

ДРОЗД АЛЕКСАНДР ВАЛЕНТИНОВИЧ

**Ветеринарно-санитарная экспертиза и методы идентификации
термического состояния мяса птицы**

06.02.05 – ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и
ветеринарно-санитарная экспертиза

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата ветеринарных наук

Работа выполнена на кафедре ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Научный руководитель: Орлова Диана Александровна
кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Официальные оппоненты: Абдуллаева Асият Мухтаровна
доктор биологических наук, доцент профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»;

Юсупова Галия Расыховна
доктор биологических наук, доцент профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана».

Ведущая организация: «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук.

Защита диссертации состоится «12» мая 2022 г. в 11.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 220.059.04 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» по адресу: 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5, тел/факс: 8(812) 388-36-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» и на официальном сайте: [https:// www.spbguvm.ru](https://www.spbguvm.ru).

Автореферат размещен на сайтах: ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ: <https://vak.minobrnauki.gov.ru> «03» марта 2022 г. и ФГБОУ ВО СПбГУВМ: <http://www.spbguvm.ru> «03» марта 2022 г.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ Орлова Диана Александровна

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Российский рынок мяса индейки считается самым быстро растущим (Кордович, 2016, Зимняков, 2017, Царева, 2018, Гайдаенко, 2020, Давлеев, 2020). Мясо является скоропортящимся продуктом и сохраняет высокие пищевые свойства благодаря низкотемпературной обработке, приближенной к 0°C, при этом не нарушаются структуры тканей и значительно снижается уровень развития микроорганизмов, вызывающих порчу сырья (Benli, 2016, Маковеев, 2016, Козак, 2018, Абдуллаева, 2017, 2019, Cai, 2019). Для более длительного хранения ценного мясного сырья рационально использовать замораживание мяса, однако при воздействии минусовых температур свободная вода в мышечных клетках кристаллизуется, что при дефростации приводит к механическому повреждению мышечных волокон. В результате разрушения мышечных клеток часть питательных веществ теряется из продукта, и пищевая ценность мяса снижается (Хвыля, 2012, 2016, Mazzoni, 2015, Момчилова, 2016, Sansawat, 2017, Донкова, 2018, Strateva, 2019, Orlova, 2020).

В связи с выявлением случаев фальсификации охлажденной продукции, то есть подмены на дефростированную, проводится оценка термического состояния мяса органолептическими методами (Kaewthong, 2019, Orlova, 2019, 2020), гистологическим методом по структуре мышечной ткани и целостности мышечных волокон (Buche, 1997, Белоусов, 2009, Бурлакова, 2009, Хвыля, 2011, 2012, 2016, Laghi, 2016, Orlova, 2020), а также методами инфракрасной и флуоресцентной спектроскопии (Soglia, 2019), что затруднительно в реальных условиях обращения мяса.

Следует также отметить высокую роль и необходимость контроля за качеством и безопасностью реализуемого мяса индейки (Carrasco, 2012, Bolton, 2014, Балджи, 2019, Cai, 2019, Козак, 2016, 2021). Для обеспечения безопасности и качества мяса и мясopодуктов требуются большие экономические затраты в виде материальных ресурсов и подготовки кадров, пренебрежение которыми ставит под угрозу жизнь и здоровье человека, что ведет к еще большим потерям на рынке в виде бесконтрольного сбыва некачественного продовольствия (Galarz, 2010, Абдуллаева, 2017, Киселева, 2017, Ребезов, 2019, Шарафутдинов, 2020, Kalyuzhnaya, 2020).

Степень разработанности темы. Поставленная проблема по идентификации термического состояния мяса недостаточно изучена, существующие методы исследования являются субъективными или дорогостоящими (Buche, 1997, Белоусов, 2009, Бурлакова, 2009, Хвыля, 2012, 2016, Soglia, Laghi, 2016, 2019).

Методы органолептических исследований легко выполнимы, но малоэффективны в выявлении размороженного мясного сырья и позволяют косвенно судить о термическом состоянии продукта. Гистологический метод позволяет достоверно устанавливать предшествующую низкотемпературную обработку и дать заключение о термическом состоянии продукта, однако

длительность исследования и необходимость в специальных навыках и оборудовании затрудняют его применение при осуществлении контроля находящейся в обороте мясной продукции (Sen, 2004, Хвыля, 2011, 2012, Зубаирова, 2013, Mazzoni, 2015, Момчилова, 2016, Донкова, 2018).

Для обеспечения выпуска в реализацию доброкачественного охлажденного мяса индейки и исключения подмены охлажденного мяса дефростированным, а также в рамках контроля импорта, необходим быстрый, эффективный и легко воспроизводимый метод, позволяющий в кратчайшие сроки в производственных условиях осуществлять оценку термического состояния мяса, и, в первую очередь, устанавливать признаки однократной или многократной дефростации (Орлова, 2019, 2020, Tokarev, 2019).

Цель и задачи исследований. Цель исследования – обосновать метод идентификации термического состояния мяса индейки по показателям морфологического строения, доброкачественности и биологической безопасности.

Исходя из цели исследования, нами был предопределен ряд **задач**:

1) изучить влияние низкотемпературной обработки на показатели доброкачественности, безопасности и пищевую ценность мяса индеек в сравнительном аспекте;

2) разработать оптимальный механизм изготовления нативных препаратов мяса индейки для установления структурных изменений в мышечной ткани в результате дефростации;

3) установить идентификационные характеристики мяса индейки в различных термических состояниях.

Научная новизна. Впервые предложен метод изготовления нативных препаратов мяса индеек, окрашенных гематоксилин-эозином, позволяющий в кратчайшие сроки, а именно – исследование занимает не более 20 минут, оценить термическое состояние мяса и выявить признаки дефростации, что позволит установить факт фальсификации охлажденного мяса замороженным. В соответствии с вышеописанным методом получен Патент на изобретение RU 2714044 C1, 11.02.2020 «Метод изготовления микропрепаратов». Впервые установлены морфологические характеристики структурных изменений мышечной ткани в нативных препаратах, позволяющие идентифицировать охлажденную и дефростированную мясную продукцию.

Впервые установлена динамика органолептических, физико-химических, микробиологических и гистологических показателей мяса в различных термических состояниях.

Теоретическая и практическая значимость работы. Рассмотрены фундаментальные научно-теоретические основы ветеринарно-санитарной экспертизы мяса индеек в различных термических состояниях в сравнительном аспекте. По результатам исследований доказана практическая значимость идентификации термического состояния мяса, основанная на отрицательной динамике показателей доброкачественности, биологической безопасности и пищевой ценности при однократной и многократной низкотемпературной

обработке мяса индеек. Предложенный метод микроскопии нативных препаратов позволяет устанавливать термическое состояние мяса индеек быстро, не требует специального оборудования и доступен в условиях реального обращения мясной продукции.

