

На правах рукописи

Сусь Егор Борисович

**РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МЯСНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ
УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ**

Специальность: 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных
продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2013

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии)

Научный руководитель: Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Захаров Александр Николаевич

Официальные оппоненты: Никитченко Владимир Ефимович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры морфологии животных и ветеринарно-санитарной экспертизы Аграрного факультета РУДН
Горбатов Алексей Альфредович, кандидат технических наук, журнал «Мясная индустрия», главный редактор

Ведущая организация: ГНУ Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции Россельхозакадемии

Защита диссертации состоится « 19 » декабря 2013 г. в 13-00 ч. на заседании диссертационного совета ДМ 006.021.01 при Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова Российской академии сельскохозяйственных наук по адресу: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии.

Ваш отзыв (в двух экземплярах), заверенный печатью, просим направлять в адрес института: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26, Ученому секретарю

Автореферат разослан «___» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

А.Н. Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Мясо - ценный вид сырья, являющийся источником полноценного белка. Мясо, как биосистема, поликомпонентно по составу, неоднородно по морфологическому строению и функционально-технологическим свойствам, и под действием внешних факторов лабильно изменяет свои характеристики и качество.

Под понятием качества мяса подразумевают широкую совокупность свойств, характеризующих пищевую и биологическую ценность, органолептические, структурно-механические, функционально-технологические, санитарно-гигиенические и прочие признаки продукта, а также степень их выраженности.

Качество мяса связано с соблюдением предписанных измеряемых величин. Для объективной оценки качества привлекают соответствующие масштабы сравнения (нормативы, предельно допустимые значения, интервалы значений), которые установлены по результатам научно-исследовательских работ, выполненные на основании измеримых свойств.

Значительные различия численных значений показателей качества мяса обусловлены чрезвычайной сложностью его строения и состава, а также их вариабельностью вследствие биологического происхождения (порода, пол животного, условия его выращивания и транспортирования, степень автолиза и т.д.)

Для оценки качества мяса и мясных продуктов применяют органолептические, физико-химические, цветовые, реологические, гистологические, микробиологические, сенсорные, электрические, спектральные методы.

Одной из важных задач контроля качества продуктов является внедрение в практику экспресс-методов анализа, позволяющих выявить начальную стадию снижения их качества или фальсификацию.

Одним из методов оценки качества мясного сырья является диэлектрический метод. Pliquett U., Ghatass Z.F., Van Laack и др. связывали электрические параметры с химическими или биологическими свойствами. В России диэлектрические свойства крови, фаршей и термически обработанных продуктов изучали В.М. Горбатов, И.А. Рогов, Л.С. Кудряшов, А.Ф. Алейников, Ю.В. Чугуй и др. Однако ими не изучалась удельная электропроводность и ее зависимость от качества мяса.

В этой связи разработка экспресс-метода, основанного на измерении удельной электропроводности, позволяющего оценить свежесть, термическое состояние и качество мяса является перспективной и актуальной.

Целью настоящей работы является разработка экспресс-метода оценки функционально-технологических свойств мясного сырья на основе изучения удельной электропроводности.

Для реализации поставленной цели предусматривалось решение следующих **задач**:

- изучить удельную электропроводность длиннейшей мышцы свинины и говядины и научно обосновать сортировку мяса по группам качества, основанную на измерении удельной электропроводности;
- изучить динамику изменения удельной электропроводности в процессе хранения охлажденного мяса;
- обосновать возможность установления фальсификации термического состояния мяса по измерению удельной электропроводности;
- разработать метод и прототип прибора для определения удельной электропроводности мясного сырья, провести апробацию метода в производственных условиях;
- определить экономическую эффективность использования метода оценки мяса по его удельной электропроводности.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

- научно обоснована и экспериментально доказана возможность оценки качества и термического состояния мяса по величине удельной электропроводности;
- установлены объективные корреляционные зависимости и получены уравнения регрессии, взаимоувязывающие величину удельной электропроводности с величиной рН и влагосвязывающей способностью мяса.

Научно обоснована и экспериментально доказана высокая эффективность применения разработанного экспресс-метода оценки мясного сырья по удельной электропроводности для сортировки мяса на группы качества по функционально-технологическим и потребительским характеристикам.

Практическая значимость. На основе выполненных комплексных исследований и установленных зависимостей разработан и апробирован в производственных условиях метод оценки мясного сырья по удельной электропроводности, отличающийся высокой

степенью корреляции с показателями, характеризующими качество мяса. К преимуществам данного метода относятся его применение в реальном времени, универсальность для любого вида мяса и высокая чувствительность.

Для идентификации размороженного мяса разработанный метод не имеет аналогов среди методов, применяемых в мясной промышленности.

Разработана «Методика оценки качества мясного сырья по удельной электропроводности» и создан прототип прибора для измерения удельной электропроводности мяса.

Апробация работы. Основные результаты исследований апробированы в условиях ООО «Пушкинский мясной двор».

Результаты выполненных исследований были представлены на 14-ой международной научной конференции памяти В.М. Горбатова (Москва, 2011 г.), IX Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Москва, 2011 г.). В 2012 году присуждена премия имени В.М. Горбатова за разработку метода оценки качества мясного сырья по удельной электропроводности

Публикации: по результатам исследований было опубликовано 5 печатных работ, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК – 2.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, схемы организации эксперимента с описанием объектов и методов исследований, результатов экспериментальных исследований, заключения, списка использованной литературы, приложения.

Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, включает 35 таблиц, 26 рисунков. Список литературы содержит 122 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Содержание работы

Во *введении* обоснована актуальность темы диссертационной работы.

В *первой главе* дан обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы, который содержит анализ состояния и тенденций в области оценки качества мяса, рассмотрены вопросы биохимических изменений в мясе, изучены физико-химические и функционально-технологические методы оценки мясного сырья.

По результатам аналитического обзора сформулирована цель работы и поставлены задачи исследований, решение которых необходимо для ее достижения.

Во *второй главе* представлена схема выполнения работы, дана характеристика объектов и методов исследований, анализ результа-

тов исследований физико-химических, функционально-технологических, микробиологических и микроструктурных свойств мяса.

В *третьей главе* описан метод оценки качества мяса по электропроводности, представлена электрическая схема прибора, произведен расчет экономической эффективности применения разработанного метода.

Заключение содержит анализ проведенных исследований и выводы.

В *приложении* представлена разработанная «Методика оценки качества мясного сырья по удельной электропроводности».

