоскодонную посуду ($V=500$ мл), добавляем $H_2O_{\text{дист}}$ ($V=300$ мл) и затем доводим до объема посуды.

В последнюю мерную колбу ($V = 100$ мл) вносим фильтрат ($V = 20$ мл), $H_2O_{\text{дист}}$ ($V = 50$ мл) и реактив 1 для проведения цветной реакции ($V = 10$ мл) и экспонируют без доступа света 5 минут. Затем добавляют реактив 2 ($V = 2$ мл) и вновь экспонируют без доступа света 3 минуты. Раствор доводят до 100 мл добавляя $H_2O_{\text{дист}}$, что дает возможность достичь необходимой концентрации.

Далее с помощью фотоколориметра или спектрофотометра измеряем оптическую плотность приготовленного раствора (длина волны 540 ± 2 нм) с использованием стандартных кювет (рабочая грань 10 мм). Вносим полученную величину в градуировочный график и по оси ординат находим величину, которая соответствует концентрации $NaNO_2$ в растворе, полученном из пробы мясной продукции.

Обработка результатов.

Для определения содержания $NaNO_2$ в мясных продуктах используют следующую формулу:

$$X_1 = \frac{C \cdot V_1 \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot V \cdot 10^6},$$

где C — концентрация $NaNO_2$, найденная по градуировочному графику, мкг/см^3 ;

100 — объем разбавленного фильтрата используемый для цветной реакции, см^3 ;

100 — коэффициент пересчета в проценты;

m — масса анализируемой пробы, г;

V — объем фильтрата, взятый для проведения цветной реакции, см^3 ;

10^6 — коэффициент перевода мкг в г;

V_1 — объем, до которого доведена навеска анализируемой пробы.

Для определения содержания $NaNO_2$ в посолочных смесях используют следующую формулу:

$$X_2 = \frac{C \cdot 500 \cdot 100 \cdot 100}{25 \cdot V \cdot \rho \cdot 10^6},$$

где C — концентрация нитрита натрия, найденная по градуировочному графику, мкг/см³;

500 — общий объем разбавленного рассола, см³;

100 — объем разбавленного фильтрата используемый для цветной реакции, см³;

100 — коэффициент пересчета в проценты;

25 — количество рассола, отобранный для исследования, см³;

V — объем фильтрата отобранный для проведения цветной реакции, см³;

ρ — плотность рассола, г/см³;

10⁶ — коэффициент перевода мкг в г.

V_1 — объем, до которого доведена навеска анализируемой пробы. Вычисление проводят до пятого десятичного знака. За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений, округленное до четвертого десятичного знака, если удовлетворяются условия приемлемости [24].

2.8. Методы определения содержания хлористого натрия (ГОСТ 9957-2015)

Метод основан на титровании иона хлора, выделенного из мяса, мясных и мясосодержащих продуктов, ионом серебра в нейтральной среде в присутствии калия хромово-кислого в качестве индикатора.

Подготовка пробы

Исследуемые мясные продукты предварительно измельчают с помощью мясорубки дважды ($d=2-3$ мм) и переносят в закрывающуюся стеклянную или пластиковую емкость ($V=200-400$ мл), которую хранят при низких положительных температурах ($t = 4^\circ\text{C}$) максимально 5 суток.

Проведение анализа

Навеску из подготовленной пробы ($m=5$ г) помещают в плоскодонную колбу и добавляют $\text{H}_2\text{O}_{\text{дист}}$ ($V=100$ мл). Затем прогревают на водяной бане в течение 45 минут ($t = 40^\circ\text{C}$).

После охлаждения раствора, его фильтруют и к фильтрату ($V=10$ мл), помещенному в стеклянную плоскодонную колбу добавляют KCrO_2 ($V=0,5$ мл).

Затем проводят титрование с использованием AgNO_3 . Стойкая оранжевая окраска (30 сек) свидетельствует об окончании титрования.

Обработка результатов

Для определения содержания NaCl в мясных продуктах используют следующую формулу:

$$X = \frac{0,00292 \cdot K \cdot V \cdot 100 \cdot 100}{V_1 \cdot m},$$

где 0,00292 — количество NaCl , эквивалентное 1 cm^3 0,05 моль/ dm^3 раствора AgNO_3 , г/ cm^3 ;

K — коэффициент поправки к титру 0,05 моль/ dm^3 раствора AgNO_3 ;

V — объем 0,05 моль/ dm^3 раствора AgNO_3 , израсходованный на титрование анализируемой пробы, cm^3 ;

100 — объем, до которого разбавлена анализируемая проба, cm^3 ;

100 — коэффициент пересчета в проценты;

V_1 — объем фильтрата, взятый для титрования, cm^3 ;

m — масса анализируемой пробы, г.