Методология и методы исследований. Методологические подходы в решении поставленных задач основаны на влиянии низкотемпературной обработки мяса индеек на его структуру и показатели доброкачественности, биологической безопасности и пищевой ценности. При проведении исследований использовался комплексный методологический подход, включающий в себя органолептические, физико-химические, микроскопические, гистологические, спектрометрические и статистические методы. Помимо общепринятых методов разработан компрессорный метод изготовления нативных препаратов мяса, окрашенных гематоксилин-эозином, микроскопия которых позволяет устанавливать термическое состояние исследуемых образцов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Однократная и многократная дефростация мяса индеек приводит к отрицательной динамике его органолептических и физико-химических показателей доброкачественности.

2. В повторно дефростированном мясе индейки достоверно снижаются показатели пищевой ценности: содержание жира и белка.

3. При низкотемпературной обработке мяса индейки значительно возрастает показатель общей микробной обсемененности.

4. Деструктивные изменения мышечной ткани индеек напрямую зависят от термического состояния мяса.

5. Разработан метод изготовления нативных препаратов мяса.

6. Структура мышечной ткани, разрывы и утолщения мышечных волокон определены как идентификационные характеристики охлажденного, дефростированного и повторно дефростированного мяса индеек в нативных препаратах.

Степень достоверности и апробация работы. Научно-исследовательская работа выполнена на значительном количестве объектов исследования – 128 образцов мяса индейки, включающие тушки и части тушек. Определена степень достоверности и статистическая значимость полученных результатов путем расчета критерия Стьюдента ($p < 0,05$).

Результаты, описанные в научной работе, были представлены и обсуждены на Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны» (Санкт-Петербург, 2019, 2020 годы), 75-ой юбилейной международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной, объявленному в 2021 году президентом РФ Путиным В.В., году науки и технологий (Санкт-Петербург, 2021 год), во Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Минсельхоза России в номинации

«Ветеринарные науки» (2020 год), где получила диплом за третье место, и на Международной научно-практической конференции «Ветеринарно-санитарная безопасность продовольствия – основа здоровья человека» (в рамках Глобального Продовольственного форума, 2021 год). По теме диссертации выигран конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными, в период обучения в аспирантуре при поддержке РФФИ, договор № 19-316-90022.

Полученные и описанные результаты выполненной работы были внедрены в учебный процесс кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»; кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, анатомии и патанатомии имени С. Н. Никольского ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», кафедры морфологии, микробиологии, фармакологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Вятский государственный аграрный университет».

Личный вклад. Диссертационная работа составляет результаты исследований автора за период с 2018-2021 гг. Им самостоятельно была поставлена цель исследования, определены основные задачи, спланирована и реализована экспериментальная составляющая научной работы по динамике качественных и количественных характеристик мяса индеек при холодильной обработке, самостоятельно проведен анализ полученных результатов, а также их обобщение, написаны статьи, подготовлены презентации и доклады к выступлениям на конференциях. В статьях, опубликованных совместно с соавторами, нет возражения использования материалов в работе. Доля участия соискателя составляет 90 %.

Публикация результатов исследований.

Полученные результаты исследования были опубликованы в 9 научных работах, в том числе 3 в журналах, рекомендуемых Перечнем ВАК Минобрнауки России и входящих в Russian Science Citation Index, а также в 4 научных статьях в периодических изданиях, входящих в международные базы цитирования «Web of Science» и «Scopus», 2 – в региональной печати, получен 1 патент на изобретение.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из таких разделов, как введение, обзор литературы, собственные исследования, обсуждение полученных результатов, заключение и список используемой литературы. Диссертация изложена на 135 страницах печатного текста. В работе представлены 62 рисунка, 17 таблиц, 1 формула, список литературы (включает в себя 153 литературный источник, 53 из которых – иностранные).

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90022.

2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Материалы и методы исследования

Научно-исследовательская работа выполнена на базе кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» в период с 2018 по 2021 год. Материалом для исследования послужили охлажденные части тушек индейки (крыло, бедро, голень, грудки – 128 штук). Из них бедро – 26 шт., крыло – 31 шт., голень – 18 шт., грудка – 53 шт.

Исследования проводились в три этапа. На первом этапе исследовали охлажденное мясо индейки с помощью органолептических, физико-химических, микроскопических, спектрометрических, гистологических методов, микроскопии нативных препаратов мышечной ткани, окрашенных гематоксилин-эозином, осуществляли микроскопию мазков-отпечатков, изготовленных из глубоких слоев мышечной ткани и окрашенные по Граму, проводили оценку биологической безопасности мяса птицы по показателям общей микробной обсемененности (КМАФАнМ), наличию бактерий группы кишечной палочки, бактерий рода *Salmonella*, *L. Monocytogenes* в соответствии в действующим нормативными документами на методы анализа.

После комплексной экспертизы охлажденного мяса индейки замораживали образцы при температуре -12°C и относительной влажности воздуха 80–85 % в течение 30 суток. По истечении времени продукт размораживали в холодильной камере при температуре $+2 \dots +4^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 80–85 % в течение 12 часов.

Для дальнейшего изучения динамики изменений в мясе индеек мы вновь замораживали его при тех же условиях, и аналогичным способом осуществляли комплексную экспертизу повторно дефростированного мяса.

2.2 Результаты исследований

2.2.1 Результаты органолептических исследований

Все образцы мяса по внешнему виду соответствовали данному виду мяса, имели естественный цвет от бело-розового у мяса птицы до розового. На поверхности отмечали выраженную корочку подсыхания (в образцах без кожи), признаков ослизнения, гниения и других микробиологических и ферментативных процессов порчи выявлено не было, на разрезе мяса установили умеренную увлажненность. Образовавшаяся при надавливании на поверхность мяса ямка выравнивалась быстро, консистенция упругая. Запах мяса оценили как специфический, свойственный данному виду мяса. Жир при растирании между пальцами мягкий, белого цвета с желтоватым оттенком, запах специфический. Бульон при постановке пробы варкой – прозрачный, со специфическим мясным запахом, с крупными каплями жира на поверхности.

На втором этапе эксперимента, при исследовании дефростированных образцов, поверхность мяса была влажной, без наложений, слизи, бледно-розового цвета, процессов порчи не было выявлено, запах специфический,

свойственный данному виду продукта как снаружи, так и на разрезе. Определяя упругость мяса индейки, надавливая на поверхность, ямка быстро выпрямлялась, т. е. консистенция упругая и соответствует свежему продукту. Растирая кусочки жира между пальцами, определяли его консистенцию, запах. Визуально жир светло-желтого цвета, упругой консистенции, со специфическим запахом. Пробой варки были выявлены крупные капли на поверхности бульона, он был прозрачный, без хлопьев, осадка и с приятным мясным ароматом.