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Диссертационная работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте мясной промышленности (ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии). Экспериментальные исследования сравнительной комплексной оценки качества мяса проводились в условиях «Клинского мясокомбината», ОАО «Раменский мясокомбинат», ООО «Пушкинский мясной двор», мясокомбината «Кросс» Московской области и Племязавода «Юбилейный» Тюменской области с 2011 по 2013 годы.

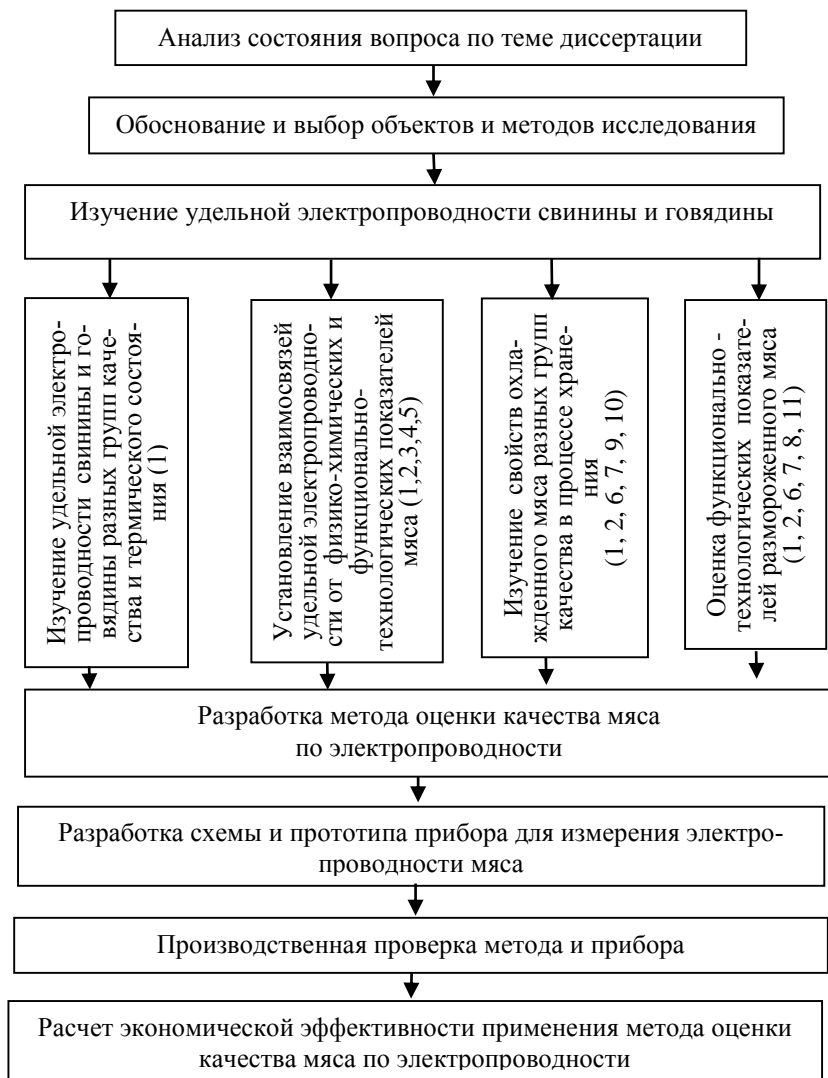
В качестве объектов исследования использовали сырье, наиболее типичное для мясокомбинатов России:

- длиннейшую мышцу спины, полученную после убоя свиней в возрасте 7-8 месяцев, породосочетания крупная белая х ландрас х дюрок (пьетрен), II категории упитанности, убойная масса—95-110 кг;

- длиннейшую мышцу спины, полученную после убоя молодняка крупного рогатого скота в возрасте 16-18 месяцев, пород герефорд (мясное направление продуктивности) и симментал (комбинированное направление продуктивности), категории «хорошая»;

- свинину и говядину в парном (температура в толще мышц $36\pm 1^{\circ}\text{C}$), охлажденном (температура в любой точке продукта $2\pm 1^{\circ}\text{C}$) и размороженном (температура в любой точке продукта $2\pm 1^{\circ}\text{C}$) состоянии в виде полутуш и отдельных мышц.

Работу проводили в соответствии со схемой эксперимента, представленной на рисунке 1.



- | | |
|--|--|
| 1. Удельная электропроводность, мСм/см | 7. Влагосвязывающая способность, % |
| 2. Величина рН | 8. Потери мясного сока при размораживании, % |
| 3. Цветовые характеристики | 9. Органолептическая оценка |
| 4. Потери влаги, % | 10. Микробиологические исследования |
| 5. Напряжение сдвига, кПа | 11. Микроструктурные исследования |
| 6. Содержание влаги и жира, % | |

Рисунок 1- Схема проведения исследований

Сравнительную оценку качества мяса проводили на длиннейшей мышце спины (m. Longissimus dorsi), так как она обладает средней величиной рН по туше, однородной структурой, расположена таким образом, что ее можно выделить без разделки туши.

Удельную электропроводность (мСм/см) измеряли прибором RQM-I компании Intek (Германия) следующим образом: в образец мясного сырья вводили две иглы (электроды) на фиксированном расстоянии (1 см) друг от друга, через электроды подавали электрический ток и определяли удельную электропроводность мяса.

Величину рН измеряли с помощью рН-метра модель 2696 потенциометрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 51478.

Определение влагосвязывающей способности мышечной ткани проводили пресс-методом Грау и Хамма в модификации ВНИИМП.

Потери влаги и мясного сока определяли по формуле:

$$П = (M_0 - M_1) \times 100 / M_1,$$

где M_0 – масса продукта начальная, кг

M_1 – масса продукта конечная, кг.

Органолептическую оценку – по ГОСТ 7269.

Оценку цветовых, структурно-механических, гистологических и микробиологических характеристик мяса проводили совместно со специалистами соответствующих лабораторий ВНИИМП.

Определение цветовых характеристик осуществляли с помощью спектроколориметра «Спектротон».

Оценку структурно-механических характеристик мяса по величине напряжения сдвига проводили с помощью прибора «Instron 1140».

Содержание влаги в мясе определяли по ГОСТ 9793, жира – по ГОСТ 23042.

Отбор и подготовка проб для проведения микробиологических испытаний проводили по ГОСТ Р 51447, ГОСТ ISO 7218, ГОСТ 31904, ГОСТ 26669, ГОСТ 26670, ГОСТ Р 51448.