Вычисление проводят до второго десятичного знака.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных измерений, округленное до первого десятичного знака, если удовлетворяются условия повторяемости (сходимости) [26].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Определение массовой доли белка, жира, влаги и соли с помощью анализатора FoodScan(ГОСТ 34567-2019)

Анализатор «FoodScan™» для мяса – это простой в использовании прибор, который предназначен для серийного анализа на всех этапах производства мясной продукции. Он позволяет проводить проверку входящего сырья и контролировать конечный продукт. С помощью технологии распространения волн ближнего инфракрасного диапазона, которые проникают в образец мяса, этот анализатор обеспечивает точные результаты всего за 50 секунд [1, 2].

Использование данного метода в производстве в лаборатории ЧМПЗ показало эффективность его использования в следующих продуктах: колбаса полукопченая, колбаса вареная, свинина жирная, свинина нежирная, фарш куриный, фарш индейки. С использованием данного метода были получены следующие данные (таблица 1).

Таблица 1 – Массовая доля белка, жира, влаги и соли, %

Наименование продукции	Образцы	Массовая доля, %							
		жир		белок		влага		соль	
		опытный	контрольный	опытный	контрольный	опытный	контрольный	опытный	контрольный
Колбаса полукопченая	А	25,91	не более 28	18,18	не менее 14	52,08	не более 55	1,93	не нормируется
	В	25,07		19,11		51,09		1,55	

	С	24,30		16,07		52,10		1,54
Колбаса вареная	А	23,15	не более 22	14,49	не менее 11	51,75	не более 60	1,79
	В	24,05		14,84		51,29		1,79
	С	24,07		14,49		51,60		1,79
Свинина жирная	А	45,11	не более 50	15,11	не менее 10	55,11	не норми руется	1,07
	В	46,07		14,05		55,12		0,95
	С	45,37		14,76		55,11		1,05
Свинина нежирная	А	9,05	не более 10	18,70	не менее 18	49,08	не норми руется	1,06
	В	7,08		19,89		50,01		1,01
	С	8,98		19,90		49,08		1,00
Фарш куриный	А	14,63	не более 18	12,07	Не менее 12	69,62	не более 75	0,98
	В	17,01		15,50		59,21		1,08
	С	16,07		17,06		74,1		1,05
Фарш индейки	А	15,84	не более 18	14,68	Не менее 12	68,21	не более 70	1,01
	В	10,27		20,02		69,03		1,02
	С	10,48		16,13		70,01		1,00

Отметим, что в *колбасе полукопченой* массовая доля жира, белка, соли и влаги во всех образцах (А, В и С) не превышает контрольных значений. А это значит, что результаты данной продукции проходят значения ГОСТа.

В образцах А и В практически равные значения жира в колбасе, а в образце С его меньше. При анализе массовой доли белка видно, что в образце В больше всего содержится процент белка, а в образцах А и С его меньше в разы. В образцах А и С его больше, чем в образце В. Массовая доля соли не нормируется по данному методу, но мы его так же рассматриваем для дальнейших исследований. В образце А процент соли выше, чем в других образцах.

Массовая доля жира *вареной колбасы* превышает норму во всех образцах (А, В, С). Но самый максимальный процент жира обнаружен в образце С. При анализе массовой доли белка мы видим, что во всех образцах процент белка практически одинаков, но самый максимальный процент белка был обнаружен в образце А и С. Процент влаги практически одинаков во всех образцах. Но самый максимальный процент влаги обнаружен в образце А. Во всех образцах процент соли одинаков.

Отметим, что в *свинине жирной* массовая доля жира, белка, соли и влаги во всех образцах (А, В, С) не превышает контрольных значений. А значит, соответствует ГОСТу.

В образце В процент жира больше, чем в образцах А и С. При анализе массовой доли белка мы видим, что в образце А доля белка больше, чем в образцах В и С. Массовая доля влаги и соли не нормируется по данному методу, но мы его так же рассматриваем для дальнейших исследований. Процент влаги в трех образцах (А, В, С) практически идентичен. При исследовании массовой доли соли было обнаружено, что разница содержания соли в образцах не сильно отличается. Самое большое содержание соли выявлено в образце А, меньше всего процента соли в образце В.

В *свинине нежирной* массовая доля жира и белка во всех образцах (А, В, С) не превышает контрольных значений, что не изменяет ГОСТу.

Максимальное значение массовой доли жира было обнаружено в образце А, а самый минимальный процент жира обнаружен в образце В. Но все эти показатели находятся в пределах нормы. При анализе массовой доли белка видно, что в образцах В и С содержание процента белка практически одинаков и имеет максимальное содержание белка. А образец А имеет минимальное содержание процента белка, по сравнению с другими образцами. Отметим, что процент влаги в образцах А и С одинаков, а в образце В содержание влаги выше, чем в других образцах. Максимальное содержания процента соли обнаружено в образце А, а минимальное содержание соли найдено в образце С.