Повторно дефростированное мясо индейки при проведении органолептических исследований отличалось снижением качественных показателей. При внешнем осмотре продукта мы наблюдали влажную поверхность, на ней отсутствовала корочка подсыхания, запах слабо выражен. Осуществляя несквозной разрез мяса индейки, лезвие ножа становилось влажным. Запах слабо выражен, специфический. При надавливании шпателем на поверхность продукта ямка медленно выпрямлялась, что говорит нам о слабо выраженной упругости, и соответствует дряблой консистенции. При постановке пробы варки в бульоне были обнаружены хлопья, выпадающие в осадок, запах паров слабо выражен, специфический.

2.2.2 Результаты физико-химических исследований

В дефростированном и повторно дефростированном мясе проводили определения массовой доли выделившейся влаги после низкотемпературной обработки. Было установлено, что наибольшая потеря влаги при однократной дефростации отмечалась в мясе крыла и голени – $3,6 \pm 0,05$ % и $3,58 \pm 0,03$ % соответственно, наименьшие потери приходились на филе грудки – $2,84 \pm 0,01$ %. Достоверно изменялись показатели потери влаги при повторной дефростации исследуемых проб. Наивысшее значение устанавливали в мясе крыла $6,12 \pm 0,05$ %, менее в мясе бедра – $5,67 \pm 0,06$ %, грудки – $5,05 \pm 0,03$ % и голени – $4,65 \pm 0,04$ % (таблица 1).

Таблица 1 - Потеря массы мяса индеек при холодильной обработке, %

Часть тушки	Дефростированное мясо индейки	Повторно дефростированное мясо индейки
Бедро	$3,36 \pm 0,04$	$5,67 \pm 0,06^*$
Голень	$3,58 \pm 0,03$	$4,65 \pm 0,04^*$
Грудка	$2,84 \pm 0,01$	$5,05 \pm 0,03^*$
Крыло	$3,6 \pm 0,05$	$6,12 \pm 0,05^*$

* $p < 0,05$

В дефростированном мясе было выделено от 2,84 до 3,6 % влаги и мясного сока в зависимости от части тушки, что соответствует предельно допустимым значениям. Однако в мясе после повторной дефростации данный показатель составлял от 4,65 до 6,12 %, что превышает требования нормативных документов в части потерь влаги и мясного сока при холодильной обработке не более 4 %.

Оценка динамики показателей доброкачественности мяса индеек включала определение в образцах аммиака и солей аммония, количество летучих жирных кислот, перекисного и кислотного числа жира (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты физико-химических исследований

Показатели	Охлажденные образцы индейки	Дефростированные образцы индейки	Повторно дефростированные образцы индейки
Аммиак и соли аммония	отрицательно	отрицательно	следы
Летучие жирные кислоты, мг КОН	3,74 ± 0,05	3,76 ± 0,04	5,55 ± 0,05*
Кислотное число, мг КОН/г	0,26 ± 0,05	0,78 ± 0,04*	1,12 ± 0,04*
Перекисное число, %I ₂	0,006 ± 0,001	0,008 ± 0,001*	0,0165 ± 0,002*

* p < 0,05

Количество щелочи при определении летучих жирных кислот в охлажденном мясе, ушедшей на титрование, было в диапазоне 3,72–3,76, что соответствует норме до 4,5 мг КОН/г. В дефростированном мясе количество щелочи, пошедшей на титрование при определении ЛЖК, составляло 3,76–3,80 мг КОН/г. По результатам исследования повторно дефростированного мяса выявлено, что эти показатели находились в интервалах, свойственных мясу сомнительной свежести и составляли 4,55 - 6,55 мг КОН/г.

Кислотное число в образцах охлажденной продукции варьировалось от 0,23 до 0,28 мг КОН/г, в дефростированном мясе находилось в диапазоне 0,62–0,94 мг, в повторно дефростированном мясе было от 0,67 до 1,32 мг КОН. Значение показателя кислотного числа жира индеек, подвергнутого однократной и многократной дефростации, достоверно увеличивалось. Кислотное число жира дефростированного мяса превышало значение данного показателя в охлажденных образцах на 0,52 или в 3,00 раза, повторно дефростированного – относительно охлажденных проб в 4,03 раза, относительно однократно дефростированных проб – в 1,43 раз. По увеличению значения кислотного числа жира в мясе индеек, подвергнутых охлаждению, однократной или двукратной дефростации можно говорить о прогрессирующем течении процессов гидролиза в жировой составляющей. В совокупности с другими показателями повышенное значение кислотного числа жира дает основания приравнять исследуемое мясо к категории мяса сомнительной свежести.

Выделившееся количество йода в охлажденном жире индейки в граммах при исследовании перекисного числа жира было в интервале 0,004–0,008%I, в дефростированном жире индейки – 0,006–0,010 %I, в повторно дефростированном жире индейки – 0,014–0,019 %I. Прослеживается динамика роста значения перекисного числа жира в мясе индеек в процессе хранения при однократном и двукратном замораживании и дефростации. Перекисное число жира дефростированного мяса на 0,002 превышает значение данного

показателя в охлажденных образцах. Перекисное число жира повторно дефростированного мяса индеек в 2,12 раз выше, чем в дефростированном мясе и в 2,83 раза относительно охлажденных образцов. Тенденция увеличения значения перекисного числа жира в исследуемых образцах мяса индеек при различных способах холодильной обработки объясняется развитием окислительных процессов в жире под воздействием кислорода воздуха в процессе хранения.

2.2.3 Результаты спектрометрических исследований

Количество белков, жиров и влаги в мясе частей тушек индейки измеряли методом ближней инфракрасной спектрометрии на БИК-анализаторе «Инфралюм ФТ-12» в диапазонах длин волн 400-700 нм 850-1100 нм с использованием имеющихся градуировочных зависимостей (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание влаги, белков и жиров в мясе индеек
($M \pm m, n=128$)

Часть тушки	Охлажденное мясо индейки	Дефростированное мясо индейки	Повторно дефростированное мясо индейки
Содержание белка, %			
Бедро	18,7 ± 0,3	18,5 ± 0,4	17,7 ± 0,6
Голень	19,4 ± 0,5	19,2 ± 0,6	17,9 ± 0,3*
Грудка	22,4 ± 0,2	22,3 ± 0,4	21,1 ± 0,5*
Крыло	21,9 ± 0,4	20,4 ± 0,3	19,9 ± 0,7*
Содержание жира, %			
Бедро	4,1 ± 0,1	3,9 ± 0,3	3,6 ± 0,1*
Голень	3,3 ± 0,2	3,2 ± 0,4	2,8 ± 0,3
Грудка	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,2	1,8 ± 0,4
Крыло	2,3 ± 0,2	2,1 ± 0,3	1,9 ± 0,2
Содержание влаги, %			
Бедро	74,5 ± 0,7	74,2 ± 0,5	72,1 ± 0,7*
Голень	74,1 ± 0,4	72,5 ± 0,7*	70,5 ± 0,8*
Грудка	74,4 ± 0,6	74,1 ± 0,3	71,4 ± 0,4*
Крыло	74,8 ± 0,5	74,0 ± 0,5	72,3 ± 0,6*

* $p < 0,05$

Среднее содержание белка в охлажденном мясе индейки составило 20,6 %, при этом наибольшее значение было в грудке и равно 22,4 ± 0,2 %, а наименьшее в бедре – 18,7 ± 0,3 %. Среднее содержание жира в таком мясе составляло 2,9 %, наименьшее количество жира выявлено в грудке 2,2 ± 0,1 %, а наибольшее в бедре – 4,1 ± 0,1 %. По содержанию влаги среднее значение равно 74,5 %, наименьшее количество воды содержится в голени 74,1 ± 0,4 %, в то время как наибольшее – в крыльях 74,8 ± 0,5 % (рисунки 1, 2, 3). Полученные значения принимали за контрольные.