Определение микробиологических показателей:

- КМАФАнМ – по ГОСТ Р 54354, ГОСТ 10444.15;

- бактерий группы кишечной палочки (БГКП) – по ГОСТ Р 50454, ГОСТ Р 54354, ГОСТ 21237, ГОСТ 31747;

- бактерий рода Salmonella – по ГОСТ Р 50455, ГОСТ Р 54354, ГОСТ 21237, ГОСТ 31659.

- Изучение микроструктурных характеристик проводили по ГОСТ Р 51604.

Все измерения проводили с трехкратной повторностью.

Полученные в результате исследований данные были обработаны

ны с использованием методов математической статистики.

Вероятность распространения полученных данных на генеральную совокупность определяли с доверительной вероятностью по первому порогу надежности при $\alpha = 0,05$ или $\beta = 0,95$.

Для обработки данных использовали компьютерную технику.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Физико-химические и функционально-технологические показатели охлажденного мяса

Учеными В.М. Горбатовым, И.А. Роговым, Р.З. Мехтиевой, О. Sipahioglu, S.A. Barringer, I. Taub, A.P.P. Yang установлено влияние температуры на диэлектрические свойства мяса. Поэтому, чтобы исключить это влияние все измерения охлажденного и размороженного мяса проводили при одной температуре сырья 2 ± 1 °С.

В таблице 1 приведены результаты измерения удельной электропроводности длиннейшей мышцы охлажденной (3-е суток хранения) и размороженной свинины и говядины разных групп качества. Говядины группы качества PSE в результате органолептической оценки и измерения величины pH обнаружено не было.

Таблица 1- Удельная электропроводность длиннейшей мышцы свинины и говядины n=140

Показатели	Удельная электропроводность, мСм/см	
	свинина	говядина
Группа качества NOR		
охлажденное	6,14±0,16	5,73±0,17
размороженное	14,52±0,19	14,23±0,21
Группа качества PSE		
охлажденное	8,15±0,21	-
размороженное	16,39±0,26	-
Группа качества DFD		
охлажденное	4,87±0,22	3,32±0,18
размороженное	14,36±0,24	14,15±0,20

Проведенный анализ показал, что удельная электропроводность изменяется в зависимости от группы качества, термического состояния и вида мяса. При этом величина удельной электропроводности свинины незначительно выше (в среднем на 0,48 мСм/см), чем говядины.

При производстве целномышечных мясных продуктов целесообразно использовать охлажденное мясо после трех суток созревания.

ния, в течение которых изменяются такие важные функционально-технологические характеристики мяса, как влагосвязывающая, эмульгирующая и адгезионная способности, нежность, цвет, вкус и аромат.

С целью установления зависимостей удельной электропроводности от качества мяса изучали физико-химические, функционально-технологические, структурно-механические, цветовые характеристики и потери естественной влаги в длиннейшей мышце охлажденных (3-е суток) свинины и говядины, полученных от животных из разных хозяйств (таблицы 2 и 3).

Таблица 2 - Физико-химические и функционально-технологические показатели длиннейшей мышцы охлажденной говядины

n=40

Показатель	Порода герефордская		Порода симментальская		Коэффициент корреляции
	телки	бычки	телки	бычки	
Удельная электропроводность, (мСм/см)	5,80±0,83	5,23±0,65	5,74±0,81	5,42±0,77	-
pH	5,73±0,08	5,99±0,08	5,69±0,08	5,86±0,07	- 0,916
Цвет (CIELab):					
L	38,94±0,40	38,17±0,49	38,54±0,80	38,37±0,41	0,955
a*	20,24±0,26	18,72±0,48	19,99±0,75	18,72±0,46	0,949
b*	3,21±0,20	1,83±0,30	2,57±0,47	2,25±0,33	0,970
Массовая доля влаги, %	71,39±1,42	69,56±0,98	67,98±1,13	66,91±1,08	0,391
Массовая доля жира, %	8,87±0,25	8,62±0,18	11,50±0,21	10,46±0,24	0,347
Потери влаги (за 3-е суток), %	2,02±0,32	1,36±0,41	1,86±0,37	1,54±0,37	0,998
Напряжение сдвига, кПа	5,64±0,37	4,78±0,59	6,36±0,66	5,37±0,52	0,766

Характеризуя электрофизические свойства, необходимо учитывать следующие факторы: биоткани являются композиционными средами со сложной структурой (как в смысле строения, так и электрофизических свойств); хорошо проводящие среды организма – биожидкости, плохо проводящие — мембраны и границы раздела разных по строению и свойствам тканей (костная ткань и др.). Приближенно мясо можно рассматривать как двухфазную систему. Одна из фаз — межклеточная ткань, являющаяся полупроводником с преобладанием диэлектрических свойств, весьма устойчива в жи-

вом организме и изменчива в неживом. Вторая фаза — внутриклеточное вещество, представляющее собой электролит.

Исследование удельной электропроводности (ЕС) говядины (таблица 2) в зависимости от пола выявил некоторые закономерности: значения электропроводности были ниже (в среднем на 7,4 %) у бычков, чем у телок. Однако достоверной разности в значениях удельной электропроводности в зависимости от породы зарегистрировано не было.

Сравнение величин удельной электропроводности длиннейшей мышцы спины в продольном и поперечном направлениях мышечных волокон показало их идентичность. Поэтому в дальнейшей работе при проведении измерений направлением мышечных волокон сочли возможным пренебречь.

Оценивая цветовые параметры (таблица 2), существенное влияние ($P < 0,05$) пола было установлено на показателях b^* (желтизна) и a^* (краснота). Более высокие значения этих параметров были получены в мясе телок.

Оценка структурно-механических свойств мяса, выраженная напряжением сдвига (таблица 2), показала, что мясо бычков нежнее мяса телок, а говядина от скота мясного направления нежнее, чем от комбинированного.

Voleman S.J. предложил следующие категории нежности по величине усилия сдвига: нежное от 2,27 – 3,58 кПа, средней жесткости 4,08-5,40 кПа и жесткое 5,90-7,21 кПа. Согласно этому делению, изученная говядина принадлежит к категории средней жесткости и жесткая.

Анализируя естественные изменения содержания влаги в исследованном мясе, в зависимости от пола, было отмечено значительное снижение потерь влаги у мяса бычков по сравнению с мясом телок. В зависимости от породы достоверной разницы ($P > 0,05$) не установлено.