Массовая доля жира, белка, соли и влаги в *курином фарше* во всех образцах не превышает контрольных значений, что соответствует качеству продукции.

Максимальный процент жира находится в образце В, а минимальное значение было обнаружено в образце А. Но все значения находятся в пределах нормы. При анализе массовой доли белка выявлено, что в образце С находится максимальное содержание белка в продукте. В образце А обнаружено минимальное содержание белка, этот образец находится на границе нормы. При исследовании массовой доли влаги было обнаружено, что во всех образцах содержание влаги очень разнообразно. Самое максимальное содержание влаги обнаружено в образце С, а в образце А влаги содержится немного меньше и самое минимальное содержание влаги выявили в образце В. В образцах В и С содержание соли практически одинаково и этого показателя, больше чем в образце А. Так как обнаружено, что в образце А содержание соли минимально.

Отметим, что в *фарше индейки* массовая доля жира и белка во всех образцах не превышает контрольных значений, а значит, что результаты соответствуют ГОСТу.

В образце А обнаружено максимальное содержания жира в продукции. В образцах В и С значение жира очень низко. Но все же находиться в пределах нормы. Самый низкий показатель массовой доли белка обнаружен в образце А. В образце С содержание белка немного выше, чем в образце А. Самый максимальный процент содержание белка находится в образце В. В образце С процент влаги превышает допустимые значения, это значит, что результат по данному показателю в данном образце выше нормы. Образцы А и В входят в нормируемый предел. В образце А процент влаги ниже, чем в образце В. Во всех трех образцах содержание соли примерно одинаково. Но в образце В обнаружен максимальный процент соли, а в образце С минимальный (таблица 1).

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТ, и может быть использован для анализа, таких показателей как, массовая доля жира, белка и влаги. Но для определения массовой доли соли данный метод можно считать второстепенным. Для более достоверных данных стоит подобрать другой, более точный метод исследования.

3.2. Определение массовой доли костных включений гравиметрическим методом (ГОСТР 52417- 2005)

Механическая обвалка — это неотъемлемая часть процесса промышленной обработки мяса. Она играет важную роль в рациональном использовании сырья и производстве высококачественных пищевых продуктов. Благодаря этой технологии, мясо подвергается механической обработке, которая позволяет удалить излишки жира, сухожилий и костей, а также размягчить его структуру. Это делает мясо более нежным и сочным, а также улучшает его вкусовые качества. Кроме того, механическая обвалка позволяет получить более равномерные куски мяса, что упрощает его дальнейшую обработку и упаковку [28, 41].

С использованием данного метода были получены следующие данные (таблица 2).

Отметим, что в *свинине жирной* в образцах В и С содержание костных остатков превышает нормируемый предел. Это значит, что поставщик нарушил ГОСТ, ведь массовая доля костных остатков в данной продукции не должен превышать 0,3%. В образце А процентное содержание костных остатков в норме.

Таблица 2 – Определение массовой доли костных включений, %

Наименование продукции	Образцы	Массовая доля костных включений	Нормируемый предел
Свинина жирная	А	0,21	не более 0,3
	В	0,31	
	С	0,33	
Фарш куриный	А	0,41	не более 0,4
	В	0,38	
	С	0,35	
Фарш индейки	А	0,51	не более 0,6
	В	0,60	
	С	0,62	

В *фарше курином* в образце А содержание костных остатков так же превышает нормируемый предел. Это значит, что поставщик нарушил ГОСТ, ведь массовая доля костных остатков в курином фарше не должна превышать 0,4 %. В образцах В и С процентное содержание костных остатков в норме. В образце С костных остатков меньше, чем в образце В.

В *фарше индейки* в образце С содержание костных остатков превышает нормируемый предел. Следует отметить, что по ГОСТу массовая доля костных остатков в фарше индейки не должен превышать 0,6 %. В образце В процент массовой доли костных остатков находится на границы нормы. Это

значит, что сырье не совсем подходит для продажи. В образце А процентное содержание костных остатков в норме.

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТа, и может быть использован для анализа, такого показателя как, массовая доля костных остатков. Главное в данном методе готовить свежие реактивы, следить за сроком годности уже готовых реактивов, а также обязательно нужно проводить калибровку весов для достоверности данных, так же нужно периодически сверять и проверять сушильный шкаф, чтобы он правильно показывал температуру, так как это важно для метода. И, самое главное, нужно четко следовать инструкциям, которые указаны в ГОСТ.

3.3. Определение температуры плавления животных жиров (ГОСТ8285-91)

Температура плавления играет важную роль в определении качества и усвояемости жиров. Различные жиры имеют разную пищевую ценность и в значительной степени зависят от способности организма усваивать их. Эта способность, в свою очередь, зависит от температуры плавления жира. Жиры с низкой температурой плавления, не превышающей 37°C (температуры человеческого тела), обладают способностью быстро и полно эмульгироваться в организме, что позволяет им легко усваиваться [30].