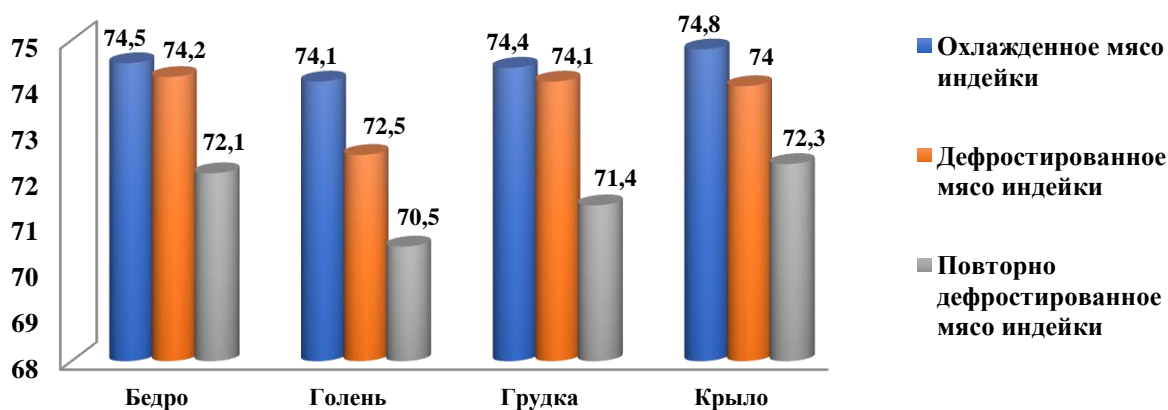


Рисунок 1 – Изменения в содержании влаги в охлажденном, дефростированном и повторно дефростированном мясе индейки, %

Изучая изменения в показателях пищевой ценности мяса индейки, нами были получены данные о содержании белка, жира и влаги в дефростированном мясе. Усредненный показатель массовой доли белка составил 20,1 %, наибольшее значение сохраняется в грудке $22,3 \pm 0,4$ %, а наименьшее – в бедре $18,5 \pm 0,4$ %. Содержание жира составляет 2,8 %, больше всего его в бедре – $3,9 \pm 0,3$ %, меньше в грудке и крыле – $2,1 \pm 0,2$ % и $2,1 \pm 0,3$ % соответственно. Массовая доля влаги в разных частях тушки индейки составляет 73,7 %, максимальное значение в мышцах бедра – $74,2 \pm 0,5$ %, а минимальное в голени – $72,5 \pm 0,7$ % (рисунки 1, 2, 3).

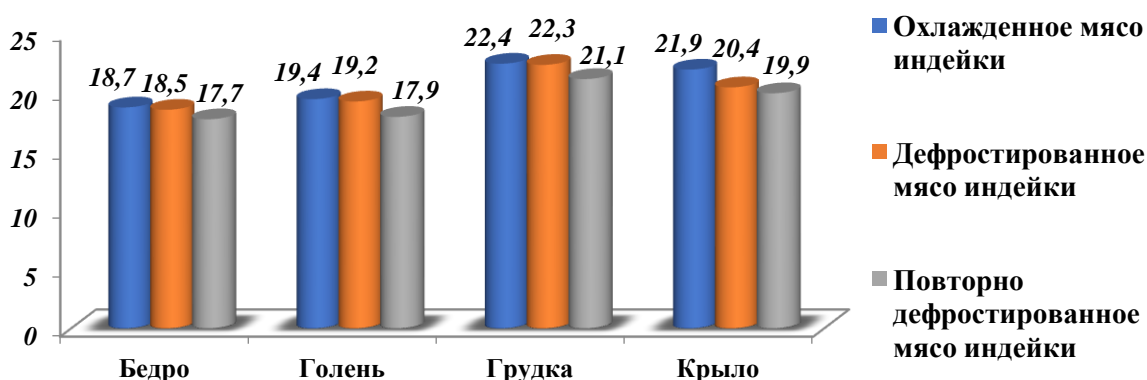


Рисунок 2 – Изменения в содержании белка в охлажденном, дефростированном и повторно дефростированном мясе индейки, %

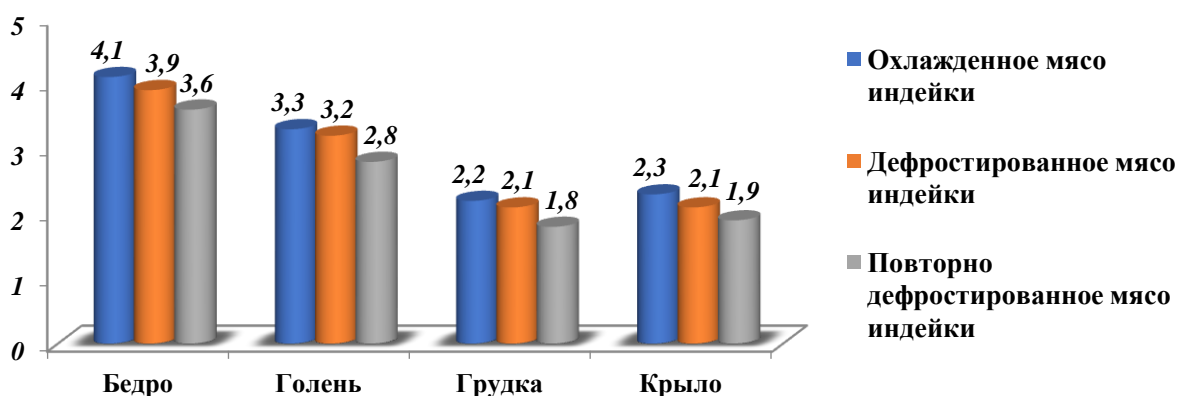


Рисунок 3 – Изменения в содержании жира в охлажденном, дефростированном и повторно дефростированном мясе индейки, %

В повторно дефростированном мясе в среднем содержится 19,2 % белка, от $17,7 \pm 0,6$ % – в бедре и до $21,1 \pm 0,5$ % – в грудке; 2,5 % жира, минимальное значение в грудке – $1,8 \pm 0,4$ %, максимальное в бедре – $3,6 \pm 0,1$ %. Среднее содержание влаги составляет 71,6 %, от $70,5 \pm 0,8$ % – в голени до $72,3 \pm 0,6$ % – в крыле (рисунки 1, 2, 3).

Существенные изменения при однократном и двукратном замораживании частей тушек индеек отмечали по количественному содержанию влаги. Так, мышцы бедра потеряли 0,4 % и 3,22 %, мышцы голени – 2,16 %, 4,86 %, мышцы грудки – 0,3 % и 4,03 %, крыла – 1,07 %, 3,34 % соответственно.

Массовая доля белка в мышцах бедра, голени грудки и крыла при однократной и двукратной дефростации уменьшалась прямо пропорционально потерям влаги и мясного сока при низкотемпературной обработке мяса. В дефростированных мышцах бедра содержание белка снизилось на 1,07 % по сравнению с охлажденным мясом, в повторно дефростированном – на 5,35 %. В голени показатель белка при однократной дефростации снизился на 1,03 %, при повторной – на 7,73 %; в дефростированной грудке массовая доля белка уменьшилась на 0,45 %, в повторно дефростированной – на 5,8 % по сравнению с охлажденной продукцией. Мышцы крыла при однократном замораживании потеряли 3,19 % белка, при повторном – 9,13 %.

Содержание жира в частях тушек индейки при однократной и двукратной дефростации также снижалось. В замороженных мышцах бедра содержание жира уменьшилось на 4,87 % по сравнению с охлажденными образцами, в повторно замороженных – на 12,19 %. В дефростированных мышцах голени количество жира снизилось на 3,03 %, в повторно дефростированных – на 15,15 %; в размороженной грудке массовая доля жира уменьшилась на 4,54 %, в повторно размороженной – на 18,18 % по сравнению с охлажденной продукцией, в крыле на 8,69 и 17,39 % соответственно.

Проведя сравнение вышеизложенных результатов, установили, что в дефростированном мясе содержание белка в среднем меньше на 0,5 %, жира – на 0,2 %, а влаги – на 0,8 %, чем в охлажденном мясе индейки, что в целом не снижает пищевой ценности продукта. В повторно дефростированном мясе в сравнении с охлажденным, разница в содержании белка составляет 1,4 %, жира – 0,6 %, а влаги – 2,9 %, что указывает на значительное снижение пищевой ценности мяса индейки и подтверждает отрицательную динамику качественных и потребительских свойств мяса индеек.

2.2.4 Результаты микробиологических исследований

Оценку микробиологической безопасности проводили на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». При проведении микробиологических исследований по показателям биологической безопасности мяса индейки различных частей тушек охлажденного, дефростированного и повторно дефростированного бактерии рода сальмонелла не обнаруживались в 25 г

продукции. Также во всех образцах в 25 г отсутствовал рост *L. monocytogenes*. Бактерии группы кишечной палочки не определялись при посеве в 1 г продукта во всех исследуемых образцах индейки (таблица 4).

Таблица 4 - Результаты микробиологического исследования

Показатель	Охлажденное мясо индейки	Дефростированное мясо индейки	Повторно дефростированное мясо индейки
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	Не обнаружено в 25 г	Не обнаружено в 25 г	Не обнаружено в 25 г
<i>L. monocytogenes</i>	Не обнаружено в 25 г	Не обнаружено в 25 г	Не обнаружено в 25 г
Бактерии группы кишечной палочки	Не обнаружено в 1 г	Не обнаружено в 1 г	Не обнаружено в 1 г
КМАФАнМ, КОЕ/г (среднее значение)	$3,2 \cdot 10^2 \pm 0,2$	$5,6 \cdot 10^2 \pm 0,4^*$	$4,7 \cdot 10^3 \pm 0,2^*$

* $p < 0,05$

Существенные изменения наблюдались в динамике микробного загрязнения по показателю количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов. Так, в охлажденных образцах общая микробная обсемененность составляла $3,2 \cdot 10^2 \pm 0,2$ колонии образующих единиц в 1 г продукции. В образцах дефростированного мяса индейки данный показатель увеличивался в 1,8 раз и составил $5,6 \cdot 10^2 \pm 0,4$, однако полученное значение не превышало предельно допустимое, регламентированное в нормативно-технической документации. Образцы повторно дефростированного мяса индейки по показателю КМАФАнМ соответствовали значению $4,7 \cdot 10^3 \pm 0,2$, что в 14,5 раз выше, чем в образцах охлажденного мяса, и в 8,4 раза по сравнению с дефростированным мясом. Кроме того, установленное значение показателя микробной обсемененности в повторно дефростированном мясе превышало предельно допустимое, установленное нормативными актами.

Рассматривая по отдельности общую микробную загрязненность частей тушек индейки, следует отметить, что максимальное значение микробного числа наблюдалось в крыле, минимальное – в грудке (таблица 5). Так, в охлажденном мясе крыльев значение КМАФАнМ составляло $3,6 \cdot 10^2 \pm 0,3$, в дефростированном – $6,3 \cdot 10^2 \pm 0,3$, что в 1,8 раз превышает значение микробного обсеменения охлажденных образцов. В то же время, в повторно дефростированном мясе крыла индейки микробное число составляло $5,8 \cdot 10^3 \pm 0,1$, что превышает данный показатель в охлажденном мясе в 16,1 раз, в дефростированном – в 9,2 раз. Наименьшее значение показателя микробной загрязненности устанавливали в охлажденном мясе грудки – $2,5 \cdot 10^2 \pm 0,4$, который достоверно увеличивался в дефростированных образцах в 1,9 раз и составил $4,9 \cdot 10^2 \pm 0,2$, в повторно дефростированных – в 14,8 раз относительно охлажденного мяса и в 7,6 раз относительно дефростированного и составлял $3,7 \cdot 10^3 \pm 0,2$ ($p < 0,05$).

Таблица 5 - КМАФАнМ в мясе индейки, КОЕ/г

Часть тушки	Охлажденное мясо индейки	Дефростированное мясо индейки	Повторно дефростированное мясо индейки
Бедро	$3,4 \cdot 10^2 \pm 0,3$	$5,8 \cdot 10^2 \pm 0,4^*$	$3,8 \cdot 10^2 \pm 0,3^*$
Голень	$3,3 \cdot 10^2 \pm 0,2$	$5,4 \cdot 10^2 \pm 0,1^*$	$5,5 \cdot 10^2 \pm 0,4^*$
Грудка	$2,5 \cdot 10^2 \pm 0,4$	$4,9 \cdot 10^2 \pm 0,2^*$	$3,7 \cdot 10^2 \pm 0,2^*$
Крыло	$3,6 \cdot 10^2 \pm 0,3$	$6,3 \cdot 10^2 \pm 0,3^*$	$5,8 \cdot 10^2 \pm 0,1^*$

* $p < 0,05$

В результате изучения микробной обсемененности охлажденного, дефростированного и повторно дефростированного мяса индеек было установлено, что замораживание и размораживание мяса влияет на микробную обсемененность продукции, но полученные значения не превышают предельно допустимых значений. Однако при повторном замораживании и дефростации отмечался резкий рост количества микробных клеток по сравнению с исходным охлажденным материалом в 15 раз и данное значение превышает допустимый показатель в 4,7 раз. Тем самым объясняется наличие признаков начальной порчи мяса, повторно дефростированного.

Данное явление спровоцировано значительным распадом элементов мышечной ткани, тем самым, формированием более благоприятной среды для развития микроорганизмов и, как результат, появлением начальных признаков порчи мяса в нарушение требованиям безопасности.

2.2.5 Результаты гистологического исследования мышечной ткани

При микроскопии гистологических препаратов из охлажденного мясного сырья, визуализировалась ровная структура ткани, целостные мышечные волокна, клетки округлой формы, без разрывов и нарушения интервала в промежутках относительно подобных структур (рисунок 5).

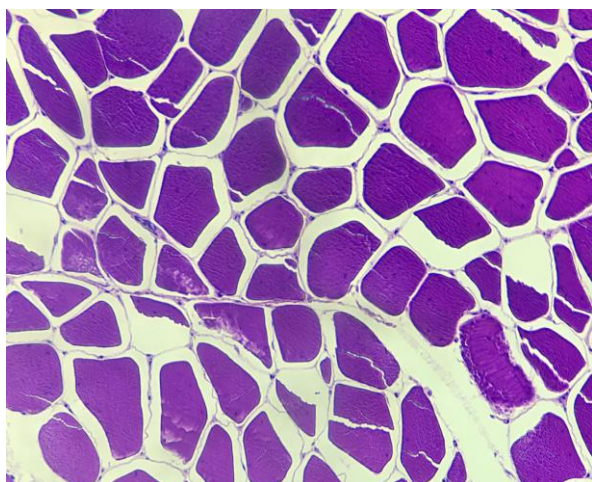


Рисунок 5 – Гистокартинна охлажденного мяса индейки. Окраска гематоксилин-эозин. Ув. 10*10

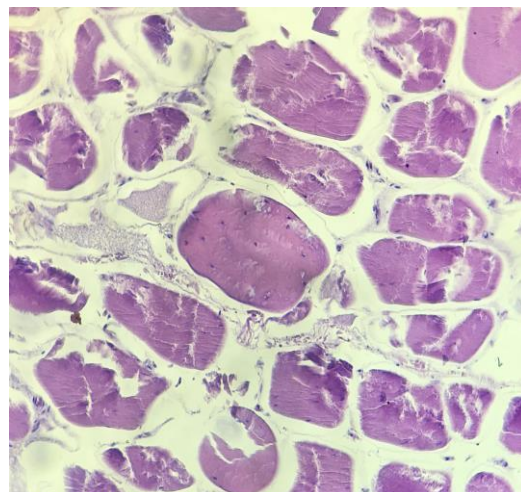


Рисунок 6 – Гистокартинна повторно дефростированного мяса индейки. Окраска гематоксилин-эозин. Ув. 10*10

В гистологических препаратах дефростированного мяса индейки на поперечном разрезе мышечной ткани не наблюдалось четкой структуры волокон, обнаруживались разрывы клеток, вследствие чего они приобретали неправильную форму с образованием пустот внутри (рисунки 5, 6).

В результате гистологических исследований было установлено, что количество утолщений миофибрилл в дефростированной продукции составляет $4,79 \pm 0,14$, что в 1,86 раз больше, чем в охлажденном мясе; в повторно дефростированном – $12,23 \pm 0,51$, что в 4,74 раз больше, чем в охлажденном мясе. Количество пустот внутри мышечных волокон и между ними в дефростированном мясе индеек $3,03 \pm 0,17$, что в 2,66 раза превышает значение показателя в охлажденном, и $8,71 \pm 0,38$, что в 7,64 раз больше в повторно дефростированном мясе (таблица 6).

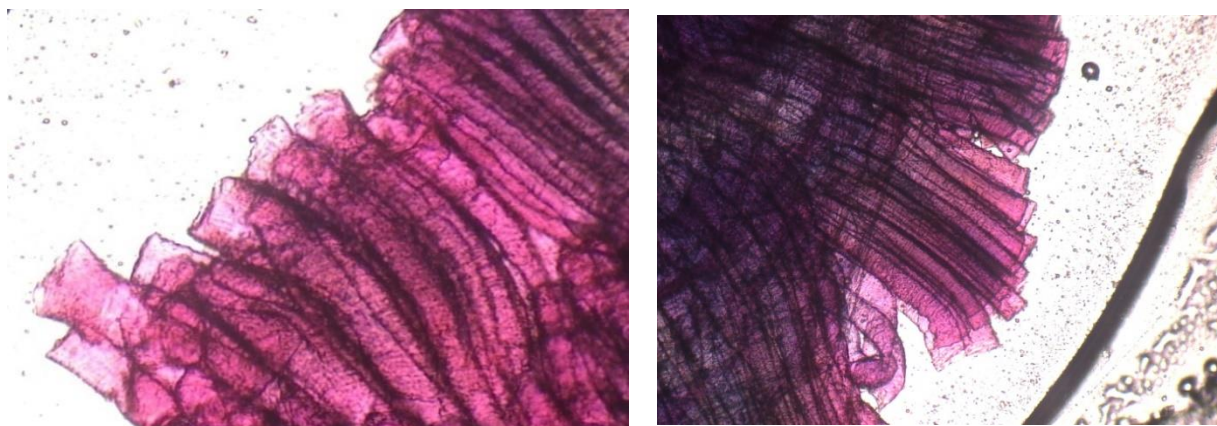
Таблица 6 - Морфологические характеристики мышечной ткани в гистологических препаратах образцов мяса индеек ($M \pm m$, $n=128$)

Характеристика	Охлажденное мясо (контроль)	Дефростированное мясо	Повторно дефростированное мясо
Количество разрывов мышечных волокон, ед./20 п. з.	$2,74 \pm 0,18$	$37,44 \pm 1,07^*$	$57,69 \pm 1,62^*$
Количество пустот внутри мышечных волокон и между ними, ед./20 п. з.	$1,14 \pm 0,16$	$3,03 \pm 0,17^*$	$8,71 \pm 0,38^*$
Утолщения миофибрилл, ед./20 п. з.	$2,58 \pm 0,18$	$4,79 \pm 0,14^*$	$12,23 \pm 0,51^*$