Аналогичные исследования были проведены на свинине, полученной из разных хозяйств и переработанной на разных предприятиях мясной промышленности.

Результаты исследований (таблица 3) показали, что небольшие различия имеются в цветовых показателях, потерях естественной влаги и усилиях сдвига свинины из разных хозяйств. Величина pH не одинакова (разница до 5,2 %), что говорит о разных условиях транспортирования и предубойного содержания свиней, предназначенных для убой.

Таблица 3 - Физико-химические и функционально-технологические показатели длиннейшей мышцы охлажденной свинины n=120

Показатель	Предприятие				Кoeffициент корреляции
	Клинский мясокомбинат	ОАО «Раменский мясокомбинат»	Племзавод «Юбилейный»	ООО «Пушкинский мясной двор»	
Удельная электропроводность (мСм/см)	6,71±0,78	6,34±0,88	6,56±1,17	7,03±0,97	-
pH	5,57±0,08	5,75±0,05	5,61±0,08	5,45±0,03	-0,986
Цвет (CIELab):					
L	42,47±0,35	41,57±0,44	42,11±0,65	42,51±0,54	0,895
a*	19,72±0,30	18,30±0,21	18,63±0,46	19,99±0,21	0,929
b*	4,97±0,25	3,26±0,27	3,65±0,41	5,27±0,25	0,926
Массовая доля влаги, %	61,06±1,58	62,13±1,71	61,97±1,32	59,87±1,44	0,498
Массовая доля жира, %	17,82±1,02	15,68±1,15	16,54±0,98	18,53±0,86	0,357
Потери влаги (за 3-е суток), %	3,07±0,35	2,54±0,38	2,83±0,43	3,26±0,47	0,975
Напряжение сдвига, кПа	2,96±0,29	2,89±0,28	2,44±0,28	3,74±0,34	0,773

Оценка влияния содержания влаги и жира в говядине и свинине показывает незначительные корреляционные зависимости (в говядине 0,39 и 0,35 в свинине 0,50 и 0,36) с величиной удельной электропроводности. Следовательно, в дальнейшей работе при исследовании мышечной ткани содержанием влаги и жира можно пренебречь.

В результате исследований охлажденной говядины и свинины установлена высокая корреляционная зависимость удельной электропроводности от вида мяса, величины pH (отрицательная), цветовых характеристик, потери влаги и структурно-механических свойств мяса (положительная).

Исследование удельной электропроводности охлажденного мяса PSE, NOR, DFD

Основная классификация мясного сырья по качественным характеристикам – на группы PSE, NOR, DFD.

Согласно временной технологической инструкции, разработанной во ВНИИМП, сортировку мяса по величине pH выполняют в два этапа: по истечении 1 ч и через 24 ч после убоя животного. Такая сортировка продолжительна по времени и приводит к дополнитель-

ному обсеменению туш. Альтернативным методом сортировки мяса на группы качества является метод оценки мяса по удельной электропроводности.

С целью изучения диэлектрических свойств мяса PSE, NOR, DFD были проведены исследования удельной электропроводности длиннейшей мышцы свинины и говядины в зависимости от величины pH, измеренной через 1 час и 24 часа после убоя, и влагосвязывающей способности (ВСС) через 24 часа после убоя (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 – Удельная электропроводность и функционально-технологические свойства длиннейшей мышцы свинины

Показатель	Группы качества			Коэффициент корреляции
	PSE	NOR	DFD	
ЕС ₁ , мСм/см	6,83±0,28	4,73±0,26	3,39±0,55	-
ЕС ₂₄ , мСм/см	7,41±0,76	5,29±0,19	3,73±0,20	0,990**
pH ₁	5,67±0,16	6,46±0,15	6,55±0,18	- 0,930**
pH ₂₄	5,52±0,19	5,55±0,15	6,42±0,12	- 0,852**
ВСС, % к мышечной ткани	40,19±1,02	42,72±2,58	43,31±2,66	0,958*

* - порог достоверности P<0,05; ** - порог достоверности P<0,01

Начальная, через 1 час, величина pH в группе PSE свинины была 5,67 и значительно отличалась от групп NOR и DFD, в которых была примерно одинаковая (6,46 и 6,55 соответственно). В процессе автолиза величина pH в группе PSE и DFD практически не изменилась, а в группе NOR уменьшилась на 0,91 единиц, что говорит о распаде гликогена, образовании молочной кислоты и смещении pH в кислую сторону.

Величина удельной электропроводности, измеренная через 1 час после убоя при переходе от одной группы качества к другой (PSE→NOR→ DFD) снизилась в среднем на 1,75. Такая же тенденция сохранилась через сутки.

Влагосвязывающая способность тесно связана с величиной pH. Влагосвязывающая способность тем выше, чем больше интервал между величиной pH среды и изоэлектрической точкой (pH = 5,4).

Результаты наших исследований согласуются с исследованиями ученых Лисицына А.Б., Соловьева В.И., Кудряшова Л.С., Nonikel К.О. и других: мясо группы DFD имеет влагосвязывающую способность на 3,12 % больше, чем мясо группы PSE, и на 1,36 – чем NOR.

Полученные данные имеют корреляционную линейную зависи-

мость.

Аналогичные исследования были проведены с длиннейшей мышцей охлажденной говядины групп качества NOR и DFD.

Таблица 5 – Удельная электропроводность и функционально-технологические свойства длиннейшей мышцы говядины в зависимости от групп качества n=40

Показатель	Группы качества	
	NOR	DFD
EC ₁ , мСм/см	4,63±0,11	3,18±0,15
EC ₂₄ , мСм/см	5,87±0,26	3,28±0,21
pH ₁	6,54±0,23	6,72±0,16
pH ₂₄	6,02±0,51	6,51±0,13
ВСС, % к мышечной ткани	43,10±2,11	44,41±1,74

Изучение изменения величины pH в процессе послеубойных аутолитических изменений говядины показало значительное (7,95 %) снижение значение показателя через 24 часа в мясе группы NOR и незначительное (3,12 %) в группе DFD.

Величина влагосвязывающей способности, как и в свинине, выше у говядины группы качества DFD на 1,31 %.

При этом величина удельной электропроводности в группе NOR выросла на 21,12 %, а в группе DFD – на 3,05 %, что говорит об отсутствии энергетических превращений в мясе DFD, то есть процесс гликолиза практически отсутствует.