С использованием данного метода были получены следующие данные. (таблица 3).

У *шпика свиного бокового*, как видно из таблицы, все образцы проходят нормированный предел. Это значит, что сырье хорошего качества и может быть использовано в процессе производства. Самая высокая температура плавления обнаружена в образце С. В образцах А и В небольшая разница в температуре плавления, и она ниже, чем в образце С. Все образцы по *шпику свиному хребтовому* так же проходят нормированный предел. Это значит, что сырье хорошего качества и может быть использовано в процессе

производства. Самая высокая температура плавления обнаружена в образце А. В образце В температуре плавления ниже, чем в образце С.

Таблица 3 – Температура плавления животных жиров, °С

Наименование продукции	Образцы	Результаты, в °С	Нормируемый предел, в °С
Шпик свиной боковой	А	26,1	не ниже 25
	В	26,0	
	С	28,1	
Шпик свиной хребтовой	А	29,1	не ниже 27
	В	27,8	
	С	28,0	

Данный метод не может удовлетворять требованиям ГОСТ. Так как зависит от человеческого фактора и поэтому есть большая вероятность в погрешности при интерпретации результата. То есть, когда мы измеряем температуру, то лаборант должен внимательно следить за движением в термометре. И чаще всего человеческий глаз не успевает сразу заметить движение в термометре и из-за этого может быть небольшая погрешность.

Вообще, есть специальное оборудование, которое само измеряет температуру. Это усовершенствованный вариант измерения температуры плавления.

3.4. Определение свежести мясной продукции реактивом Нesslerа (ГОСТ Р 51944-2002)

Реактив Нesslerа — это химическое вещество, которое широко используется в различных областях науки и промышленности. Одним из его

основных применений является использование в тонкослойной и бумажной хроматографии для обнаружения гидроксиаминокислот. Это позволяет проводить точный анализ различных образцов и определять наличие указанных веществ [38] (рисунок 1).

У *шпика свиного хребтового* все образцы, кроме образца В, являются свежей продукцией. Только образец В является мясом сомнительной свежести. Отметим, что у *шпика свиного бокового* все образцы, кроме образца С, являются свежим мясом.

Только образец С является мясом сомнительной свежести.

Следующее, что мы рассмотрим, это результат по продукции – *свинина жирная*. Как видно из рисунка 1 все образцы, кроме образца С, являются свежим мясом. Только образец С является мясом сомнительной свежести.

Все образцы по *свинине нежирной* являются свежим мясом.