* $p < 0,05$

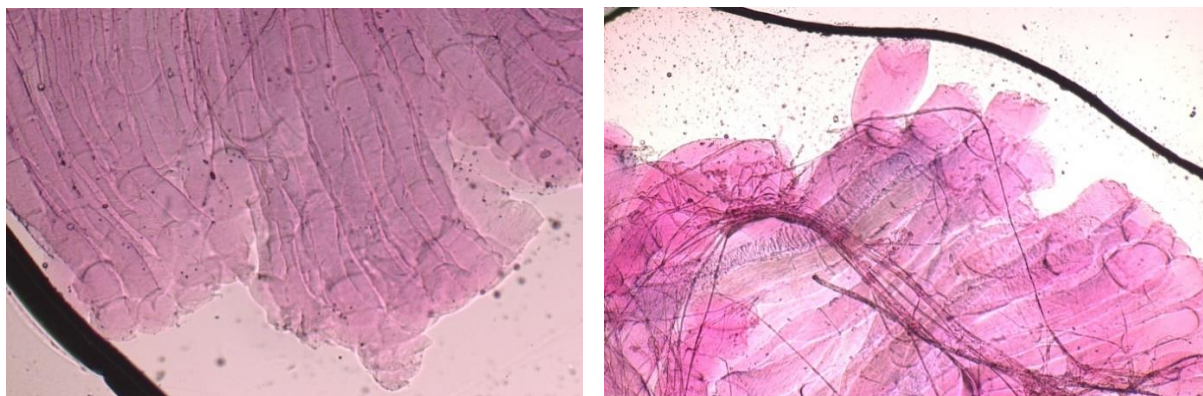
Количество разрывов мышечных волокон дефростированного мяса составило $37,44 \pm 1,07$, что превышает данное значение у охлажденной продукции в 13,66 раз; повторно дефростированного – $57,69 \pm 1,62$, что в 21,05 раз выше, чем в охлажденной продукции.

В нативных препаратах из охлажденного мяса птицы, окрашенных гематоксилин-эозином, цитоплазма окрашивается в розовый цвет, ядра мышечных волокон в фиолетовый. Мышечные волокна располагаются плотно, однонаправленно относительно друг друга, структура ткани сохранена. Окончания мышечных волокон ровные, обрывистые (рисунки 7, 8).

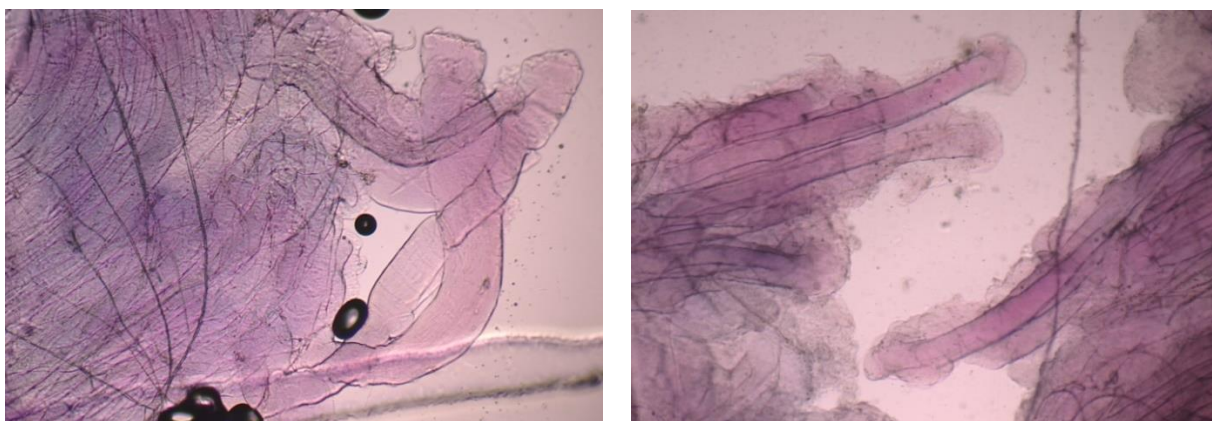


*Рисунки 7,8 - Микрокартина охлажденного мяса индейки в нативных препаратах. Ув.4*10*

В нативных препаратах дефростированного мяса установили нарушение структуры мышечной ткани, волокна располагались хаотично, с разрывами и нарушением единого направления. Окончания мышечных волокон утолщены (рисунки 9, 10).



Рисунки 9, 10 - Микрокартина дефростированного мяса индейки в нативных препаратах. Ув. 4*10



Рисунки 11, 12 - Микрокартина повторно дефростированного мяса индейки в нативных препаратах. Ув. 4*10

В нативных препаратах повторно дефростированного мяса, наблюдалась хаотичность расположения мышечных волокон, увеличение количества утолщений на концах мышечных волокон и имеет бледный окрас, что связано с потерей удерживающих элементов в связи с разрывом саркоплазмы при множественном замерзании и оттаивании (рисунки 11, 12).

Таблица 7 - Результаты оценки нативных препаратов образцов мяса индейки ($M \pm t$, $n=128$)

Характеристика	Охлажденная продукция (контроль)	Дефростированная продукция	Повторно дефростированная продукция
Участки разволокненности мышечной ткани	$0,48 \pm 0,09$	$4,81 \pm 0,27^*$	$7,56 \pm 0,43^*$
Разрывы мышечных волокон	$0,29 \pm 0,08$	$11,46 \pm 0,58^*$	$23,62 \pm 0,76^*$
Утолщение окончаний мышечных волокон	отсутствуют	$20,33 \pm 0,41$	$39,73 \pm 0,64^*$

* $p < 0,05$

При анализе результатов микроскопии нативных препаратов мяса в различном термическом состоянии установили, что количество разволокненных участков мышечной ткани в дефростированной продукции $4,81 \pm 0,27$, в 10,01 раза больше, чем в образцах охлажденной; в повторно дефростированной – $7,56 \pm 0,43$, в 15,75 раз больше, чем в образцах охлажденной; разрывов мышечных волокон в дефростированном мясе $11,46 \pm 0,58$, в 39,5 раз больше, чем в образцах охлажденной, в повторно-дефростированном – $23,62 \pm 0,76$; в 81,45 раз больше, чем в образцах охлажденной; утолщений окончаний мышечных волокон в дефростированном мясе $20,33 \pm 0,41$, в повторно-дефростированном – $39,73 \pm 0,64$, в мясе охлажденном данный признак отсутствует. Полученные значения статистически значимы – $p < 0,05$. (таблица 7).

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты исследований мяса индеек в различном термическом состоянии позволяют нам сделать следующие выводы:

1. В результате органолептических, физико-химических, микроскопических и микробиологических исследований мяса индеек в различных термических состояниях было установлено, что показатели качества и безопасности охлажденного и дефростированного мяса соответствовали требованиям нормативно-технической документации, повторно дефростированного – указывали на отклонение от установленных значений. Мясо с поверхности и в глубоких слоях сильно влажное, запах специфический, слабо выражен, упругость мяса ослаблена. При постановке пробы варкой в бульоне были обнаружены хлопья, выпадающие в осадок, запах паров слабо выражен. Жир желтого цвета, мазеобразной консистенции, мутный в расплавленном состоянии. Обнаруживались следы продуктов распада белков, количество летучих жирных кислот превышало предельно допустимое значение для доброкачественного мяса на 0,05–2,05 мг КОН/г. Показатели кислотного и перекисного числа жира повторно дефростированного мяса соответствовали показателям мяса сомнительной свежести $1,12 \pm 0,04$ мг КОН/г и $0,017 \pm 0,002$ % I_2 соответственно.

В дефростированном мясе было выделено от 2,84 до 3,6 % мясного сока, содержание белка в среднем меньше на 0,5 %, жира – на 0,2 %, а влаги – на 0,8 %, чем в охлажденном мясе индейки, что соответствует предельно допустимым значениям. После повторной дефростации доля выделившегося мясного сока составляла от 4,65 до 6,12 %, разница в содержании белка – 1,4 %, жира – 0,6 %, а влаги – 2,9 %, что указывает на значительное снижение пищевой ценности мяса индейки.

Во всех образцах не были обнаружены бактерии рода *Salmonella*, бактерии группы кишечной палочки и *L. monocytogenes* вне зависимости от термического состояния. Замораживание и размораживание мяса влияет на показатель КМАФАнМ продукции, но полученные значения не превышают предельно допустимых значений и составляют $3,2 \cdot 10^2 \pm 0,2$ и $5,6 \cdot 10^2 \pm 0,4$ для

охлажденной и дефростированной соответственно. Однако при повторном замораживании и дефростации отмечался резкий рост количества микробных клеток по сравнению с исходным охлажденным материалом в 15 раз, данное значение составляет $4,7 \cdot 10^3 \pm 0,2$ и превышает допустимый показатель в 4,7 раз. Тем самым объясняется наличие признаков начальной порчи мяса, повторно дефростированного.

2. Разработан метод изготовления нативных препаратов мяса путем раздавливания мышечных срезов и окраски их гематоксилин-эозином. При микроскопии окрашенных срезов визуализируется структура мышечной ткани, ядра клеток окрашиваются в фиолетовый цвет, цитоплазма – в розовый, наблюдается поперечная исчерченность мышечных клеток.

3. Определены идентификационные характеристики охлажденного, дефростированного и повторно дефростированного мяса индеек. В гистологических препаратах мяса следует оценивать разрывы мышечных волокон, пустоты внутри мышечных волокон и между ними, а также утолщение миофибрилл. В нативных препаратах мяса ярким идентификационным признаком дефростированного мяса является наличие утолщений на окончаниях мышечных волокон, которые отсутствуют в препаратах из охлажденного материала.

3.2 Практические предложения

Полученные результаты исследований по изучению структурных изменений в мясе индейки в различных термических состояниях, влияния однократной и двукратной дефростации на показатели качества и безопасности продукта, а также разработанный метод идентификации термического состояния позволяют использовать материалы как для дальнейшей научно-исследовательской работы, так прикладной деятельности.

Исследования мяса индейки показали, что холодильная обработка влияет на пищевую и биологическую ценность мяса. Кроме того, значительно снижаются качественные и количественные характеристики доброкачественности и безопасности продукции, особенно при повторном замораживании и дефростации. Следует отметить, что в соответствии с нормативно-техническими документами повторное замораживание дефростированной продукции не допускается, однако в реальных условиях при обращении мясного сырья не исключены подобные манипуляции, что является фальсификацией.

Доказанная эффективность оперативного метода микроскопии нативных препаратов мяса и установленные идентификационные критерии мяса индеек в различных термических состояниях: охлажденное, дефростированное и повторно дефростированное, позволяют выявлять данный вид фальсификации при входном контроле сырья в местах его реализации, хранения или переработки. Методика может быть реализована при проведении ветеринарно-санитарной экспертизы мяса индеек в государственных лабораториях ВСЭ на продовольственных рынках, в производственных лабораториях холодильных и

перерабатывающих предприятиях, при контроле поступающего для реализации мясного сырья в гипермаркетах.

Учитывая доступность метода и его простую воспроизводимость, устанавливать термическое состояние мяса можно быстро, исследование осуществляется в течение 15-20 минут, без специализированного оборудования и оснащения лаборатории, для реализации метода требуется компрессор, ножницы, пинцет, препаровальная игла, набор гистологических красителей. Соответственно, себестоимость анализа оправдывает экономическую эффективность при обращении мяса индеек при обеспечении продовольственной безопасности.

3.3 Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Материалы исследований позволяют планировать дальнейшую научно-исследовательскую деятельность и, с учетом работ других авторов, оценить влияние низкотемпературной обработки, однократной и многократной дефростации в отношении мяса других видов птицы, убойных животных, изменение в химическом составе и пищевой ценности других видов сырья. Поскольку требования технического регламента в отношении различных видов мяса отличаются, интерес может представлять динамика показателей качества и безопасности мяса сельскохозяйственной птицы и убойных животных при однократной и многократной дефростации, в том числе при использовании различных видов упаковки, способов разделки, использования пищевых добавок и модифицированных газовых сред, направленных на увеличение сроков хранения мяса.

4 Список работ, опубликованных по теме диссертации

4.1 Статьи в журналах, внесенных в Перечень рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ

1. Дрозд, А. В. Влияние термического состояния на морфологические характеристики мяса индейки / А. В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 195-198. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2021.2.195.
2. Дрозд, А. В. Идентификация термического состояния мяса индейки методом микроскопии / А. В. Дрозд, А. З. Журавлева // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 205-209. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2021.2.205.
3. Орлова Д. А. Оценка микрокартины нативных препаратов мышечной ткани при ветеринарно-санитарной экспертизе мяса / Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная, А. В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 2. – С. 62–67.

4.2 Статьи в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus

1. Orlova D., Drozd A. Using the histological method to identify the turkey meat thermal state *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. – 2020. – Т. 8, № S2. С. 12–17.
2. Kalyuzhnaya T. An express assessment method for meat quality and safety / Kalyuzhnaya T., Karpenko L., Orlova D., Drozd A., Urban V. // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 11A01H.
3. Kalyuzhnaya, T. V., Express method to manufacture native preparations to determine the Turkey meat freshness degree / T. V. Kalyuzhnaya, A. V. Drozd, D. A. Orlova, M. E. Mkrtchyan // *Journal by Innovative Scientific Information & Services Network. Bioscience research*, 2021 18(3): 2278-2283.
4. Tokarev A. A new express method for determination of the thermal state of poultry meat / Tokarev A., Lashkova V., Orlova D., Kalyuzhnaya T., Drozd A. // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. – 2019. – Т. 10, № 14. – С. 10A14J.

4.3 Статьи, опубликованные в сборниках научных трудов и материалах конференций

1. Дрозд А. В., Орлова Д. А. Методы идентификации охлажденного и дефростированного мяса индейки / А. В. Дрозд, Д. А. Орлова // *Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны»*. – 2020. – С. 121–122.
2. Drozd, A. V. Veterinary sanitary examination and identification of the thermal state of turkey meat / A. V. Drozd, D. A. Orlova // *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration*”. Part 1 - Reports in English: Materials of the International Conference, Beijing, 24 June 2020. – Beijing: PCR, 2020. – p. 192-198.