Столь четкая градация значений удельной электропроводности и ее взаимосвязь с величиной pH позволили установить интервалы значений удельной электропроводности для групп качества мяса (рисунок 2 и 3).

Оценку мясного сырья по величине удельной электропроводности и сортировку его на группы качества можно проводить через 1 час или через 24 часа после убоя животного.

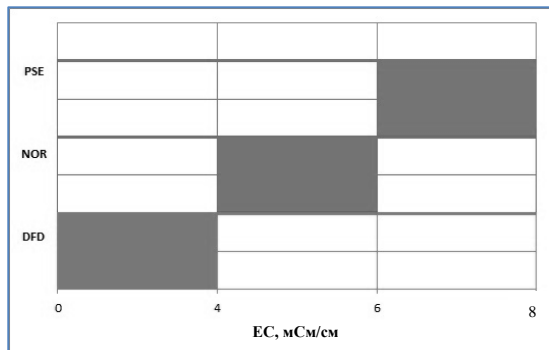


Рисунок 1 – Схема сортировки мяса на группы качества PSE, NOR, DFD через 1 час после убоя по результатам значений удельной электропроводности

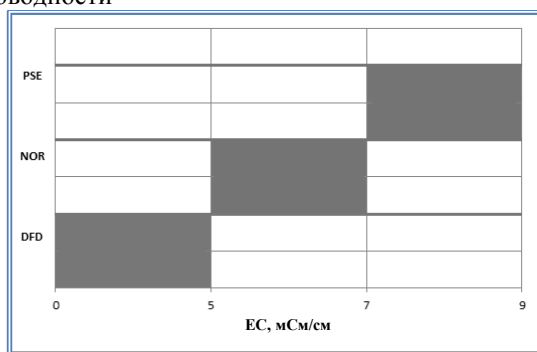


Рисунок 2 – Схема сортировки мяса на группы качества PSE, NOR, DFD через 24 часа после убоя по результатам значений удельной электропроводности

Результаты исследований апробированы в условиях ООО «Пушкинский мясной двор» на 20 свиных тушах с измерением удельной электропроводности и величины pH через 1 и через 24 часа после убоя в мышечной ткани шейного, лопаточного, спинно-поясничного и тазобедренного отрубов (таблица 6).

Таблица 6 - Значения удельной электропроводности и величины рН для разных частей свиных туш

n=20

Отрубы и мышцы	Показатели				Группа качества
	рН ₁	рН ₂₄	ЕС ₁ , мСм/см	ЕС ₂₄ , мСм/см	
Шейный отруб	6,52±0,07	5,88±0,06	4,86±0,03	5,19±0,04	NOR
Лопаточный	6,55±0,08	5,95±0,06	4,81±0,03	5,16±0,04	NOR
Спинно- поясничный	6,48±0,07	5,85±0,07	4,95±0,04	5,24±0,03	NOR
Тазобедренный	6,43±0,07	5,85±0,06	4,98±0,03	5,28±0,03	NOR
Шейный отруб	5,66±0,06	5,57±0,06	6,73±0,04	7,34±0,04	PSE
Лопаточный	5,68±0,07	5,57±0,06	6,71±0,04	7,29±0,4	PSE
Спинно- поясничный	5,65±0,07	5,54±0,05	6,91±0,03	7,50±0,04	PSE
Тазобедренный	5,58±0,07	5,50±0,06	7,12±0,04	7,63±0,04	PSE
Шейный отруб	6,74±0,08	6,49±0,09	3,32±0,03	3,56±0,03	DFD
Лопаточный	6,76±0,09	6,51±0,08	3,28±0,03	3,55±0,03	DFD
Спинно- поясничный	6,71±0,09	6,53±0,08	3,34±0,03	3,58±0,03	DFD
Тазобедренный	6,67±0,09	6,46±0,07	3,39±0,03	3,62±0,04	DFD

В результате исследований обнаружено, что из двадцати туш десять (50 %) имели показатели мяса NOR, семь (35 %) – PSE, три (15 %) – DFD.

Все полученные в процессе производственной проверки значения мяса разных групп качества укладывались в разработанные интервалы удельной электропроводности и не выходили за пределы стандартного отклонения с порогом достоверности $P=0,05$.

В результате полученных корреляционных связей удельной электропроводности с величиной рН₁, рН₂₄ и влагосвязывающей способностью составлены уравнения регрессии. Для оценки статистической значимости коэффициентов регрессии и корреляции рассчитаны t-критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей (таблица 7).

Оценка уравнения регрессии с помощью точности аппроксимации свидетельствует о хорошем подборе уравнения к исходным данным. Во всех уравнениях ошибка аппроксимации меньше 10%: точность аппроксимации (ϵ) первого уравнения – 1,97; второго – 1,71; третьего – 0,77.

Таблица 7 – Статистическая обработка экспериментальных данных

Показатель	Уравнение регрессии	t-критерий Стьюдента для коэффициента а	t-критерий Стьюдента для коэффициента b	Доверительный интервал коэффициента корреляции
pH ₁	y = -0,3 x + 7,8	63,02 > 2,101*	12,43 > 2,101*	r (-1; -0,9)
pH ₂₄	y = -0,27 x + 7,3	62,03 > 2,101*	11,59 > 2,101*	r (-0,99; -0,88)
ВСС	y = -1,16 x + 48,18	50,22 > 2,776*	6,30 > 2,776*	r (-1,06; -0,85)

* табличные значения критерия Стьюдента для определенного числа степеней свободы при уровне значимости P=0,05

Уравнения позволяют по измерению удельной электропроводности установить pH₁, pH₂₄ и ВСС свинины и говядины.

Следовательно, оценка мяса, основанная на измерении удельной электропроводности, является информативной и достаточной для его сортировки на группы качества.

Изучение удельной электропроводности охлажденного мяса разных групп качества в процессе хранения

Изменение величины удельной электропроводности в процессе хранения охлажденного мяса при температуре 2±1°C в течение 12 суток определяли после сортировки сырья на три группы качества (PSE, NOR, DFD) по цвету мышечной ткани, консистенции и величине pH, измеренной через 1 и 24 часа после убоя. Результаты исследований представлены в таблицах 8-10 и рисунке 3.