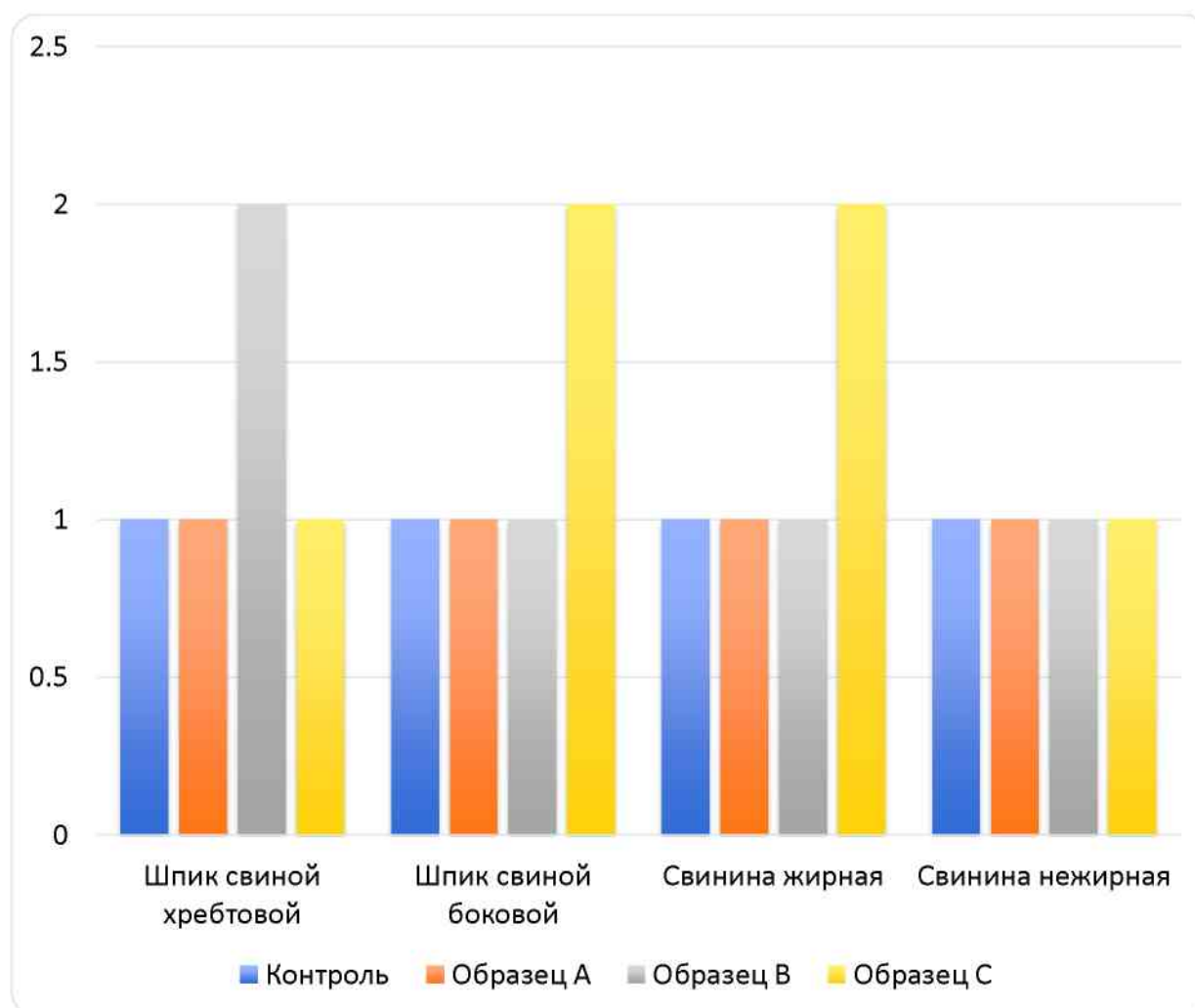


Рисунок 1. Результаты свежести продукции, полученные с помощью реактива Несслера

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТ, и может быть использован для анализа, такого показателя как, свежесть мясной продукции.

Согласно литературным данным при взаимодействии с реактивом Несслера свежего мяса, получаемая вытяжка прозрачная с легким зеленовато-желтым цветом.

Если вытяжка имеет яркий желтый цвет с оранжевым оттенком, то исследуемый продукт не является свежим. При отстаивании вытяжки (до 20 мин) может происходить помутнение и выпадение осадка. При таких результатах продукт не проходит контроль качества, не может быть использован в производстве, так как является несвежим.

3.5. Исследование качества продукции методом определения кислотного числа (ГОСТ Р 55480-2013)

Кислотное число является важным показателем для определения качества и состояния органических соединений, таких как жирные кислоты. Оно выражает количество гидроксида калия, необходимое для нейтрализации всех кислых компонентов, содержащихся в 1 г исследуемого вещества. Это число также может быть использовано для измерения гидролиза липидов в пищевых продуктах, так как количество свободных кислот в природных жирах обычно незначительно, но может увеличиваться при хранении и окислении [12].

Результаты исследования представлены в таблица 4.

В колбасе полукопченой все образцы, кроме образца В проходят нормируемый предел. Только в образце В содержание кислотного числа превышает норму.

В колбасе вареной образец С не проходит нормируемый предел. А образец А находится на грани нормируемого значения, но все же считается,

что показатель кислотного числа в данном образце находится в норме. В образце В самый лучший показатель, по сравнению с другими образцами.

Таблица 4 – Результаты исследований по показателю кислотного числа, в мгКОН/г

Наименование продукции	Образцы	Результаты, мг КОН/г	Нормируемый предел
Колбаса полукопченая	А	2,1	не более 2,2
	В	2,5	
	С	1,9	
Колбаса вареная	А	2,2	
	В	1,8	
	С	2,3	

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТ, и может быть использован для анализа, такого показателя как, кислотное число. Главное в данном методе готовить свежие реактивы, следить за сроком годности уже готовых реактивов, а также обязательно нужно проводить калибровку весов для достоверности данных, а также очень внимательно относиться к титрованию раствора, ведь если хотя бы на одну каплю больше добавить, то нужно будет переделывать анализ. И самое главное нужно четко следовать инструкциям, которые указаны в ГОСТ.

3.6. Изучение качества пищевых жиров методом определения перекисного числа (ГОСТ 34118-2017)

Перекисное число – это один из гигиенических показателей определяющих качество пищевых жиров. Определяется, как физическая величина, равная количеству израсходованного раствора тиосульфата натрия, на реакцию взаимодействия с перекисями, которые содержатся в жире или масле [22].

С использованием данного метода были получены следующие данные (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты исследований по показателю перекисного числа, % йода

Наименование продукции	Образцы	Результаты, % йода	Нормируемый предел
Колбаса полукопченая	А	0,01	не более 0,03
	В	0,05	
	С	0,03	
Колбаса вареная	А	0,03	
	В	0,03	
	С	0,02	

В колбасе полукопченой образец В не проходит нормируемый предел. А образец С находится на грани нормируемого значения, но все же считается, что показатель перекисного числа в данном образце находится в норме. В образце А самый лучший показатель, по сравнению с другими образцами.

В колбасе вареной образцы А и В находятся на грани нормируемого предела. Самый лучший результат данного исследования обнаружен в образце С.

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТ, и может быть использован для анализа, такого показателя как, перекисное число. Главное в данном методе готовить свежие реактивы, следить за сроком годности уже готовых реактивов.

3.7. Определение нитритов (ГОСТ 8558.1-2015)

Нитритная соль – это особая смесь, состоящая из нитрита натрия и пищевой соли, которая используется в производстве мясных продуктов.

В колбасном производстве нитритная соль применяется в сухом виде: при предварительном посоле мяса или при приготовлении фарша / куттеровании [36]. С использованием данного метода были получены следующие данные (таблица 6).

Таблица 6 – Результаты исследований по показателю содержание нитритов в продукции, %

Наименование продукции	Образцы	Результаты, %	Нормируемый предел
Колбаса полукопченая	А	0,005	не более 0,005
	В	0,004	
	С	0,003	
Колбаса вареная	А	0,003	
	В	0,003	
	С	0,002	
Фарш куриный	А	0,005	

Фарш индейки	В	0,001	
	С	0,002	
	А	0,004	
	В	0,004	
	С	0,003	

В колбасе полукопченой все образцы проходят нормируемый предел. Но образец А находится на грани нормируемого значения, но все же считается, что содержание нитритов в данном образце находится в норме. В образце В процентное содержание нитритов выше, чем в образце С.

В колбасе вареной все образцы проходят нормируемый предел. В образцах А и В содержание нитритов одинаково, а в образце С оно ниже.

Отметим, что в фарше курином все образцы проходят нормируемый предел. Но образец А находится на границе нормированного предела. Это не совсем хорошо. В образце С содержание нитритов выше, чем в образце В.

В фарше индейки все образцы проходят нормируемый предел. В образцах А и В процентное содержание нитритов одинаково. В образце С содержание нитритов ниже, чем во всех остальных образцов.

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТ, и может быть использован для анализа, такого показателя как, нитриты.

3.8. Методы определения содержания хлористого натрия (ГОСТ 9957-2015). Метод Мора

Хлорид натрия имеет товарное название поваренная соль, порой также употребляются названия пищевая, столовая, а также уточнение названия в зависимости от её происхождения — каменная, морская, и по составу добавок — йодированная, фторированная и т. д.

С использованием данного метода были получены следующие данные (таблица 7).

В колбасе полукопченой все образцы проходят нормируемый предел. В образце В процентное содержание хлористого натрия выше, чем в образце А и С. А в образце С содержание хлористого натрия выше, чем в образце А. Следовательно в образце А содержание хлористого натрия ниже всего.

Все образцы колбасы вареной проходят нормируемый предел. В образцах А и В содержание натрия практически одинаково, а в образце С оно ниже.

Таблица 7 – Результаты исследований по показателю содержание хлористого натрия, %

Наименование продукции	Образцы	Результаты, %	Нормируемый предел
Колбаса полукопченая	А	3,2	от 0,1 до 3,5 включ.
	В	3,4	
	С	3,3	
Колбаса вареная	А	2,3	
	В	2,2	
	С	1,8	
Фарш куриный	А	2,5	
	В	2,1	
	С	2,2	
Фарш индейки	А	1,8	
	В	1,9	

	С	2,0	
--	---	-----	--

В *фарше курином* все образцы проходят нормируемый предел. Практически во всех образцах содержание хлористого натрия одинаково. Но в образце А содержание натрия выше, чем в других образцах. А в образце В содержание натрия ниже всего.

Отметим, что в *фарше индейки* все образцы проходят нормируемый предел. В образцах А и В процентное содержание натрия практически одинаково. В образце С содержание натрия выше, чем во всех остальных образцах.

В целом, данный метод удовлетворяет требования ГОСТ, и может быть использован для данного анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биохимические методы анализа – это совокупность методов, применяемых для количественного и качественного определения неорганических и органических веществ в биологических объектах. Уникальность биохимических методов заключается в использовании биологических компонентов, таких как ферменты, антитела и другие компоненты, которые обеспечивают высокую специфичность и чувствительность. Биохимические методы используются в различных областях, таких как, сельское хозяйство, в медицинских исследованиях, в судебно-криминалистических анализах, в пищевой промышленности и тд.

Технохимическому контролю отведена большая роль в современном производстве и в управлении качеством продукции. От совершенства контроля качества и от его технического оснащения зависит эффективность всего производства и качество выпускаемой продукции. В процессе контроля происходит сопоставление достигнутых результатов в области качества с запланированным, либо оцениваются по нескольким параметрам, каждый из которых оценивается и сравнивается с утвержденными нормами (ГОСТ и/или ТУ). С помощью современных систем управления пищевой безопасностью (например, HACCP, ISO 22000, FSCC 22000 и др.) при минимальных затратах можно достичь стабильно высоких показателей безопасности и уровня качества продукции [14].

В исследование использовались следующие методы: спектрофотометрия, хроматография, титрование, гравиметрический метод и методы осаждения. Которые позволили определить:

1. Массовую долю белка, жира, влаги и соли с помощью анализатора FoodScan (ГОСТ 34567-2019);
2. Массовую долю костных включений (ГОСТР 52417- 2005);
3. Температуру плавления животных жиров (ГОСТ8285-91);

4. Свежести мясной продукции реактивом Несслера (ГОСТ Р 51944-2002);
5. Кислотное число (ГОСТ Р 55480-2013);
6. Перекисное число (ГОСТ 34118-2017);
7. Нитриты (ГОСТ 8558.1-2015);
8. Содержания хлористого натрия (ГОСТ 9957-2015).

Таким образом, использование биохимических методов позволяет качественно и точно изучить мясную продукцию. Но следует отметить, что метод определения температуры плавления, не совсем подходит для точного определения качества продукции. Так как данный метод зависит от человеческого фактора и поэтому есть большая вероятность в погрешности при интерпретации результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Анализатор мяса FoodScan [Электронный ресурс]: URL: https://granat-e.ru/analyzer_foodscan_2.html (Дата обращения: 08.11.2023)..
2. Анализатор мяса FoodScan [Электронный ресурс]: URL: <https://sovlat.ru/catalog/analizator-masa-foodscan> (Дата обращения: 08.11.2023)..
3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы / ред: Р. Кельнер Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмер. Том 2. М: МИР, 2004, 625 С. ISBN 5-03-003599-1, ISBN 3-527- 28881-3.
4. Аналитическая химия. Проблемы и подходы /ред: Р. Кельнер Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмер. Том 1. М: МИР, 2004. 608 с. ISBN 5-03-003560-5, ISBN 3-527- 28881-3.
5. Биохимические исследования мяса [Электронный ресурс]: URL: https://vuzlit.com/1287180/biohimicheskie_issledovaniya_myasa (Дата обращения: 08.11.2023).
6. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. / Б. Глик, Дж. Пастернак. М.: Мир, 2002.
7. Димитриев, А.Д. Биохимия: учебное пособие / А.Д. Димитриев, Е.Д. Амбросьева. М.: Дашков и К, 2013. 168 с. ISBN 978-5-394-01790-2 // Доступ с сайта научной библиотеки СГАУ – ЭБС IPRbooks.
8. ЖИРЫ ЖИВОТНЫЕ ТОПЛЕННЫЕ: гост 8285-91 / Москва Стандартиформ. Москва, 2005. 13 с.
9. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. Основы аналитической химии: учебник; в 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа. ред. Ю. А. Золотов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВШ, 2000. 494 с. ISBN 5-06-003559-X.
10. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии: в 2 т. Т. 1 / ред. Ю. А. Золотов. 4-е изд., доп. и перераб. М.: Академия, 2010. 384 с. ISBN 978-5-7695-5821-4.
11. Ищенко А.А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: в 2 т. М.: Академия, 2012.

12. Кислотное число [Электронный ресурс]: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (Дата обращения: 08.11.2023).
13. Комплексное оснащение медицинских учреждений, государственных и научных лабораторий [Электронный ресурс]: жир ГОСТ 23042-86, влага ГОСТ Р 51479-99, белок ГОСТ 25011-81. Методика измерений аттестованная ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова».
14. Контроль качества продуктов питания [Электронный ресурс]: URL: <https://www.iksystems.ru/info/articles> (Дата обращения: 08.11.2023).
15. Костные включения в мясе механической обвалки [Электронный ресурс]: <https://stavmvl.ru/news/2405> (Дата обращения: 08.11.2023).
16. Крешков А.П., Основы аналитической химии, 3 изд., т. 2, М., 1971.
17. Кристиан Г. Аналитическая химия: в 2 т. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012.
18. Лабораторное исследование мяса [Электронный ресурс]: URL: <https://vet.cap.ru/news/2012/03/12/laboratornoe-issledovanie-myasa-pri-vinuzhdennom> (Дата обращения: 08.11.2023)..
19. Лабораторное исследование мяса и мясных продуктов [Электронный ресурс]: URL: <https://sudact.ru/law/pravila-veterinarnogo-osmotra-uboinykh-zhivotnykh-i-veterinarno-sanitarnoi/pravila/10/> (Дата обращения: 08.11.2023).
20. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М: «Бином», 2003, 493 С. ISBN 5-94774-052-4.
21. Метод определения влаги, жира, белка, хлористого натрия и золы с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области: гост 34567 — 2019 / Москва Стандартиформ. Москва, 2019. 13 с.
22. Метод определения перекисного числа: гост 34118— 2017 / Москва Стандартиформ. Москва, 2017. 12 с.
23. Методы определения массовой доли костных включений и кальция: гост р 52417- 2005 / Москва Стандартиформ. Москва, 2005. 12 с.

24. Методы определения нитрита: гост 8558.1-2015 / Москва Стандартиформ. Москва, 2015. 12 с.
25. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы: гост р 51944-2002 / Москва Стандартиформ. Москва, 2008. 8 с.
26. Методы определения содержания хлористого натрия: гост 9957-2015 / Москва Стандартиформ. Москва, 2015. 12 с.
27. Мясо и мясные продукты. Метод определения кислотного числа: гост р 55480-2013 / Москва Стандартиформ. Москва, 2013. 8 с.
28. Мясо механической обвалки [Электронный ресурс]: URL: <https://4nax.ru/text-articles/myaso-mehanicheskoy-obvalki> (Дата обращения: 08.11.2023).
29. МЯСО ПТИЦЫ, СУБПРОДУКТЫ И ПОЛУФАБРИКАТЫ ИЗ МЯСА ПТИЦЫ: гост 31467— 2012 / Москва Стандартиформ. Москва, 2019. 15 с.
30. Определение температуры плавления животных жиров [Электронный ресурс]: URL: https://www.intertech-corp.ru/docs/TA_articles/lard.html (Дата обращения: 08.11.2023).
31. Органолептическая оценка мясных продуктов [Электронный ресурс]: URL: <https://studref.com/491877/tovarovedenie/organolepticheskaya> (Дата обращения: 08.11.2023).
32. Органолептическая оценка свежести мяса [Электронный ресурс]: URL: <https://studme.org/404661/tovarovedenie/organolepticheskaya> (Дата обращения: 08.11.2023).
33. Отто М. Современные методы аналитической химии. М.: Техносфера, 2008. 544 с.
34. Позняковский, В. М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.М. Позняковский. Электрон.текстовые данные. Саратов: Вузовское образование, 2014. 527 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4167> — ЭБС «IPRbooks».

35. Позняковский, В. М. Экспертиза мяса птицы, яиц и продуктов их переработки. Качество и безопасность [Электронный ресурс]: учебное пособие/В.М. Позняковский, О.А. Рязанова, К.Я.Мотовилов. Электрон.текстовые данные. Саратов: Вузовское образование, 2014. 219 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4168>. ЭБС «IPRbooks».
36. Применение нитритной соли в технологии мясных продуктов [Электронный ресурс]: URL: <https://alma-veko.com.ua/ru/prymeneniye-nytrytnoi-soly-v-tekhnolohyy-miasnykh-produktov> (Дата обращения: 08.11.2023).
37. Реактив несслера - основные свойства и применение [Электронный ресурс]: URL: https://lenreactiv.ru/poleznaya_informaciya/reaktiv_nesslera_osnovnye_svojstva_i_primenenie/ (Дата обращения: 08.11.2023).
38. Реактив Несслера [Электронный ресурс]: URL: <https://pcgroup.ru/blog/reaktiv-nesslera-ochen-vazhnyj-dlya-analiticheskoy-himii/> (Дата обращения: 08.11.2023).
39. Салаватулина, Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве. 2-е изд. СПб.: ГИОРД, 2005. 248 с.: ил.
40. Спектрофотометрическое исследование [Электронный ресурс]: URL: <https://vistaros.ru/stati/analizatory/vozmozhnosti-spektrofotometricheskogo-titrovaniya.html> (Дата обращения: 08.11.2023).
41. Сэмс, Р. А. Переработка мяса птицы / Под ред. Алана Р. Сэмса; пер. с англ., под науч. ред. В. В.Гущина. СПб.: Профессия, 2007. 432 с., ил.
42. Титриметрический анализ [Электронный ресурс]: URL: <https://ru.wikipedia.org> (Дата обращения: 08.11.2023).
43. Что такое титрование? [Электронный ресурс]: URL: https://www.mt.com/ru/ru/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Application_fam_browse_main/titration-explained.html (Дата обращения: 08.11.2023).

44. Щербаков, В.Г. Биохимия: учебник / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудникова. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: ГИОРД, 2009. 472 с. ISBN 5-98879-008-9.

45. Экспертиза мяса и мясных продуктов : учеб.пособие / В. И. Хлебников; И.А. Жебелева, В.И. Криштафович. 2-е изд. М. : Дашков и К, 2006. 112 с.