Таблица 8 - Изменение свойств длиннейшей мышцы охлажденной свинины группы качества NOR в процессе хранения

n=30

Показатель	Срок хранения						
	1 ч	24 ч	3 сут	5 сут	7 сут	10 сут	12 сут
pH	6,68± 0,07	5,95± 0,08	5,73± 0,08	5,64± 0,08	5,64± 0,07	5,66± 0,06	5,70± 0,05
ЕС, МСМ/см	4,94± 0,14	5,24± 0,46	6,12± 0,81	7,03± 0,44	7,74± 0,77	8,51± 0,97	9,03± 1,08
ВСС, % к мышечной ткани	45,80± 1,30	42,56± 1,52	43,24± 1,68	43,86± 0,93	44,15± 1,36	42,19± 1,52	41,58± 1,39
КМАФАМ КОЕ/г (не более 1x10 ³)	2x10	2x10 ²	2x10 ²	4x10 ²	4x10 ²	8x10 ²	1x10 ³

Продолжение таблицы 8

Показатель	Срок хранения						
	1 ч	24 ч	3 сут	5 сут	7 сут	10 сут	12 сут
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы (в 25 г не допускаются)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн.
БГКП (в 0,1 г не допускаются)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Органолептическая оценка	свежее	свежее	свежее	свежее	свежее	свежее	сомнительной свежести

Таблица 9- Изменение свойств длиннейшей мышцы охлажденной свинины группы качества PSE в процессе хранения

n=30

Показатель	Срок хранения						
	1 ч	24 ч	3 сут	5 сут	7 сут	10 сут	12 сут
pH	5,65± 0,05	5,54± 0,08	5,50± 0,10	5,50± 0,08	5,53± 0,09	5,66± 0,07	5,78± 0,05
ЕС, мСм/см	6,85± 0,42	7,50± 0,38	8,28± 0,84	8,67± 0,61	9,84± 0,57	11,79± 0,57	13,47± 0,89
ВСС, % к мышечной ткани	41,16± 1,22	40,27± 1,20	40,34± 1,51	40,87± 0,38	40,62± 0,76	40,10± 0,63	39,62± 1,18
КМАФАМ КОЕ/г (не более 1x10 ³)	1x10	2x10	3x10 ²	4x10 ²	1x10 ³	1x10 ³	2x10 ³
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы (в 25 г не допускаются)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн.
БГКП (в 0,1 г не допускаются)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Органолептическая оценка	свежее	свежее	свежее	свежее	сомнительной свежести	сомнительной свежести	не свежее

Таблица 10 - Изменение свойств длиннейшей мышцы охлажденной свинины группы качества DFD в процессе хранения

n=30

Показатель	Срок хранения						
	1 ч	24 ч	3 сут	5 сут	7 сут	10 сут	12 сут
pH	6,68± 0,09	6,50± 0,09	6,34± 0,10	6,27± 0,07	6,30± 0,09	6,35± 0,07	6,36± 0,08
ЕС, мСм/см	3,35± 0,41	3,57± 0,73	4,98± 0,53	6,98± 0,58	9,05± 1,21	10,46± 1,34	12,32± 1,29
ВСС, % к мышечной ткани	46,64± 1,27	45,16± 1,19	45,43± 1,51	45,69± 0,74	44,38± 0,72	43,51± 0,96	41,87± 1,16
КМАФАМ КОЕ/г (не более 1x10 ³)	5x10	1x10 ²	2x10 ²	6x10 ²	1x10 ³	2x10 ³	3x10 ³
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы (в 25 г не допускаются)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	обн.	обн.
БГКП (в 0,1 г не допускаются)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Органолептическая оценка	свежее	свежее	свежее	свежее	сомнительной свежести	сомнительной свежести	не свежее

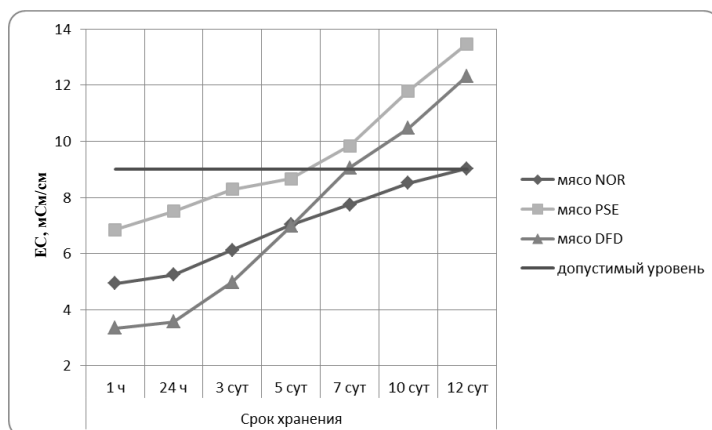


Рисунок 3. Динамика изменения удельной электропроводности в процессе хранения мяса разных групп качества

Согласно результатам полученных исследований величина рН в процессе хранения вначале снижается, а потом возрастает во всех группах качества, что связано с окончанием процесса созревания и стабилизацией свойств мяса.

В первые сутки хранения в группе качества NOR наблюдается резкое падение рН на 0,98 единиц, что свидетельствует об активном образовании молочной кислоты в процессе распада мышечного гликогена.

В других группах такой скачок не наблюдался, очевидно, потому, что в мясе PSE образование молочной кислоты в мышечной ткани происходит при жизни животного, а в DFD мясе ее запасы истощены.

Анализ изменения влагосвязывающей способности показал, что лучшие значения имеет свинина группы DFD в течение пяти суток (45,16 – 46,64 %) и группы NOR в первый час после убоя (45,8 %) и на 7 сутки после убоя (44,15 %), т.е. по окончании процесса созревания мяса. Свинина PSE на всем протяжении эксперимента характеризовалась низкой влагосвязывающей способностью – 39,62 - 41,16 %. Полученные данные соответствуют утверждениям отечественных и зарубежных ученых об автолитических процессах в мясе с отклонениями качества.

Микробиологические и органолептические исследования свинины разных групп качества показали, что в группе NOR признаки порчи наблюдаются на 12 сутки хранения, а в группах PSE и DFD на 7-е, что коррелирует с величиной удельной электропроводности.

Изменение удельной электропроводности является мерой разрушения клеточных мембран мышечной ткани, которые сохраняют жидкость в пределах клеток. У мышечной ткани с неповрежденными клеточными мембранами - низкое значение электропроводности, которое растет с увеличением содержания воды в межклеточном пространстве.

Изучение изменения удельной электропроводности в процессе хранения мяса позволило установить некоторые закономерности:

- с течением времени величина удельной электропроводности увеличивается: в группе NOR на 45,3 % с 4,94 до 9,03 мСм/см, в группе PSE на 49,1 % с 6,85 до 13,47 мСм/см, в группе DFD на 65,7 % с 3,35 до 9,78 мСм/см. Это связано с разрушением тканей, обусловленным биохимическими процессами, и увеличением проницаемости мембран, а, следовательно, ослаблением эффекта электрической поляризации на границе раздела проводящих сред, уменьшением сопротивления и увеличением обратной величины – электропроводности;

- при величине удельной электропроводности более 9 мСм/см наблюдаются микробиологические и органолептические признаки пор-

чи мяса во всех группах изучаемого сырья. Следовательно, измерение удельной электропроводности может служить для оценки свежести мяса.

Оценка удельной электропроводности размороженного мяса

В торговле мясом наблюдаются случаи реализации недобросовестными продавцами размороженного мяса под видом охлажденного. В настоящее время не существует экспресс-метода установления фальсификации термического состояния мяса.

Для обоснования возможности определения термического состояния мяса (размороженного и повторно размороженного) на примере свинины изучили её удельную электропроводность и функционально-технологические свойства. Опыт проводили по следующей схеме: охлажденную однородную по качеству длиннейшую мышцу спины разных групп качества через сутки после убоя делили на три части, которые упаковывали в полимерные пакеты, две третьих из них замораживали и хранили при температуре -18°C в течении 90 суток, затем размораживали до $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ в толще тканей, половину размороженного мяса вновь замораживали на 90 суток и повторно размораживали; одну третью часть подготовленных образцов охлаждали до $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ в течении 3 суток. Во всех образцах измеряли удельную электропроводность, величину pH, влагосвязывающую способность и потери мясного сока (таблица 11).

Таблица 11 - Функционально-технологические показатели охлажденного и размороженного мяса

n=270

Термическое состояние мяса	ЕС, мСм/см	pH	Потери мясного сока, %	ВСС, % к мышечной ткани
Группа качества NOR				
охлажденное	6,74±0,77**	5,64±0,07**	-	44,15±1,36*
размороженное однократно	14,52±0,79**	5,60±0,06**	0,86±0,03*	41,87±0,82*
размороженное повторно	18,68±2,54**	5,58±0,08*	1,06±0,05*	39,12±0,54*
Группа качества PSE				
охлажденное	8,34±0,57**	5,53±0,09*	-	40,62±0,76*
размороженное однократно	16,39±1,23**	5,48±0,08**	2,14±0,07*	37,48±0,68*

Продолжение таблицы 11

Термическое состояние мяса	ЕС, мСм/см	pH	Потери мясного сока, %	ВСС, % к мышечной ткани
размороженное повторно	19,49±1,70**	5,44±0,09*	2,42±0,09*	35,29±0,49*
Группа качества DFD				
охлажденное	4,85±1,21**	6,30±0,09*	-	44,68±0,72*
размороженное однократно	14,06±0,68**	6,23±0,07**	0,75±0,06*	42,77±1,05*
размороженное повторно	18,27±0,52**	6,19±0,09**	0,93±0,07*	39,53±0,83*

* - порог достоверности $P < 0,05$; ** - порог достоверности $P < 0,01$

Анализ данных таблицы 11 показал, что во всех группах качества значение величины pH при размораживании снижается: в группе NOR на 0,70 % к значению охлажденного мяса при первом размораживании, на 1,06 % - при повторном; в группе PSE на 0,90 и 1,63%, DFD на 1,11 и 1,75 % соответственно. Таким образом, наибольшее снижение наблюдается в мясе DFD. Это может происходить как за счет автолитических, так и вследствие ферментативных процессов в размороженном мясе.

Величина потерь мясного сока зависит от степени разрушения структуры тканей кристаллизующейся влагой. Во всех изученных образцах снижается гидрофильность тканей при замораживании.

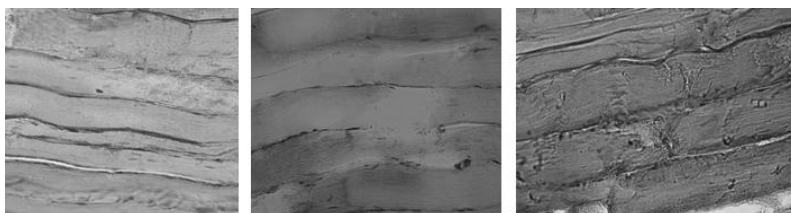
Наибольшие потери мясного сока наблюдаются в группе PSE 2,14 % при первом и 2,42 % при повторном размораживании. Это можно объяснить тем, что степень снижения гидрофильных свойств зависит от глубины развития автолиза: чем полнее автолиз, тем сильнее замораживание влияет на снижение гидрофильности.

Замечено, что при повторном размораживании потери мясного сока в среднем на 0,22 % больше, чем при первом.

В исследуемых образцах снижалась влагосвязывающая способность: в мясе NOR на 2,28 % к охлажденному мясу при первом размораживании, на 5,03 % – при повторном, в мясе PSE на 3,14 и 5,33%, в мясе DFD на 2,61 и 5,85 % соответственно.

Наибольшее снижение влагосвязывающей способности отмечено при повторном размораживании, что объясняется сильным разрушением структуры тканей и денатурационными изменениями белков, приводящим к непригодности мяса для производства консервов, полуфабрикатов и колбасных изделий.

Гистологические исследования свинины подтверждают высказанные предположения (рисунок 4).



а) б) в)

Рисунок 4 – Микроструктура длинной мышцы свинины.
Об. 40X.

а) охлажденной, б) замороженной, в) размороженной

В образцах, подвергнутых размораживанию, отмечены изменения микроструктуры: мышечные волокна преимущественно имеют спрямленную форму, нарушена их целостность; между мышечными волокнами в эндомизии, а также в областях соединительнотканых прослоек перимизия обнаруживаются пустоты разной величины, появившиеся в результате таяния кристаллов льда; пучки мышечных волокон в областях перимизия сильно разрежены; наблюдается разрыхление волокнистых элементов соединительной ткани.

Измерение удельной электропроводности охлажденной и размороженной свинины всех групп качества позволило установить следующие закономерности:

- значение удельной электропроводности размороженного мяса выше, чем охлажденного: размороженного один раз в среднем в 1,71 раз, дважды – в 2,15 раза;

- наибольшие значения удельной электропроводности отмечены в мясе PSE: при первом размораживании – 16,39 мСм/см, что на 12,9 % больше чем в группе NOR, при повторном – 19,49 мСм/см, что на 4,3 % больше группы NOR и на 6,7 % группы DFD;

- значение величины удельной электропроводности однократно размороженного мяса для всех групп качества превышало 14 мСм/см, при повторном размораживании – выше 18 мСм/см.

Увеличение значения удельной электропроводности при размораживании происходит вследствие разрушения клеточных мембран, повышающих сопротивление мышечной ткани, и вытекания ткане-

вой жидкости в межклеточное пространство, изменяющего концентрацию солей в мясном соке.

Результаты полученных данных позволяют установить граничные значения величины удельной электропроводности для идентификации охлажденного и размороженного мяса, с том числе при повторном размораживании (рисунок 5).

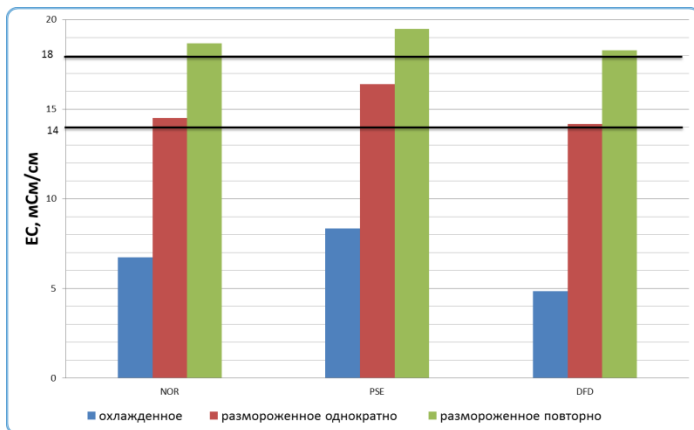


Рисунок 5 - Сравнение удельной электропроводности охлажденного и размороженного мяса

Таким образом, установлено, что измерение удельной электропроводности мяса информативно и точно определяет его термическое состояние и может служить арбитражным экспресс-методом при установлении фальсификации термического состояния мяса.

Разработка метода оценки качества мяса по электропроводности

В результате проведенных исследований разработан метод измерения удельной электропроводности мяса, который основан на механизме поляризационных явлений в биоткани.

При прохождении через исследуемый образец мяса переменного тока определенной частоты определяют его полное электрическое сопротивление и обратную величину – удельную электропроводность, по которой проводят сортировку мяса на группы качества или оценку термического состояния мяса. Учитывая, что клеточная структура мяса в процессе хранения меняется, его электрические характеристики также претерпевают изменения: по мере разрушения

мембран клеток полное электрическое сопротивление мяса падает, а его удельная электрическая проводимость растёт.

Преимуществом этого метода является универсальность в определении качества мяса.

С целью внедрения метода оценки мяса по удельной электропроводности в мясоперерабатывающее производство разработан прототип прибора. Прибор имеет следующие характеристики: переменный ток, напряжение 15 В, частота 10 кГц. Значения величины удельной электропроводности, полученные разработанным прибором отличаются от измеренных прибором PQM-I на 0,01 %, т.е. на величину погрешности прибора.

Для внедрения на предприятии системы оценки мяса по удельной электропроводности и сортировки на группы качества изменена форма отчетности – отвес-накладная на приемку скота по количеству и качеству полученного мяса.

Выводы

1. Установлена высокая корреляционная зависимость удельной электропроводности с величиной pH (- 0,95), цветовыми характеристиками (0,92) и влагосвязывающей способностью (0,96) мяса.

2. Обоснована и подтверждена производственной проверкой сортировка мясного сырья на группы качества по значению величины удельной электропроводности, измеренной через 1 (24) часа после убоя: до 4,0 (5,0) мСм/см – DFD, от 4,0 (5,0) до 6,0 (7,0) мСм/см – NOR, свыше 6,0 (7,0) мСм/см – PSE.

3. Установлено, что в процессе хранения охлажденного мяса величина удельной электропроводности возрастает, при этом при значении удельной электропроводности более 9 мСм/см наблюдаются признаки микробиологической и органолептической порчи мяса во всех группах качества. Следовательно, измерение удельной электропроводности может служить для оценки свежести мяса.

4. Доказано, что значение удельной электропроводности размороженного мяса выше, чем охлажденного: однократно размороженного в среднем в 1,71 раз, повторно – в 2,15 раза, что позволило установить граничные значения величины удельной электропроводности для идентификации размороженного мяса: выше 14 мСм/см – размороженное, выше 18 мСм/см – повторно размороженное мясо.

5. На основании результатов научных исследований и производственных испытаний разработан и научно обоснован метод и прототип прибора для оценки мяса по удельной электропроводности.

6. Расчет экономической эффективности показал, что внедрение метода оценки мяса по удельной электропроводности позволит снизить выплаты перерабатывающих предприятий на 2,5 % от стоимости сырья за счет сортировки на группы качества и за счет однократного применения прибора ЕС-метра по сравнению с двукратным применением рН-метра.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Захаров, А.Н. Электропроводность мяса/ А.Н. Захаров, Е.Б. Сусь // Все о мясе. - 2011. – №5. - с. 48-50.

2. Захаров, А.Н. Оценка термического состояния мяса по электропроводности/ А.Н. Захаров, Е.Б. Сусь // Все о мясе.– 2013. – № 4. – с. 26-27.

Другие статьи и материалы конференций:

1. Захаров, А.Н. Факторы, влияющие на электропроводность мяса/ А.Н. Захаров, Е.Б. Сусь // Сборник докладов 14-ой международной научной конференции памяти В.М. Горбатова «Перспективные направления исследования в области переработки мясного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания». - Москва. – 2011. – с. 54-58.

2. Захаров, А.Н. Метод определения качества мяса по его электропроводности/ А.Н. Захаров, Е.Б. Сусь // Сборник материалов IX Международной научной конференции студентов и молодых ученых. - Москва. – 2011. – с. 402-405.

3. Захаров, А.Н. Исследование электропроводности мяса для определения его термического состояния/ А.Н. Захаров, Е.Б. Сусь // Сборник докладов 15-ой международной научной конференции памяти В.М. Горбатова «Перспективные направления исследования в области переработки мясного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания». - Москва. - 2012. – Том. 1, с. 140-146.

Тираж экз. 100 Заказ №79

ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии