МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ им. В.М. ГОРБАТОВА» РАН

На правах рукописи

Козырев Илья Владимирович

РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТИВНЫХ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОВЯДИНЫ ДЛЯ ЕЁ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор, академик РАН
Лисицын А.Б.

Москва

2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 3
ГЛАВА 1. Анализ литературных источников ... 7
1.1 Состояние скотоводства в России ... 7
1.2 Роль говядины в рационе человека. Предпочтения потребителей и оценка качества говядины ... 15
1.3 Цвет как объективный показатель качества мяса. Механизмы цветообразования ... 18
1.4 Влияние цвета жировой ткани на качество говядины ... 22
1.5 Влияние мраморности на показатели качества говядины ... 24
1.6 Заключение к анализу литературных источников ... 26
ГЛАВА 2. Объекты и методы исследований ... 28
ГЛАВА 3. Результаты исследований ... 34
3.1 Изучение цвета мышечной ткани длиннейшей мышцы спины от туш молодняка крупного рогатого скота и установление взаимосвязи с показателями качества ... 34
3.2 Изучение цвета жировой ткани длиннейшей мышцы спины от туш молодняка крупного рогатого скота и установление взаимосвязи с показателями качества ... 44
3.3 Изучение уровня мраморности длиннейшей мышцы спины от туш молодняка крупного рогатого скота и установление взаимосвязи с показателями качества ... 47
3.4 Оценка качества говядины разных степеней мраморности в процессе созревания в упакованном и неупакованном виде ... 56
3.5 Оценка потребительских предпочтений при выборе говядины по цвету мышечной ткани, цвету жировой ткани, мраморности ... 66
3.6 Выбор материала для изготовления эталонов ... 69
3.7 Принципы рациональной сортировки говядины с применением экспресс-методов ... 71
3.8 Экономическая эффективность применения разработанных методических рекомендаций сортировки говядины на группы в зависимости от качества ... 74
ВЫВОДЫ ... 75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ... 77
ПРИЛОЖЕНИЯ ... 87

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В настоящее время на российском рынке мяса и мясных продуктов наблюдается всё большая заинтересованность потребителей в приобретении продукции высокой пищевой и биологической ценности, в частности, говядины. В этой связи появляется всё больше предприятий мясной отрасли, производящих этот вид продукции, что позволяет уверенно двигаться в направлении замещения импортной говядины на российском рынке. При этом исключительно важным является вопрос объективной оценки говядины и дальнейшего её рационального использования в зависимости от показателей качества и технологических свойств.

Одними из объективных критериев, отражающих качество мясного сырья, являются цвет мышечной и жировой тканей и содержание внутримышечного жира. По ним можно судить о целом ряде свойств говядины: биохимических, технологических, структурно-механических, и т.д. Также немаловажным фактором является то, что эти показатели можно определить объективным методом (например, с помощью эталонов) в условиях конвейера. Во многих странах, являющихся признанными мировыми лидерами в производстве говядины, существуют системы объективной оценки качества мясного сырья, и каждая из них учитывает национальные и региональные особенности: породный состав, условия содержания, рационы откорма, предпочтения потребителей. Разработка российской системы объективной оценки говядины, включающей в себя экспресс-методы, на основе изучения корреляционной зависимости между показателями качества и технологическими свойствами мясного сырья, позволит определять направление использования говядины при реализации и переработке. Внедрение системы объективной оценки говядины с одной стороны, повысит экономическую эффективность предприятий по переработке говядины, а с другой – стимулирует производителей к увеличению производства говядины высокого качества за счёт выращивания высокопродуктивного молодняка крупного рогатого скота мясных пород, применения новых технологий откорма и модернизации производства.

Цель и задачи исследований

Целью работы являлась разработка на основе выявленных корреляционных зависимостей между цветом мышечной, жировой тканей, мраморностью и показателями качества объективных экспресс-методов оценки российской говядины в условиях производства для дальнейшей сортировки по направлениям использования.

Для реализации поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. осуществить сбор данных цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности российской говядины от молодняка крупного рогатого скота разного пола, направления продуктивности и категории качества, применяемых технологий содержания и откорма животных, определить группы по цвету мышечной ткани, цвету жировой ткани и мраморности, характерные для российской говядины и установить средние (эталонные) значения цвета мышечной и жировой тканей и мраморности для каждой группы;

2. установить корреляционные зависимости между цветом мышечной, жировой тканей, мраморностью, измеренными перед разделкой и обвалкой, и технологическими, потребительскими, микроструктурными свойствами в рамках каждой группы, рассчитать коэффициенты для уравнений регрессии, составить шкалу оценки качества говядины;

3. разработать экспресс-методы оценки цвета мышечной, жировой тканей и мраморности говядины с использованием эталонов в производственных условиях, определить материал для изготовления эталонов;

4. провести исследования предпочтений потребителей в цвете мышечной ткани, цвете жировой ткани и мраморности;

5. изучить изменение цвета мышечной ткани говядины в процессе созревания в течение 4, 16 и 28 суток и влияние мраморности на этот процесс;

6. разработать и апробировать в производственных условиях «Методические рекомендации по применению экспресс-методов оценки качества говядины на основе измерения цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности (с использованием эталонов)».

Научная новизна работы

Установлена взаимосвязь между технологическими, потребительскими и микроструктурными свойствами российской говядины и цветом мышечной и жировой тканей и мраморностью, научно обоснована объективная оценка и сортировка говядины на группы в зависимости от качества с применением экспресс-методов.

Практическая значимость

На основе применения экспресс-методов оценки говядины по цвету мышечной и жировой тканей и мраморности, за счёт рационального использования мясного сырья и определения ценовой политики, как при закупке крупного рогатого скота, так и при реализации говядины повышается экономическая эффективность предприятий мясной промышленности.

Положения, выносимые на защиту

– база данных цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности говядины от молодняка крупного рогатого скота;

– эталоны цвета мышечной и жировой тканей в визуальном и цифровом виде;

– корреляционные зависимости показателей качества говядины от цвета мышечной и жировой тканей;

– эталоны мраморности говядины;

– результаты исследования потребительских предпочтений цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности;

– алгоритм рациональной сортировки говядины и «Методические рекомендации по применению экспресс-методов оценки качества говядины на основе измерения цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности (с использованием эталонов)».

Апробация работы

Система оценки апробирована на предприятиях мясной промышленности России, в частности, ООО «Пушкинский мясной двор», ООО «Городской супермаркет», ООО «Брянская мясная компания», ООО «Крpос».

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1 Состояние скотоводства в России

Мясное скотоводство является одной из самых трудоёмких отраслей в сельском хозяйстве – как в России, так и во всём мире. В настоящее время в России действуют программы поддержки мясного скотоводства, однако рентабельность выращивания мясного скота, по данным Министерства сельского хозяйства РФ, до сих пор остаётся на низком уровне – минус 34,6% [1]. Крупные вертикально интегрированные компании компенсируют убыточность выращивания с помощью внедрения принципов глубокой переработки и высокой стоимости продукции (отрубов и полуфабрикатов из говядины), однако небольшим и средним хозяйствам эти способы зачастую недоступны. В сложившихся условиях наблюдается тенденция сотрудничества между крупными холдингами и фермерами – так, ряд компаний заключает долгосрочные (10-15 лет) договоры с хозяйствами, передавая технологии выращивания, откорма и дотируя закупку необходимого сырья и материалов, взамен получая загруженность мощностей производства и стабильное качество продуктивных животных. Но, несмотря на всё это, доля крупного рогатого скота мясных пород в развитых странах составляет от 40 до 85% [2], в то время как в России она лишь недавно превысила 10% [3].

Развитие мясного скотоводства в России сталкивается с целым рядом проблем, таких, как недостаточность собственного генофонда крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, небольшое количество племенных хозяйств, относительно невысокое число пробонитированных быков-производителей, зависимость от импорта быков-производителей и бычьей спермы [4, 5]. Также развитие мясного скотоводства сдерживают отсутствие инфраструктуры во многих регионах РФ и нехватка квалифицированных кадров [2].

В России получили широкое распространение следующие породы крупного рогатого скота: абердин-ангусская, герефордская, калмыцкая, казахская белоголовая и другие. Эти породы также используются для племенного разведения крупного рогатого скота в России. Российские учёные выводят и новые мясные породы крупного рогатого скота, например, русскую комолую, полученную в результате скрещивания абердин-ангусской и калмыцкой пород. Скот русской комолой породы обладает высокими хозяйственными показателями и приспособленностью к российским условиям выращивания [6, 7]. По аналогичному пути идут и некоторые другие страны – так, в Южной Америке, южных штатах США и в Австралии получила распространение порода крупного рогатого скота брангус, выведенная путём скрещивания скота абердин-ангусской породы и породы брахман, отличающейся высокой устойчивостью к жаркому климату [8, 9].

По данным 2015 года, в Государственном племенном регистре зарегистрировано 320 племенных стад крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, с общим поголовьем 176,0 тыс. голов [10]. Породный состав племенного скота (в %) представлен на рисунке 1.

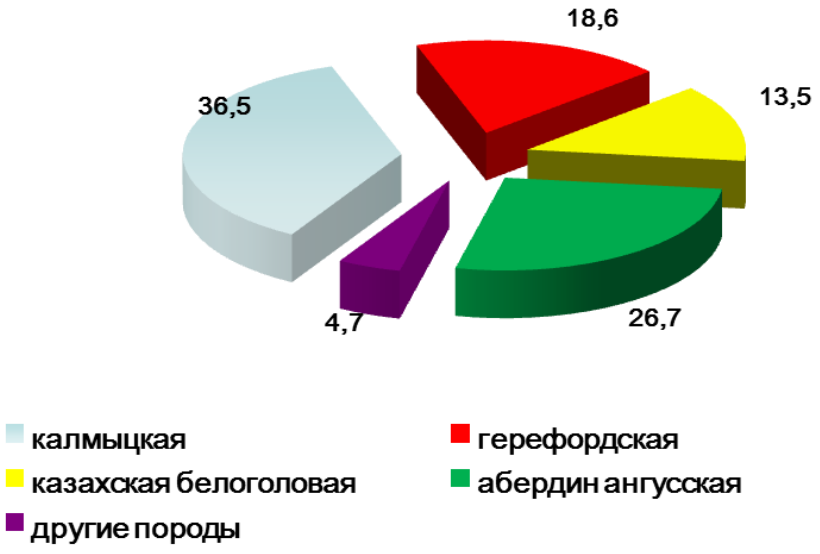


Рисунок 1 – Породный состав племенного скота в России

Хозяйственные показатели различных пород крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, используемых в хозяйствах Российской Федерации, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Хозяйственные показатели мясных пород крупного рогатого скота

Порода	Масса теленка при рождении, кг	Выход телят на 100 коров (в лучших хозяйствах)	Среднесуточный прирост до 18 мес., г	Живая масса в возрасте 18 мес., кг	Убойный выход, %
Герефордская	30-37	85-93	1000-1200	550-600	60-62
Абердин-ангусская	22-32	87-95	1000-1200	550-600	62-64
Шаролезская	45-55	70-80	1100-1500	650-750	59-61
Лимузинская	35-43	85-90	1000-1300	550-650	62-64
Салерс	34-40	87-95	900-1200	500-600	58-60
Калмыцкая	19-23	95-100	800-900	430-500	58-62
Казахская белоголовая	20-30	90-96	900-1000	450-550	59-61
Симментальская	38-44	85-95	1000-1300	550-650	56-69
Русская комолая	25-30	93-98	1200-1300	600-650	62-64

Ниже представлено описание распространённых в России и мире пород крупного рогатого скота мясного направления продуктивности [11].

Абердин-ангусская порода выведена в Шотландии (графства Абердин и Ангус) совершенствованием местного черного комолого скота. Туловище глубокое и округлое, на коротких ногах, шея короткая, крестец и поясница хорошо поставлены, мускулатура окорока опускается до скакательного сустава. Животные комолые. Масть черная. Живая масса быков – 750-800 кг, иногда до 1000 кг; коров – 500-550 кг. Бычки-кастраты к 15-16-месячному возрасту при интенсивном выращивании и откорме достигают массы 450-460 кг. Мясо отличается мраморностью.

Герефордская порода выведена в XVIII в. в Англии (графство Херефордшир) отбором и подбором местного скота. Животные с бочкообразным, приземистым, широким и глубоким туловищем, холка, подгрудок, брюхо, нижняя часть конечностей и кисть хвоста белые. Живая масса быков – 850-1000 кг, коров – 550-600 кг. В породе выделяются три конституциональгых типа: крупный высокорослый, мелкий компактный и средний. Скот хорошо откармливается и

нагуливается, дает высококачественное мраморное мясо. Убойный выход – 60-65%, иногда до 70%. Животные скороспелы, выносливы, приспособлены к различным природным условиям, продолжительному содержанию на пастбищах.

Казахская белоголовая порода выведена в 30-40 гг. XX в. в колхозах и совхозах Казахстана, Оренбургской и Волгоградской областей скрещиванием местного казахского и частично калмыцкого скота с герефордской породой. Утверждена в 1950 г. Животные хорошо выраженного мясного типа телосложения. Масть красная различных оттенков, голова, грудь, брюхо, нижняя часть ног и кисть хвоста белые. Летом волосяной покров гладкий, короткий, к зиме животные обрастают густой, длинной шерстью. Живая масса быков – 850-1000 кг, коров – 500-550 кг. Скот отличается скороспелостью. При интенсивном выращивании молодняк к 15-18 мес. достигает живой массы 450-470 кг. Животные хорошо нагуливаются и откармливаются. Убойный выход – 55% и более. Порода используется для скрещивания с молочным скотом с целью улучшения его мясных качеств. Разводится в Казахстане, а также в Нижнем и Среднем Поволжье, других районах России.

Калмыцкая порода выведена длительным совершенствованием скота, приведенного кочевыми калмыцкими племенами около 350 лет назад из западной части Монголии. Масть красная разных оттенков (иногда с белой полосой на спине и белыми отметинами на туловище), реже рыжая. Живая масса быков – 750-900 кг, коров – 420-500 кг. Скот неприхотлив к кормам и условиям содержания, хорошо использует зимние пастбища, быстро нажировывается весной и осенью, стойко сохраняет упитанность во время летних засух и зимовок.

Русская комолая порода выведена в результате скрещивания абердин-ангусской и калмыцкой пород. Масть чёрная. Живая масса взрослых быков – 1150-1250 кг, взрослых коров – 800-900 кг. Скот неприхотлив условиям содержания, устойчив к болезням, превосходит скот абердин-ангусской породы по хозяйственным показателям.

Помимо низкой рентабельности выращивания и откорма и отсутствия достаточного количества племенных хозяйств крупного рогатого скота мясного

направления продуктивности, производители сталкиваются с отсутствием объективной системы оценки говядины и, как следствие, прозрачного ценообразования. В зарубежных стандартах оцениваются такие показатели, как цвет мышечной и жировой ткани, мраморность, степень окостенения (развития костной ткани) и другие [12, 13, 14, 15].

В стандартах Австралии определяют целый ряд показателей качества мяса. Например, показатель окостенелости – развития костной ткани. Это служит объективным критерием возраста животного. Шкала окостенелости варьируется от 100 до 590 с шагом в 10 пунктов.

Для определения мраморности используют визуальные стандарты мраморности Meat Standards Australia (MSA) и AUS-MEAT. В отчет включаются как оценки по системе MSA, так и по системе AUS-MEAT. Цвет мышечной ткани измеряют согласно стандартам AUS-MEAT, шкала цвета от 1A (очень бледное) до 7 (очень темное, фиолетовое). Так как это важно для потребителей, цвета мяса от 1B (бледно-красное) до 3 (ярко-красное) допускают в зависимости от предприятия по убою или специфики бренда. Цвет жировой ткани измеряют согласно стандартам AUS-MEAT, шкала от 0 (белый) до 9 (желтый). Категории туш говядины подразделяют на две группы: базовые и альтернативные. Базовые категории (телятина, говядина, мясо от быков) предусматривают идентификацию туш в зависимости от пола и возраста (по наличию постоянных резцов от 0 до 8): телятина «V» (0 резцов), говядина «A» или просто говядина (от телок, бычков без явных вторичных половых признаков и кастратов, все с наличием постоянных резцов от 0 до 8); бычатина «B» – туши от быков, имеющих вторичные половые признаки, с постоянными резцами от 0 до 8. Альтернативные категории туш «Говядина» включают 11 категорий туш от животных разного пола и возраста.

В США стандарты по классификации туш говядины по категориям впервые были сформулированы в 1916 году. В последующие годы до настоящего времени в стандарты вносились изменения и уточнения в соответствии с условиями производства и требованиями рынка.

В США согласно стандарту на крупный рогатый скот для убоя говядину классифицируют в зависимости от пола, возраста животных, категории качества и категории выхода розничных отрубов.

По полу и возрасту классифицируют на пять классов: бычки, волы, быки, телки, коровы.

Говяжьи туши, рассортированные по половому и возрастному признаку, идентифицируют по категории зрелости. Предусмотрено 8 категорий качества туш: прима, отборная, лучшая, стандарт, коммерческий, утилитарный, низший и каннер (вне категории).

Мраморность и цвет мышечной и жировой тканей оценивают на мышечном глазке охлажденной туши в области между 12-м и 13-м ребрами. Шкала мраморности – от 1 до 6. Шкала цвета мышечной ткани – от 1 до 7.

Категорию выхода розничных отрубов (от 1 до 5) туш определяют по количеству поверхностного жира, количеству околопочечного жира, площади мышечного глазка, массе туши.

Канадская система сортировки скота и туш говядины создана в 1929 году, непрерывно совершенствуется и считается, как и система США, одной из лучших в мире. Многие положения системы сходны с подходами США, но имеются и различия. Система является добровольной для каждого производителя. Организационно классификацию туш говядины на мясокомбинатах обеспечивает Канадское агентство классификации.

В канадских стандартах существует 13 категорий качества: Канада А, Канада АА, Канада ААА, Канада прима, Канада В1. Канада В2, Канада В3, Канада В4, Канада Д1, Канада Д2, Канада Д3, Канада Д4 и Канада Е. Прима и А, АА и ААА – туши наивысшего качества. Ключевыми критериями для оценки категории качества туш являются: возрастная зрелость, обмускуленность, качество мяса (структура и плотность), жировой полив, мраморность, цвет мышечной и жировой тканей. При оценке по цвету для высших категорий допускается только ярко-красный цвет мышечной ткани, белый цвет жировой ткани и мраморность не менее «небольшой».

В Европе первой страной, где в начале 1970-х годов была разработана система оценки скота и туш говядины, была Великобритания. Эта система известна теперь как система «EUROP». Разработку стандартов, их усовершенствование и услуги по их использованию осуществляет MLC (комиссия по мясу и животноводству) Великобритании.

Согласно этим стандартам, оценивают показатели качества туши (масса, развитие мускулатуры, жировой полив) и показатели качества мяса, в частности, цвет мышечной ткани и цвет жировой ткани по 7 классам.

На территории Таможенного союза действуют стандарты, разработанные Всероссийским научно-исследовательским институтом мясной промышленности им. В.М. Горбатова: государственный стандарт ГОСТ Р 55445-2013 «Мясо. Говядина высококачественная. Технические условия», а после заменивший его аналогичный межгосударственный стандарт ГОСТ 33818-2016. Стандарт устанавливает правила оценки и классификации говядины, полученной от молодняка крупного рогатого скота мясной продуктивности. Стандарт распространяется на высококачественную охлажденную говядину, предназначенную для реализации в торговле и для использования в сети общественного питания в виде отрубов.

В стандарт включены следующие показатели качества: масса туши, выполненность форм животного и развитие мускулатуры, цвет мышечной ткани, цвет подкожного жира, мраморность, величина pH, толщина подкожного жира, площадь мышечного глазка.

Стандартом ГОСТ 34120-2017 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах. Технические условия» установлены требования как к животным для убоя, так и к полученным тушам. Туши оценивают по массе, развитию мускулатуры и жировому поливу. Необходимо отметить, что объективным критерием из трёх перечисленных является лишь масса туши.

По сравнению с действующими российскими стандартами по оценке говядины, многие зарубежные стандарты учитывают большее количество

объективных показателей качества, а практика их применения давно устоялась. Несмотря на это, использование зарубежных стандартов в российской практике не представляется возможным, так как они не учитывают российских особенностей породного состава, выращивания, откорма, предпочтений конечных потребителей и предприятий мясной промышленности. Кроме того, стандарт является не только системой оценки, но и способом стимулирования сельскохозяйственных предприятий к выращиванию молодняка крупного рогатого скота мясных пород, от которого можно получить говядину высокого качества, а стимулирование невозможно без учёта перечисленных особенностей. Необходимость создания национальной системы оценки доказывает то, что даже страны, близкие географически и находящиеся в тесном торгово-экономическом взаимодействии, например, США и Канада, имеют собственные системы оценки для регулирования внутреннего рынка.

Помимо прочего, хотя ГОСТ 33818-2016 «Мясо. Говядина высококачественная. Технические условия» и устанавливает требования к цвету мышечной и жировой тканей и мраморности, представленные в стандарте цвета приведены для информации и не могут являться объективными эталонами. В этой связи возникает ситуация, при которой объективные критерии (цвет, мраморность) в действительности объективными быть не могут, так как для классов по цвету и мраморности нет соответствующих эталонов в визуальном или цифровом отображении.

Разработка объективных экспресс-методов оценки говядины будет служить дополнительным стимулом для развития мясного скотоводства в России, импортозамещения и повышения качества российской говядины. Кроме того, для большего соответствия международной практике и с учётом динамично развивающегося российского рынка говядины, в перспективе возможно включение объективных критериев цвета и мраморности для оценки всей говядины, а не только высококачественной. Также предприятия Таможенного союза смогут применять экспресс-методы оценки говядины по цвету и мраморности не только в целях классификации согласно требованиям того или

иного стандарта, но и для внутренней оценки качества и сортировки по направлениям использования (полуфабрикаты, колбасные изделия и т.д.).

1.2 Роль говядины в рационе человека. Предпочтения потребителей и оценка качества говядины

По данным Министерства здравоохранения Российской Федерации [16], норма потребления мяса и мясной продукции в России составляет 73 кг/человека/год. При этом, рекомендуемая норма потребления говядины составляет 20 кг/человека/год, уступая только мясу птицы (31 кг/человека/год). Это свидетельствует о высокой важности говядины в рационе человека, однако в последние годы потребление говядины редко превышает 10 кг/человека/год [17].

Говядина содержит все жизненно важные для человека питательные вещества животного происхождения – животные белки и жиры, витамины группы B, A, D, микро- и макроэлементы: кальций, железо, цинк. Говядина оказывает значительное влияние на формирование, становление и жизнедеятельность организма человека. В ней содержатся незаменимые белки, жиры, минеральные вещества, витамины, ферменты и другие необходимые ингредиенты. По сравнению со свининой, бараниной и мясом птицы, говядина содержит большее количество фосфора, железа и калия, больше полноценного белка, также говядина менее жирная, чем свинина [18].

Из-за низкой жирности и сбалансированного аминокислотного состава говядина является важным ингредиентом для производства продуктов детского и функционального питания. В России и за рубежом разработаны различные технологии производства специализированных продуктов на основе говядины, преимущественно для детского питания, с включением растительных ингредиентов. [19, 20, 21]. Помимо источника микро- и макроэлементов, говядина

является одним из основных продуктов, из которых организм человека получает жирные кислоты.

Оценку качества говядины можно проводить как с точки зрения конечного потребителя, так и со стороны предприятия мясной промышленности. При этом важными качествами для потребителя являются органолептические свойства, вкус, нежность, а для предприятия – влагоудерживающая способность, величина pH. При этом наибольшее внимание уделяют, прежде всего, потребительским свойствам [22], так как розничная цена полуфабрикатов из говядины в России преимущественно выше, чем из свинины или из мяса птицы.

При этом наибольшее внимание уделяют, прежде всего, потребительским, органолептическим свойствам [22]: цвет, вкус и нежность, так как розничная цена полуфабрикатов из говядины в России преимущественно выше, чем из свинины или из мяса птицы. Для предприятия важны такие показатели, как влагоудерживающая способность, величина pH. Кроме того, говядина часто используется для производства продуктов с высокой добавленной стоимостью, например, говядины длительного созревания. При этом потребитель часто обращает внимание в том числе и на такие характеристики мяса, как страна происхождения и способ производства. Так, в результате исследования предпочтений 174 потребителей в южных штатах США, выяснилось, что 80,3% из них было важно, что говядина произведена в их регионе [23]. Напротив, учёные из Китая установили, что для китайского потребителя предпочтительнее говядина из Австралии, нежели американская или произведённая в Китае. Также наибольшее внимание при покупке говядины они обращали на её безопасность, а не на показатели качества, что, вероятно, связано с традициями потребления мяса в Азиатско-Тихоокеанском регионе [24]. Исследование потребительских предпочтений в Польше выявило, что для большинства покупателей говядины важны были такие показатели, как вкус, влияние на здоровье и простота в приготовлении [25]. Также учёные из США установили, что американские потребители готовы платить за говядину больше, если на упаковке будет представлена информация об экологичности продукта [26]. Российские

исследования показывают, что отечественный потребитель выбирает мясо и мясную продукцию, прежде всего, по соотношению цены и качества, но обращает внимание и на место производства – в некоторых российских регионах потребители предпочитали продукцию местных небольших предприятий продукции крупных федеральных холдингов [27, 28, 29].

Как видно из всего вышеизложенного, предпочтения потребителей во всём мире различаются, кроме того, на выбор в пользу той или иной покупки зачастую оказывают влияние не только объективные свойства мяса, но и представленная на упаковке информация об экологичности продукта, благополучии животных и так далее. При этом существуют инструментальные методы, позволяющие с высокой степенью точности прогнозировать выбор потребителей с помощью оценки качества мяса по ряду показателей. Исследователи из США с помощью опроса 307 потребителей выявили наиболее предпочитаемые ими ароматы. Затем были проведены исследования той говядины, которая оказалась наиболее предпочтительной, и выявлена положительная корреляция между содержанием внутримышечного жира, мононенасыщенных жирных кислот, омега-3 жирных кислот и трансжиров и потребительскими предпочтениями [30].

Также исследователи из США с помощью инструментального определения цвета спрогнозировали потребительскую оценку говядины. С помощью интернет-опроса потребители оценили фотографии *m. Longissimus lumborum* с известными параметрами (L*, a*, b*, оттенок, насыщенность, коэффициент отражения при длине волны 630 нм и 580 нм, концентрации деоксимиоглобина, оксимиоглобина и метмиоглобина). Установлено, что показатель a* обеспечивал наиболее простое и надежное прогнозирование приемлемости цвета говядины. Цвет говядины считался приемлемым (в 95% процентах случаев), когда значения a* были равны или выше 14,5 [31].

Из всего изложенного следует, что в свете развития производства говядины в России необходимы объективные методы оценки её качества. Существующие зарубежные стандарты не учитывают российских особенностей выращивания, откорма крупного рогатого скота и производства говядины, а также предпочтения

потребителей, которые во многом определяют вектор развития современных предприятий мясной промышленности.

1.3 Цвет как объективный показатель качества мяса. Механизмы цветообразования

Цвет мяса является индикатором практически всех физиологических, биохимических и технологических процессов, и поэтому является важным критерием при оценке качества продукта. Кроме того, цвет – важный параметр качества мяса для потребителя. На решение о покупке мяса цвет влияет больше чем любой другой фактор качества, потому что потребители по цвету мяса судят о его свежести и качестве. Как результат, около 15% мяса в розничной торговле реализуется со скидкой из-за потемнения поверхности, что, например, в США соответствует ежегодным потерям в размере около 1 млрд. долларов [32]. Свежее, но тёмное мясо продают по сниженной цене в розничной торговле, зачастую в специализированных магазинах, предназначенных для уценённых товаров; это не только убыточно для торговли, но и несёт угрозу сельскому хозяйству [33].

Механизм цветообразования зависит от ряда факторов, в том числе от породы, пола и возраста крупного рогатого скота, типа откорма. Например, из рассмотренных ранее пород калмыцкая чаще всего обладает более тёмным цветом мышечной ткани, тогда как абердин-ангусская и русская комолая породы обычно имеют более яркий, красный цвет мышечной ткани.

Окрашивание веществ в определенный цвет происходит в результате их взаимодействия с видимой частью спектра электромагнитных волн (400-750 нм). Образование цвета мяса – более сложный процесс, чем окрашивание неорганических веществ. Сложность обусловлена участием в этом процессе молекулярного кислорода, иона железа Fe^{2+}, способного окисляться, и других причин. В свежем мясе содержатся разнообразные пигменты, находящиеся в

мышечной ткани и крови, поскольку кровь частично остается после обескровливания. Все пигменты мяса можно разделить на несколько групп. Основную и наиболее многочисленную группу пигментов мяса составляют сложные белки гемо- и гемипротеины, а также продукты их распада [34].

Среди множества эндогенных факторов, влияющих на цвет говядины, значительное внимание уделяется также специфичности разных мышц [35]. Отдельные мышцы животных имеют специфическое анатомическое расположение, а также физиологические функции, в результате чего различаются биохимические процессы, микроструктурные показатели и метаболизм. В результате, в каждой мышце посмертное цветообразование проходит по-разному. Ряд исследователей [36], [37] отмечают, что окисление миоглобина и поверхностное обесцвечивание говядины проявляются по-разному в разных мышцах. Кроме того, в зависимости от протекания процессов цветообразования, мышцы относят к стабильным и лабильным.

Измерение цвета можно проводить несколькими способами. В основном используется спектрофотометрический анализ, компьютерный анализ фотографий или визуальный обученными специалистами.

Компьютерное зрение на основе анализа цифрового изображения имеет явные преимущества по сравнению с субъективной оценкой (специалистами). Например, согласно данным O’Sullivan и др. [38], отмечено несколько преимуществ, связанных с использованием цифровых изображений:

1. Возможность сравнения с колориметром, необходимая для объективной оценки цвета.

2. По цифровым изображениям поверхности можно судить о состоянии миоглобина и его вариаций.

3. Цифровые данные изображения могут быть конвертированы в различные системы измерения цвета.

J. Lu и др. [39] разработали систему, с помощью которой при анализе цифрового изображения можно исключать из анализа жир, кость и цвет фона, получая анализ только выбранных участков изображения, на основании которого

с помощью статистических моделей в дальнейшем легко предсказать органолептические свойства мяса и о том, как цвет будет восприниматься человеком [40].

Рингкоп и др. [41] разработали метод оценки количества метмиоглобина на основании анализа цифрового изображения поверхности говядины, а также способ объективной оценки свиного подкожного жира [42].

Широкое распространение также получили различные приборы для измерения цвета (спектрофотометры, колориметры). Они имеют ряд преимуществ – возможность проведения измерений в разных цветовых пространствах, настройка угла обзора наблюдателя и типа освещённости и т.д. Однако, некоторыми исследователями [43] отмечено, что при измерении цвета спектрофотометром на результат значительно влияют не только показатели качества мяса, но и выбранные настройки, поэтому перед проведением измерений необходимо подобрать оптимальные режимы. Другими исследователями, напротив, не было отмечено значительного изменения результатов измерения светлоты (*L) при изменении таких параметров, как освещённость и угол обзора наблюдателя [44]. Таким образом, параметры измерения цвета, а также цветовое пространство, необходимо подбирать индивидуально для целей каждого конкретного эксперимента. Например, для измерения цвета мяса чаще всего используют систему CIELAB, однако в некоторых исследованиях [45] было использовано цветовое пространство XYZ.

Оценка мяса по цвету с помощью обученных специалистов гораздо менее объективна, чем оценка с использованием компьютерных систем, однако, как отмечают некоторые исследователи [46], она может иметь и преимущества – в частности, оценка цвета мяса человеком может быть ближе к реальной потребительской оценке, потому как представления потребителей о цвете мяса и ожидания от его органолептических свойств субъективны. Кроме того, на визуальную оценку цвета огромное влияние оказывают такие факторы, как упаковка, освещённость помещения и традиции потребления в различных регионах [47, 48]. Как отмечают некоторые исследователи, при существующих

недостатках визуальной оценки, обученные специалисты могут с помощью эталонов адекватно и беспристрастно оценивать цвет, и зачастую классификация говядины на основе субъективной оценки бывает столь же точной, как на основе объективной (инструментальной) [49].

Возможность прогнозирования технологических свойств мяса с помощью оценки цвета в настоящее время изучается достаточно широко. Высокую степень корреляции между колориметрическими показателями цвета и величиной pH установили M. Abril, M.M. Campo и др. [50]. Установлено, что величина pH сырого мяса значительно влияет на цвет готового продукта (жареных говяжьих стейков), в особенности на показатель a* [51]. Величина pH имеет высокую корреляционную зависимость со структурно-механическими и органолептическими свойствами говядины, следовательно, сортировка мяса по цвету, который коррелирует с величиной pH, является объективным экспресс-методом оценки его качества.

В работе Gagaoua и др. [52] проанализирована взаимосвязь прижизненных показателей и характеристик туши с качеством стейков. Установлено, что увеличение возраста животных приводит к появлению более темного, но при этом более интенсивно окрашенного мяса. Увеличение жировых отложений и массы жира в туше ассоциировалось с увеличением показателя желтизны. Высокая обмускуленность и убойная масса привели к получению более темного мяса соответственно.

Различными учёными [53-56] при разработке системы оценки говядины по цвету с помощью компьютерного зрения были разработаны модели, действующие на основе корреляционной взаимосвязи между цветом и показателями качества. Нейронная сеть, работающая на основе машинного обучения, при классификации говядины по цвету предсказывала такие показатели, как величина pH, напряжение среза и потребительская оценка.

Прогнозированием качества говядины в зависимости от цвета занимаются учёные по всему миру [57-62]. Установлена взаимосвязь между цветом мяса и напряжением среза, нежностью, сочностью. Например, Sun и др. [63] удалось

достичь точности прогнозирования показателя нежности более чем в 87% с помощью разработанной ими компьютерной модели.

В то же время, за рубежом потребительские предпочтения могут оказывать влияние на классификацию говядины. В работе Holman и др. [64] исследована связь между инструментальными колориметрическими значениями (L* (светлота), a* (краснота), b* (желтизна), отношением отражательной способности при 630нм и 580нм) и восприятием потребителем цвета говядины с использованием веб-опроса и стандартизированных фотографий говядины (*m. Longissimus lumborum*) с известными значениями цвета. Было обнаружено, что только показатели L* и b* влияют на приемлемость цвета говядины для потребителя.

Таким образом, показатель цвета мышечной ткани тесно связан с показателями качества говядины, и с его помощью можно успешно прогнозировать свойства мяса. В проводимых ранее работах (Заяс Ю.Ф. и др.) приводились данные о взаимосвязи показателей качества с величиной pH и предлагалась сортировка мяса на группы PSE/NOR/DFD. Оценка говядины по цвету мышечной ткани вследствие тесной корреляции с показателями качества, в том числе и с величиной pH, станет заменой сортировке по величине pHб так как оценка цвета является более быстрым и неинвазивным методом, легко применимым в условиях конвейера. Для объективной оценки по цвету мышечной ткани необходимы эталоны и способ их применения, что и стало целью настоящей работы.

1.4 Влияние цвета жировой ткани на качество говядины

Мясо является совокупностью мышечной, жировой, соединительной и костной тканей, и качество жира играет важную роль при разработке критериев оценки и классификации говядины.

Как доказано современной наукой [65-69], жир является важным элементом рациона человека. Кроме того, жир во многом влияет на формирование вкуса мяса, в частности, говядины [70, 71]. Поэтому при классификации говядины целесообразно оценивать не только цвет мышечной, но и цвет жировой ткани.

Косиловым, Салиховым и другими учёными [72-75] установлено, что на качество жира оказывают существенное влияние два фактора: возраст животных и тип откорма; остальные факторы, такие, как, например, условия обездвиживания и убоя, незначительно влияют на показатели качества жира. С увеличением возраста животных говяжий жир становится более жёлтым, также на пожелтение жира оказывают влияние некоторые технологии откорма, например, кукурузный [76, 77].

Несмотря на то, что объективных показателей качества говяжьего жира, имеющих большое значение для мясной промышленности, не так много, цвет жира важен для потребителя при принятии решения о покупке. Поэтому при разработке стандартов этот показатель также учитывается.

В работе Lohumi и др. [78] с помощью системы компьютерной обработки изображений анализировался не только цвет жировой ткани, но и её распределение между мышцами. После анализа изображения содержание внутримышечного жира было химически экстрагировано и количественно определено для тех же образцов. Сопоставление результатов показало, что спектральный анализ цвета жировой ткани и её количества имели высокую степень корреляции с химическим анализом.

Chen и др. [79] использовали компьютерное зрение для определения цветовых показателей говяжьего жира. Сто двадцать три стейка из спинной части были выбраны для сенсорной оценки и обработки изображений. После того, как для каждого стейка была проведена оценка цвета с помощью пяти человек в соответствии со стандартными цветными картами, для каждого стейка были получены фотоизображения. Двенадцать признаков цвета жировой ткани были использованы в качестве входных данных для классификаторов. Лучший классификатор достиг наибольшей точности 97,4%, что показало возможность

использования оценки говядины по цвету жировой ткани для прогнозирования её качества.

Henchion и др. [80] в 2017 году на основе анализа публикаций, комментариев в сети интернет и опросов проводили исследования удовлетворенности потребителей, преимущественно из западных стран, качеством говядины и критериев выбора при принятии решения о покупке. Атрибуты, влияющие на решение, были ранжированы в зависимости от важности, и цвет жировой ткани оказался на одном уровне с критерием «общий внешний вид» и «качество упаковки».

Таким образом, можно отметить, что цвет жировой ткани является важным критерием при классификации мяса, влияющим по большей части на предпочтения потребителей при выборе говядины.

1.5 Влияние мраморности на показатели качества говядины

Мраморность является одной из характеристик говядины, влияющей на её качество, прежде всего, на потребительскую оценку. Мраморность во многом определяет такие свойства мяса, как вкус, аромат, жёсткость [81].

Вкусовые качества говядины были неоднократно исследованы зарубежными учёными с помощью цифровой системы визуализации. Например, в исследовании Jackman и др. был применен новаторский подход – создано альтернативное цветовое пространство для того, чтобы учесть мраморность и структуру поверхности. Результаты показали, что с помощью этого метода можно с точностью до 95% моделировать приемлемость для потребителя говядины. Моделирование приемлемости при большом увеличении изображения оказалось более успешным, чем моделирование с низким увеличением изображения [82].

Цвет, мраморность и текстура поверхности говядины используются во многих странах для определения категории качества. Различные приборы

применяются для большей объективности оценки, однако в настоящее время предпринимаются новые попытки прогнозировать качество с помощью экспресс-методов. Jackman и др. использовали параллельные испытания органолептических свойств говядины и инструментальной оценки. Для разработки прогнозных моделей на основе мраморности говядины были использованы классические статистические методы полилинейной регрессии и метод частичных наименьших квадратов. Отмечено, что с помощью разработанной математической модели туши были отнесены к категории высокого или низкого качества с высоким уровнем правильных классификаций (90%) [83].

В странах Южной Америки, традиционно считающихся одними из лидеров в производстве говядины, также уделяют большое внимание мраморности и её значению для потребителя. В 2013 году группа из 204 потребителей из двух крупных городов – Осорно и Сантьяго – составили рейтинг приемлемости говядины исходя из четырёх показателей (низкая или высокая мраморность × пастбищное или стойловое содержание) сначала в закрытом тестировании, а затем с информацией о мраморности и производственных системах. Были определены три группы потребителей: «любители постной говядины» (25,5%), «любители мраморной говядины» (53,4%) и «любители говядины травяного откорма» (21,1%). Информация об уровне мраморности и производственных системах породила позитивные ожидания и увеличение уровня приемлемости говядины даже с низким уровнем мраморности [84].

Появление мраморности зависит в большей степени от генетической предрасположенности животного, а также от высокоуглеводного откорма. С помощью ПЦР-анализа были выявлены дифференциально экспрессирующиеся генетические различия между высокой и низкой мраморностью в корейском скоте породы ханву. Обнаружено 137 различий в генах мраморности, из них 41 были сильно выражены в группе с высокой мраморностью, в то время как 96 – в группе с низкой мраморностью. Среди них отобраны восемь различий, выражающих наибольший перепад уровней экспрессии между двумя степенями мраморности. Эти гены могут быть классифицированы как пять генов-кандидатов,

гомологичных с известными генами и биологическими функциями: ATP6, TPI1, ACTA1, TNNT1 и MDH2 [85].

Аналогичная работа была проведена и на скоте пород лимузин, герефорд и голштинская. Цель заключалась в выявлении генов, связанных с мраморностью, по сравнению с глобальной экспрессией генов в полусухожильной мышце. Говядина, полученная от лимузинской породы, была с низким содержанием внутримышечного жира (0,53%), в отличие от двух других пород – герефордской и голштинской (1,10 и 0,81% соответственно). Сравнение транскрипционного профиля мышц мраморной и постной говядины выявило существенные различия в выраженности 144 генов, предположительно участвующих в последовательных стадиях развития жировой ткани, таких как пролиферация и дифференцировка преадипоцитов, созревание адипоцитов, заполнение липидов и липидного обмена, ведущие к увеличению внутримышечного жира и развитию мраморности. Коэффициенты корреляции и регрессионного анализа для девяти генов (gadd45a, pias3, ccrn4l, diras3, pou5f1, hoxa9, atp2a2 и pim1) проверялись в реальном времени, количественная ПЦР подтвердила высокую корреляцию между наличием этих генов и содержанием внутримышечного жира [86].

1.6 Заключение к анализу литературных источников

Анализируя российские и зарубежные тенденции развития мясной промышленности, научные публикации по вопросам качества говядины, исследования потребительских предпочтений, существующие стандарты оценки говяжьих туш и полученного мяса, можно сделать ряд выводов:

1. Производство говядины в России, хоть и находится сейчас в стадии становления, получает поддержку государства и крупных частных компаний, и будет активно развиваться дальше, прежде всего, за счёт выращивания крупного рогатого скота мясного направления продуктивности.

2. Существующие зарубежные стандарты не учитывают российских особенностей, кроме того, они различаются между собой по оцениваемым показателям, и не могут быть перенесены в российские условия без потери объективности.

3. Разработка российской системы объективной оценки говядины позволит не только определять качество мясо, но и послужит стимулом для выращивания высокопродуктивного молодняка мясных пород.

4. Для того чтобы стандарты были применимы в условиях реального производства, необходимы экспресс-методы оценки качества.

5. Показатели цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности тесно связаны с технологическими и потребительскими свойствами говядины и могут быть использованы и в России для разработки экспресс-методов оценки качества говядины.

6. Проводить сортировку говядины по направлениям использования с учетом предпочтения российских потребителей, чтобы снизить потери, связанные с перепроизводством и нерациональным использованием мясного сырья.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлась длиннейшая мышца спины (*m. Longissimus dorsi*), полученная от молодняка (до 24 месяцев) крупного рогатого скота разного пола и направления продуктивности – мясного (породы абердин-ангус, калмыцкая, герефорд), мясо-молочного (порода симментальская) и молочного (порода черно-пестрая). Измерения цвета мышечной и жировой тканей и мраморности проводили между 12 и 13 ребрами на поперечном срезе длиннейшей мышцы спины через 24 часа после убоя.

При оценке цвета мышечной ткани для сбора статистических данных 55 % животных относились к мясному направлению продуктивности, 28 % – к мясо-молочному, 17 % – к молочному. После сбора и обработки статистических данных и определения групп по цвету мышечной ткани, характерных для российской говядины, проведена оценка 75 туш крупного рогатого скота и сортировка на указанные группы. После сортировки от каждой группы отобрано по 15 образцов для проведения исследований.

При оценке цвета жировой ткани для сбора статистических данных 49 % животных относились к мясному направлению продуктивности, 31 % – к мясо-молочному, 20 % – к молочному. После сбора и обработки статистических данных и определения групп по цвету жировой ткани, характерных для российской говядины, от каждой группы отобрано по 8 образцов для проведения исследований.

Оценку цвета мышечной и жировой тканей осуществляли спектрофотометром CM-2300d (Konica Minolta, Япония). Измерения проводили при источнике освещения D65 (стандартный дневной свет) с углом наблюдения 2°, каждое измерение проводили с трехкратной повторностью, за результат измерения принимали среднее арифметическое двух измерений. Мраморность определяли визуально.

Для обработки статистических данных по цвету методом факторного анализа использовали программы Microsoft Excel, Statistica, MathCad.

Цветовое различие (ΔE) рассчитывали по формуле (1), утверждённой МКО (Международная комиссия по освещённости):

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}\ , \quad (1)$$

где L, a, b – координаты цвета.

Исследование микроструктурных показателей проводили в соответствии с ГОСТ 19496-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования». Изучение гистологических препаратов и их фотографирование осуществляли на световом микроскопе AxioImaiger A1 (Carl Zeiss, Германия) с помощью подключенной видеокамеры AxioCam MRc 5 (Carl Zeiss, Германия). Обработку изображений производили с применением компьютерной системы анализа изображений AxioVision 4.7.1.0 (Carl Zeiss, Германия), адаптированной для гистологических исследований.

Измерение величины pH проводили в толще длиннейшей мышцы спины (*m. L. dorsi*) с использованием портативного pH-метра testo 205 (Testo, Германия). При проведении измерений электрод погружали в толщу мышечной ткани на глубину не менее 3 см. За окончательный результат принимали среднее арифметическое значение трех единичных измерений, расхождение между предельными значениями трех результатов измерений не превышало 0,15 единиц pH.

Оценку структурно-механических характеристик говядины проводили с помощью испытательной машины AGS-1kNX (Shimadzu, Япония). Все измерения проведены с четырехкратной повторностью.

Нежность мяса определяли методом прессования. Для измерения нежности навеску измельчённого мяса помещали между параллельными, установленными на строго горизонтальную плоскость пластинами на обеззоленный среднефильтрующий фильтр и подвергали давлению груза массой 1000 г в течение 10 минут. Площадь отпресованного мяса измеряли с помощью

специализированной компьютерной программы AreaS. Вычисление нежности ($см^2$/г) производили по формуле (2):

$$\text{Нежность мяса} = S*100/0,3*N, \quad (2)$$

где S – измеренная площадь, $см^2$;

N – содержание общего азота, %.

Влагоудерживающую способность мяса определяли методом прессования Грау и Хама в модификации ВНИИМП (9).

Анализ жирнокислотного состава проводили, выделяя липиды экстракцией хлороформ/метанолом по методу Фолча. Чистоту выделенных липидов проверяли методом тонкослойной хроматографии. Определение состава жирных кислот проводили на газовом хроматографе HP 6890 (Hewlett Packard, США) согласно «Руководству по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов» под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. – М.: Брандес, Медицина, 1998.

Инструментальные исследования свежести и определение аромата говядины в процессе созревания осуществляли с использованием мультисенсорной системы «электронный нос» («VOCmeter», Германия) по методике, разработанной и утвержденной в ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова».

Для определения свежести мяса использовали показания сенсоров MOS_1-MOS_4 прибора «электронный нос». Полученные сигналы сенсоров передавались на персональный компьютер и записывались в виде графиков в компьютерной программе «Argus». Для качественного и количественного измерения летучих компонентов аналитического газа полученные сигналы каждого из сенсоров MOS_1-MOS_4 прибора «электронный нос» обрабатывали методом главных компонент с помощью компьютерной программы «Argus».

Органолептические свойства определяли по ГОСТ 7269 [87] и ГОСТ 9959 [88].

Для проведения органолептического исследования образцы отбирали от каждого отруба. Органолептическую оценку мяса проводили до и после варки. До варки внешний вид и цвет образцов определяли визуальным осмотром. Вид и цвет мышц на разрезе и консистенцию оценивали в глубинных слоях мышечной ткани

на свежем разрезе мяса. Органолептически устанавливали запах поверхностного и глубинных слоев испытуемого образца.

Для определения прозрачности и аромата бульона каждый образец отдельно пропускали через мясорубку диаметром отверстий решетки 2 мм, 20 г полученного фарша взвешивали на лабораторных весах и помещали в коническую колбу вместимостью 100 $см^2$, заливали 60 $см^3$ дистиллированной воды, тщательно перемешивали, закрывали часовым стеклом и ставили в кипящую водяную баню. Запах мясного бульона определяли в процессе нагревания до 72°С в момент появления паров, выходящих из приоткрытой колбы. Для определения прозрачности 20 $см^3$ бульона наливали в мерный цилиндр вместимостью 25 $см^3$ имеющий диаметр 20 мм и устанавливали степень его прозрачности.

Тепловую обработку осуществляли следующим образом: мясо массой около 1 кг варили при соотношении воды и мяса 3:1, в течение 1,0 ч до температуры в центре куска 72°С. За 30 мин до окончания варки добавляли поваренную соль в количестве 1% к массе мяса. Мясо и бульон оценивали по 9-балльной шкале по следующим показателям: внешний вид, запах (аромат), вкус, консистенция, сочность (для мяса) и внешний вид, цвет, запах (аромат), вкус и наваристость (для бульона).

Аминокислотный состав определяли по ГОСТ 34132 [89].

Потери массы при термической обработке рассчитывали как разницу между массой образца до термической обработки и массой после термической обработки при достижении в толще образца температуры 72 °С, выраженную в процентах.

Развариваемость коллагена определяли по ГОСТ 23041 [90].

Содержание оксипролина определяли по ГОСТ 23041 [90], триптофана – по МИ 103.5-105.

Содержание витаминов определяли по ГОСТ 32307 [91], ГОСТ Р 55482 [92].

Изучение предпочтений потребителей проводили с помощью онлайн-анкетирования с использованием специализированных интернет-ресурсов. Согласно общей социологической теории, доверительная выборка для генеральной совокупности 142 000 000 человек (население России) должна

составлять 384 респондента, в эксперименте приняло участие 493 респондента, что обеспечивает доверительную вероятность свыше 95%.

Созревание говядины различной степени мраморности проводили в упакованном и неупакованном виде в условиях холодильной камеры при температуре от 1 до 2 °С и относительной влажности воздуха не более 90% в течение 4, 16 и 28 суток.

Схема организации эксперимента представлена на рисунке 2.

Рисунок 2 – Схема проведения исследований

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Изучение цвета мышечной ткани длиннейшей мышцы спины от туш молодняка крупного рогатого скота и установление взаимосвязи с показателями качества

В эксперименте получены и систематизированы результаты визуальной оценки и измерения с помощью спектрофотометра цвета мышечной ткани от 105 туш молодняка крупного рогатого скота разного пола и направления продуктивности. Анализ пород разного направления продуктивности позволили создать универсальные эталоны, применимые для всей говядины. Полученные данные представлены в Приложении 1.

В результате математической обработки данных методом факторного анализа установлено пять групп по цвету мышечной ткани и средние значения цвета для каждой группы в системе CIELAB, которые представлены на рисунке 3 и в таблице 2. Группы по цвету и средние значения установлены на основании анализа распределения показателей *L, *a, *b в стандартной трехмерной системе координат.

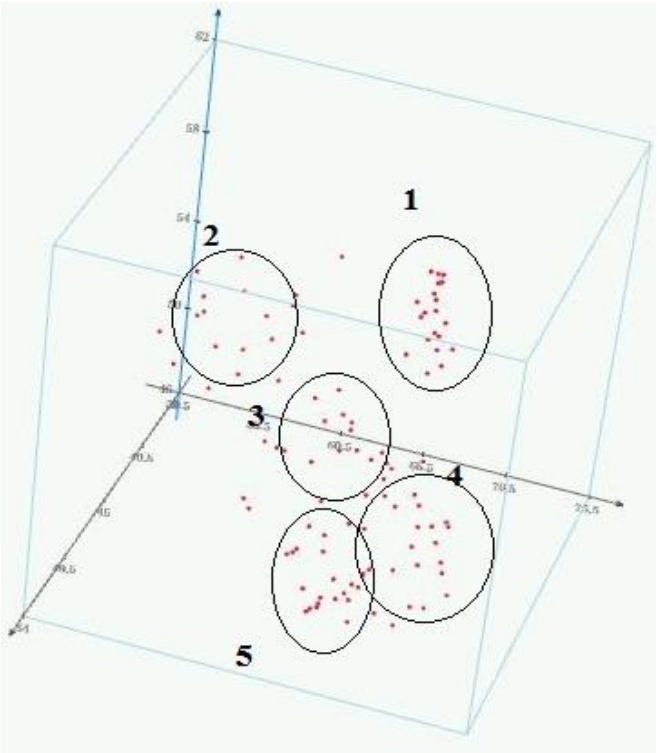


Рисунок 3 – График распределения показателей цвета

Таблица 2 – Средние значения цвета мышечной ткани для групп

Группа по цвету мышечной ткани	Визуальное отображение цвета	Описание цвета	Характеристика в цветовой модели CIELAB		
			L	a	b
1		Светло-красный	42±2,0	41±3,0	31±1,5
2		Ярко-красный	39±1,5	39±2,0	29±2,0
3		Красный	35±1,5	37±2,0	27±1,0
4		Темно-красный	30±1,5	35±2,0	25±2,0
5		Бордово-красный	24±2,5	31±2,0	23±1,0

Принадлежность говядины к той или иной группе по цвету мышечной ткани определяли на основании показателя ΔE (цветовое различие) для двух соседних групп, при этом средние значения ΔE для каждой группы принимали за целевой, характерный цвет для данной группы.

Цветовое различие ΔE между соседними группами составило 7 и более; в соответствии с теорией цветового восприятия этого достаточно для объективного различия цветов разных групп – в среднем, человек воспринимает цветовое различие ΔE в красном спектре в 3-4 единицы и более. Так, цветовое различие между граничными значениями составило: между группами 1 и 2 – 10,9, между 2 и 3 – 12,2, между 3 и 4 – 7,3, между 4 и 5 – 9,6.

Используя результаты измерений спектрофотометром спектрального потока излучения, определены спектральные коэффициенты отражения эталонов на длине волны 550 нм. Спектральные коэффициенты отражения составили в среднем от 4,5 до 6,5 %, согласно литературным данным это соответствует спектральным коэффициентам отражения мышечной ткани говядины, что свидетельствует о корректности используемой методики измерений.

После сбора статистических данных от 105 туш крупного рогатого скота и их статистической обработки была проведена работа по выявлению наиболее

типичных для российских предприятий групп по цвету мышечной ткани. В условиях действующего предприятия по первичной переработке проводили оценку цветовых характеристик мышечной ткани говядины от молодняка крупного рогатого скота в системе CIELAB.

По результатам оценки цвета мышечной ткани в системе CIELAB была проведена сортировка туш (n = 75) на три группы (таблица 3). Установлено, что цвет мышечной ткани длиннейшей мышцы спины (*m. L. dorsi*) туш отличался, прежде всего, показателем *L. В соответствии с установленными ранее группами туши отнесены к 1 (светло-красный), 4 (темно-красный) и 5 (бордово-красный) группам.

Таблица 3 - Средние значения оценки цвета мышечной ткани

n=75

Показатель	Значение показателя цвета мышечной ткани (среднее)		
	Группа 1	Группа 4	Группа 5
L	41,41	31,75	25,92
a	41,16	34,0	20,10
b	30,46	25,4	22,24
Распределение исследованных туш по цвету, % к общему количеству	27	41	32

Отобрано по 15 образцов говядины различных цветовых характеристик от каждой группы для исследования технологических и потребительских свойств. Образцы обозначены как 1, 1а, 4, 4а, 5.

Результаты исследований структурно-механических характеристик представлены на рисунках 4-8.

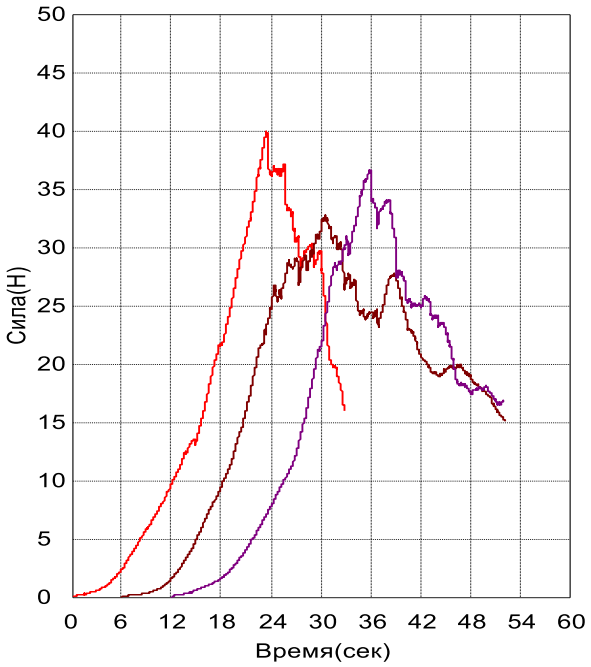


Рисунок 4 - Сила резания образца 1

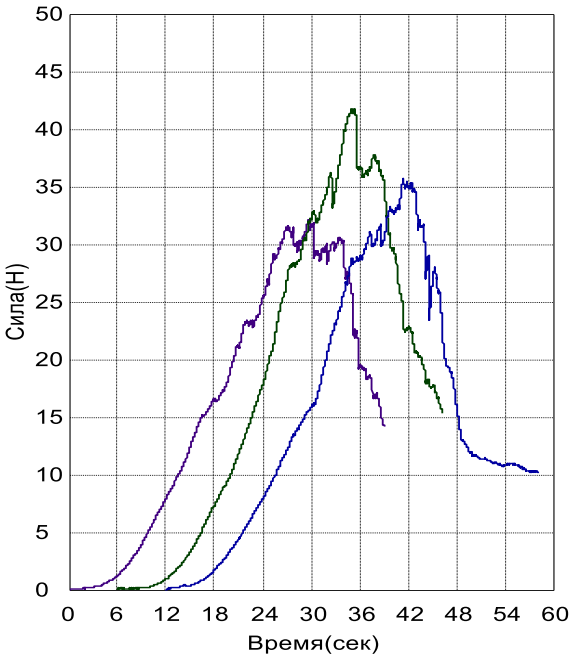


Рисунок 5 - Сила резания образца 1а

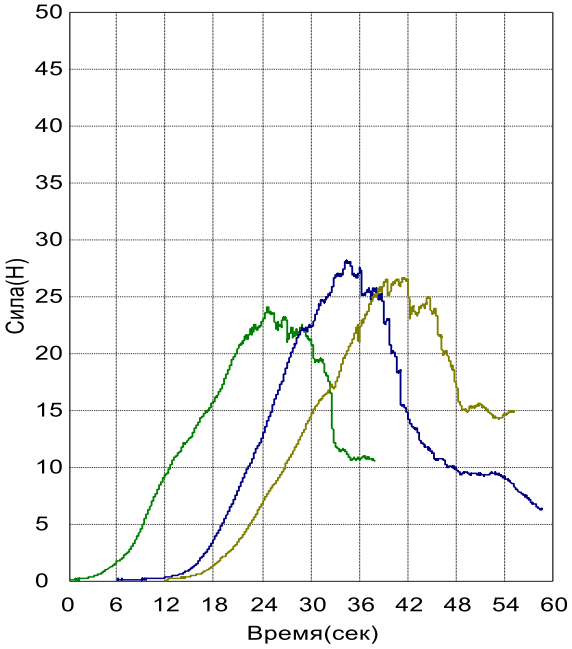


Рисунок 6 - Сила резания образца 4

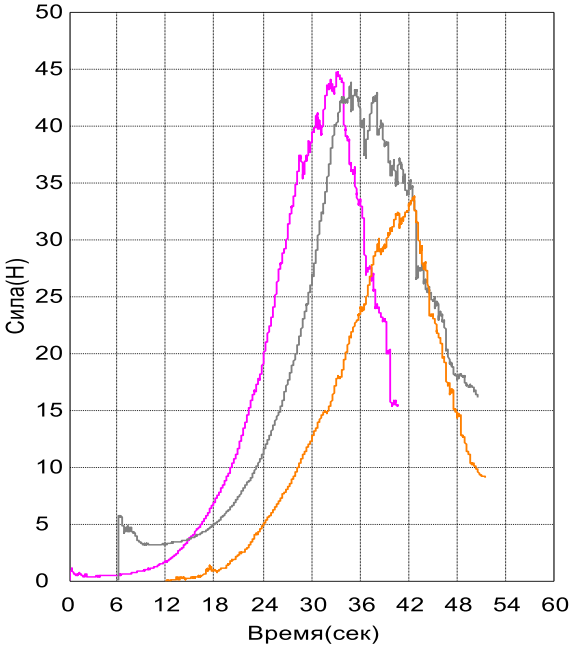


Рисунок 7 - Сила резания образца 4а

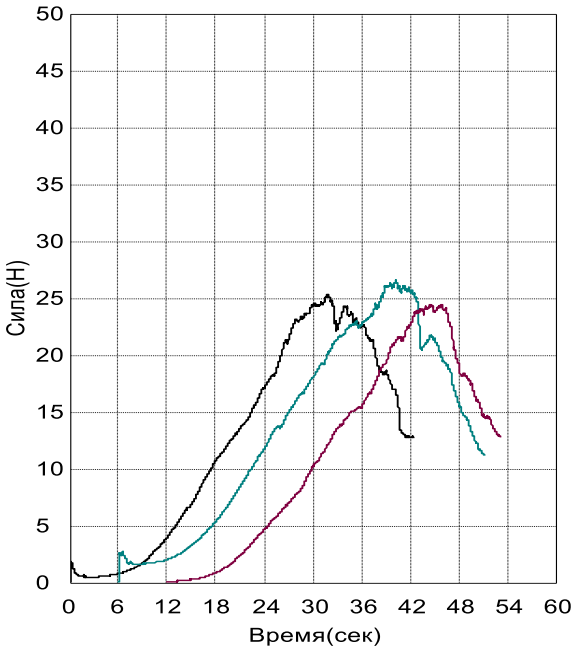


Рисунок 8 - Сила резания образца 5

Результаты исследования структурно-механических характеристик свидетельствовали о взаимосвязи цвета мышечной ткани и силы резания. Для образцов группы 1 по цвету мышечной ткани силы резания в среднем составило 136,74 Н/м^2, для группы 4 по цвету мышечной ткани - 125,59 Н/м^2, для группы 5 по цвету мышечной ткани - 95,47 Н/м^2.

Результаты исследований технологических и потребительских свойств образцов говядины (*m. L. dorsi*) представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты исследований образцов мышечной ткани (*m. L. dorsi*) (средние значения)

n=45

Наименование показателя	Группа по цвету мышечной ткани		
	1	4	5
Величина pH	5,3±0,07	5,60±0,01	6,50±0,01
ВУС, % к общей влаге	66,58±0,2	67,21±0,1	70,14±0,2
Содержание общего азота, %	3,50±0,01	3,48±0,01	3,59±0,02
Нежность мяса методом прессования, см^2/г общего азота	21,73+0,02	24,62±0,02	32,33±0,04
Сила резания, Н/м^2	136,74±0,2	125,59±6,6	95,74±2,6
Массовая доля влаги, %	76,0±0,1	75,70±0,2	74,7±0,2
Потери массы при термической обработке, %	50,40±0,04	44,9±0,05	42,1±0,30

Образцы группы 1 по цвету мышечной ткани характеризовались самой низкой величиной pH, самой низкой влагоудерживающей способностью, самой низкой нежностью и самым высоким усилием резания, а также самыми высокими

потерями массы при термической обработке. Образцы группы 5 по цвету мышечной ткани, напротив, имели самую высокую величину pH, самый высокий показатель влагоудерживающей способности, самую высокую нежность и самое низкое усилие резания, а также самые низкие потери массы при термической обработке.

Проведены исследования гистологических (микроструктурных) показателей говядины (*m. L. dorsi*) различных групп по цвету мышечной ткани через 48 часов после убоя.

Образец 1 характеризовался на продольном срезе (рисунок 9) преимущественно спрямленными мышечными волокнами, хорошо выраженной поперечной исчерченностью, в отдельных волокнах обнаруживались участки с наличием продольной исчерченности. На поперечном срезе (рисунок 10) мышечные волокна характеризовались рыхлой упаковкой в пучках первого порядка, их диаметр составил около 50 мкм. Функциональное состояние мышечной ткани в образце было достаточно однотипным, присутствовали поперечно-щелевидные трещины и единичные разрывы мышечных волокон.

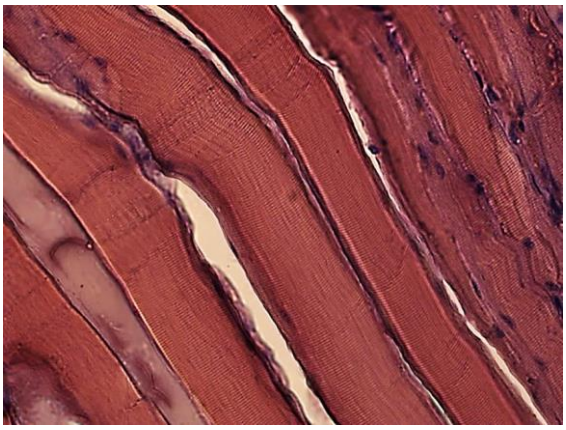


Рисунок 9 - Микроструктура образца 1 (продольный срез, об.40х)

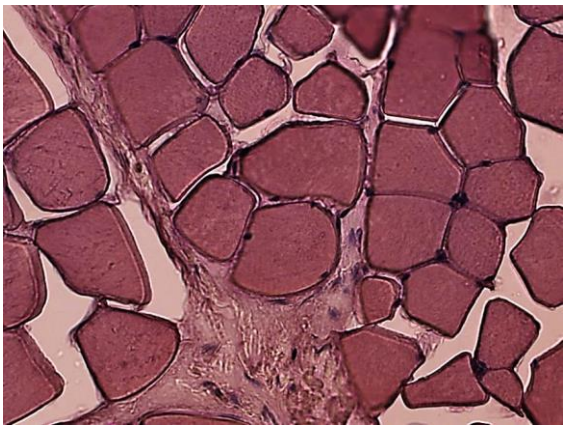


Рисунок 10 - Микроструктура образца 1 (поперечный срез, об.40х)

Образец 1а характеризовался сходными с образцом 1 микроструктурными свойствами на продольном (рисунок 11) и поперечном (рисунок 12) срезах, диаметр волокон на поперечном срезе был несколько больше – около 55 мкм.

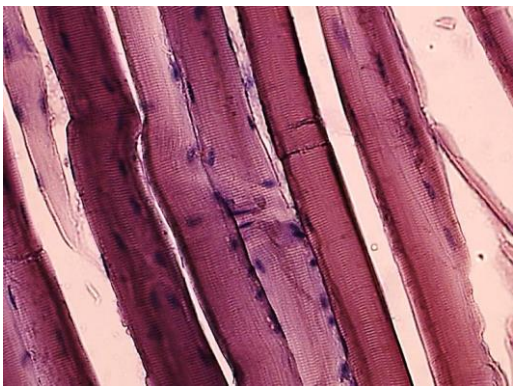


Рисунок 11 - Микроструктура образца 1а (продольный срез, об.40х)

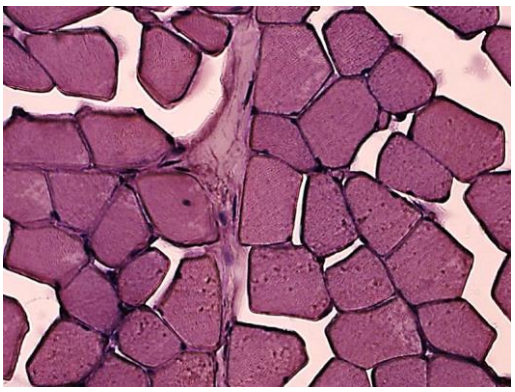


Рисунок 12 - Микроструктура образца 1а (поперечный срез, об.40х)

Образец 4 характеризовался на продольном срезе (рисунок 13) преимущественно спрямленными мышечными волокнами, однако встречались волокна, имевшие извилистую форму/складчатость. Наряду с поперечной исчерченностью, которая местами была сглажена, в отдельных волокнах обнаруживались участки с наличием продольной исчерченности, свидетельствующие о наличии зон сокращения. На поперечном срезе (рисунок 14) мышечные волокна характеризовались уплотненной упаковкой в пучках первого порядка, что также отличает образец от образцов 1 и 1а. Диаметр мышечных волокон составил около 50 мкм. В мышечной ткани присутствовали единичные поперечно-щелевидные трещины.

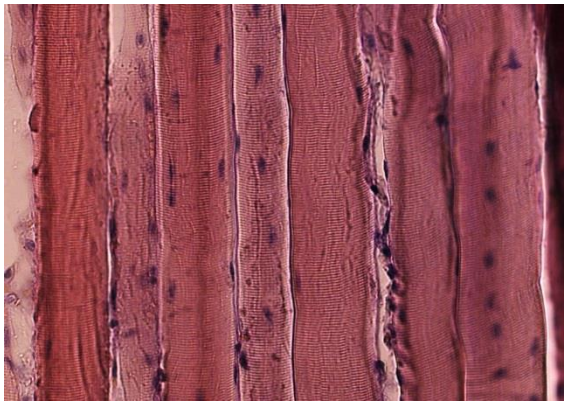


Рисунок 13 - Микроструктура образца 4 (продольный срез, об.40х)

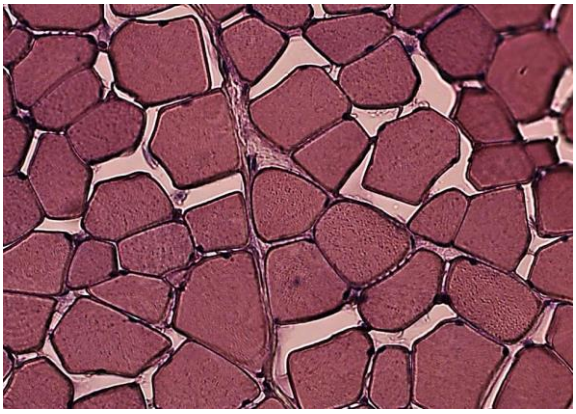


Рисунок 14 - Микроструктура образца 4 (поперечный срез, об.40х)

Образец 4а характеризовался сходными с образцом 4 микроструктурными свойствами на продольном (рисунок 15) и поперечном (рисунок 16) срезах, диаметр волокон на поперечном срезе был несколько больше – около 55 мкм.

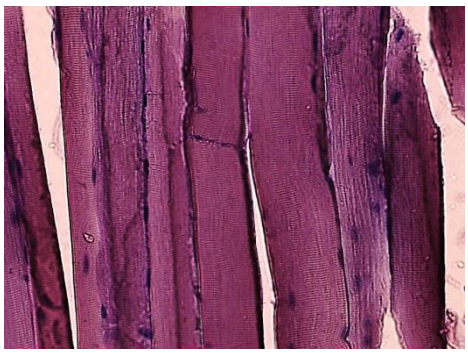


Рисунок 15 - Микроструктура образца 4а (продольный срез, об.40х)

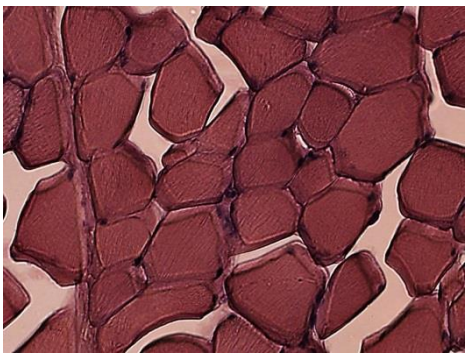


Рисунок 16 - Микроструктура образца 4а (поперечный срез, об.40х)

Образец 5 характеризовался на продольном срезе (рисунок 17) преимущественно спрямленными мышечными волокнами, присутствовали волокна, имеющие участки с волнистой формой. Поперечная исчерченность была ослаблена, в волокнах обнаруживались участки с наличием продольной исчерченности. На поперечном срезе (рисунок 18) мышечные волокна характеризовались самой плотной упаковкой в пучках первого порядка по сравнению с образцами групп по цвету мышечной ткани 1 и 4. Форма волокон полигональная или же слабо округлая. Диаметр мышечных волокон составил около 65 мкм. В мышечной ткани присутствовали единичные поперечно-щелевидные трещины.

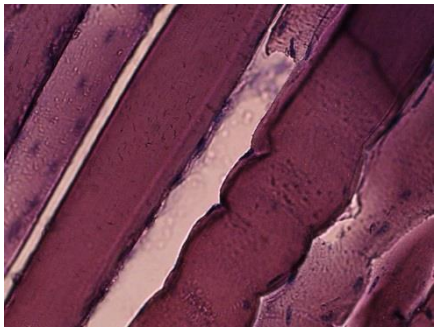


Рисунок 17 - Микроструктура образца 5 (продольный срез, об.40х)

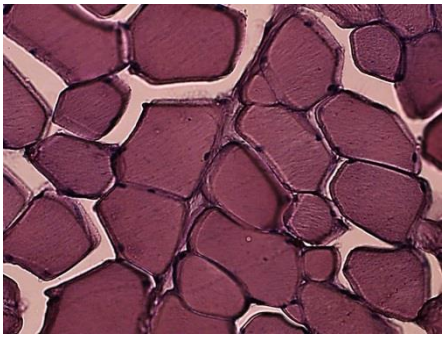


Рисунок 18 - Микроструктура образца 5 (поперечный срез, об.40х)

Образцы 1 и 1а характеризовались однотипным состоянием мышечной ткани, рыхлым расположением мышечных волокон, присутствием поперечно-щелевидных трещин и единичных разрывов мышечных волокон. Такие микроструктурные свойства характерны для сырья с низким значением pH, что подтверждается результатами исследования технологических свойств.

Образцы 4 и 4а имели структуру мышечной ткани, соответствующую сырью с нормальным значением pH, существенных деструктивных изменений мышечных волокон выявлено не было.

В образце 5 отмечалась наиболее плотная компоновка мышечных волокон в пучке первого порядка, диаметр волокон был больше, чем в других образцах, отмечено сглаживание поперечной исчерченности, выявление продольной исчерченности, наличие волокон с извилистой формой. Данные показатели характерны для сырья с высоким значением pH, что подтверждается результатами исследования технологических свойств.

Во всех образцах между пучками мышечных волокон в областях перимизия выявлялись мелкие участки жировой ткани, имеющие типичные гистологические характеристики.

Различия между образцами в расположении и типе мышечных волокон позволили установить взаимосвязь цвета мышечной ткани с гистологическими показателями (более светлый – рыхлое расположение волокон, более темный – уплотненное расположение волокон), наличием продольной исчерченности, которая выявлялась у более темного мяса, и большим диаметром волокон у темного мяса.

Была проведена оценка корреляционной зависимости между цветом мышечной ткани и показателями качества говядины. Для расчета корреляционной зависимости выбран показатель *L (светлота) как наиболее различающийся между группами. Установлена высокая степень корреляции между показателем *L (светлота) и влагоудерживающей способностью, величиной pH, нежностью мяса, потерями массы при термической обработке и усилием резания (таблица 5).

Таблица 5 - Корреляционная зависимость между цветом мышечной ткани (*m. L. dorsi*) и показателями качества

n = 45

Показатель	Коэффициент корреляции r
*L (светлота) и pH	– 0,95
*L (светлота) и ВУС	– 0,92
*L (светлота) и нежность	– 0,96
*L(светлота) и потери массы при термической обработке	0,99
*L (светлота) и усилие резания	0,96

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что с увеличением показателя *L (светлота) величина pH, ВУС и нежность мяса уменьшаются, а потери массы при термической обработке и усилие резания увеличиваются.

Для прогноза и оценки качества говядины по цвету мышечной ткани могут быть осуществлены с помощью уравнений регрессии и выбранных критериев оценки. В результате математической обработки экспериментальных данных рассчитаны уравнения регрессии для прогнозирования качества говядины по показателям pH, ВУС, нежности, потерь массы при термической обработке и усилия резания с использованием значения *L (светлота):

$$pH = –0,10*(*L) + 9,17 \quad (7)$$

$$ВУС = –0,28*(*L) + 77,80 \quad (8)$$

$$Нежность = –0,84*(*L) + 55,61 \quad (9)$$

$$Потери\ массы\ при\ термической\ обработке = 0,67*(*L) + 22,39 \quad (10)$$

$$Усилие\ резания = 3,25*(*L) + 5,71 \quad (11)$$

На основе уравнений регрессии составлена шкала оценки качества говядины в зависимости от показателя *L мышечной ткани (таблица 6).

Таблица 6 – Шкала оценки качества говядины

*L	pH	ВУС, % к общей влаге	Нежность, $см^2/г$ общего азота	Потери массы при термической обработке, %	Усилие резания, $Н/м^2$
42	5,12	66,02	20,38	50,46	141,98
40	5,31	66,58	22,05	49,12	135,49
38	5,51	67,14	23,73	47,79	129,00
36	5,70	67,70	25,41	46,45	122,52
34	5,89	68,27	27,09	45,11	116,03
32	6,09	68,83	28,77	43,78	109,54
30	6,28	69,39	30,44	42,44	103,05
28	6,47	69,95	32,12	41,10	96,56
26	6,67	70,51	33,80	39,77	90,07
24	6,86	71,07	35,48	38,43	83,58

Результаты гистологических исследований образцов говядины различных групп по цвету мышечной ткани также подтвердили взаимосвязь цвета и показателей качества.

3.2 Изучение цвета жировой ткани длиннейшей мышцы спины от туш молодняка крупного рогатого скота и установление взаимосвязи с показателями качества

В эксперименте получены и систематизированы результаты визуальной оценки и измерения с помощью спектрофотометра цвета жировой ткани от 178 туш молодняка крупного рогатого скота разного пола и направления продуктивности (приложение 2).

В результате математической обработки данных методом факторного анализа установлено четыре группы по цвету жировой ткани и средние значения цвета для каждой группы в системе CIELAB. Полученные данные для групп по цвету жировой ткани позволили создать эталоны цвета жира для 4 групп. Данные представлены на рисунке 19 и в таблице 7.

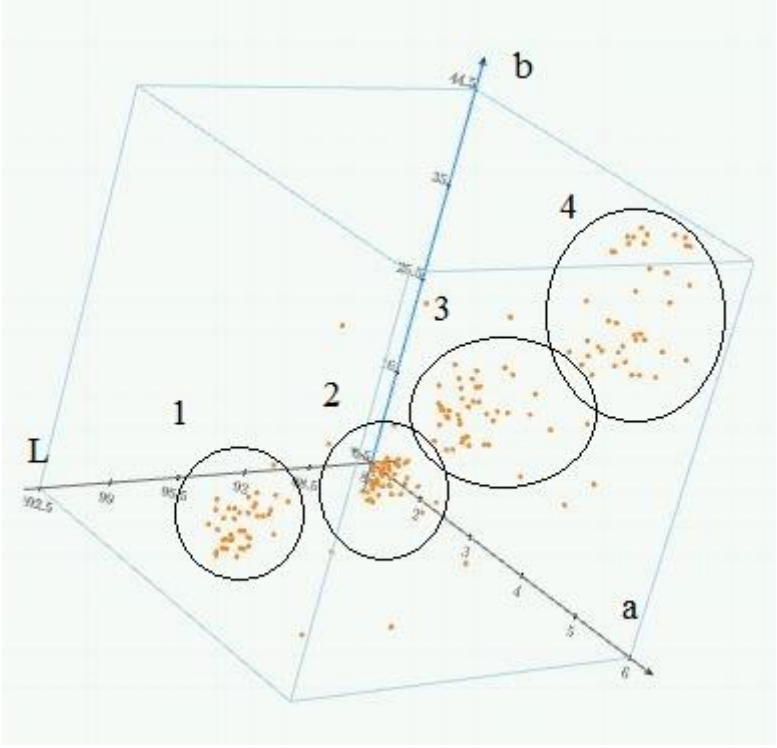


Рисунок 19 – Распределение показателей цвета жировой ткани

Таблица 7 - Средние значения цвета жировой ткани

Группа по цвету жировой ткани	Визуальное отображение цвета	Описание цвета	Характеристика в цветовой модели CIELAB		
			L	a	b
1		Белый	98±2	3±2	9±3
2		Желтовато-белый	94±2	4±1	18±6
3		Светло-желтый	91±1,5	4±1	23±8
4		Желтый	87±3	5±1	37±9

Цветовое различие (ΔЕ) между группами 1 и 2 составило 9,9; между группами 2 и 3 – 5,8; между группами 3 и 4 – 14,6. В соответствии с теорией цветового восприятия, воспринимаемое человеческим глазом цветовое различие в желтом спектре составляет примерно 4-5; это позволяет сделать вывод о том, что по разработанной шкале цвета жировой ткани возможна визуальная оценка по четырём группам. Принадлежность говядины к той или иной группе по цвету жировой ткани определяли на основании показателя ΔЕ (цветовое различие) для двух соседних групп, при этом средние значения ΔЕ для каждой группы принимали за целевой, характерный цвет для данной группы.

В условиях предприятия по первичной переработке проведена визуально и с помощью спектрофотометра оценка цвета жировой ткани (покровного жира). Для проведения исследований жирнокислотного состава и содержания летучих жирных кислот отобраны образцы жировой ткани (n=8). В соответствии с эталонами образцы отнесены к группам 1, 2, 3.

Результаты исследования жирнокислотного состава жировой ткани разных групп по цвету представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Жирнокислотный состав жировой ткани разных групп по цвету (средние значения)

Наименование жирной кислоты		Группа по цвету жировой ткани			
		1	2	3	4
1	Капроновая С 6:0	0.19	0.02	0.02	0,04
2	Каприловая С 8:0	0.11	0.08	0.22	0,04
3	Каприновая С10:0	0.69	0.25	0.73	0,22
4	Деценовая С 10:1	0.08	0.1	0.14	0,1
5	Ундециловая С11:0	0.39	0.40	0.12	0,33
6	Лауриновая С12:0	0.25	0.28	0.41	0,20
7	Тридекановая С13:0	0.23	0.18	0.35	0,26
8	Миристиновая С14:0	1.80	1.56	2.95	1,15
9	Миристолеиновая С 14:1	0.17	0,29	0.44	0,26
10	Пентадекановая С15:0	0.60	0.84	0.76	—
11	цис-10-пентадеценовая С15:1	0.49	0.43	0.61	1,30
12	Пальмитиновая С16:0	19.53	22.79	18.76	21,90
13	Пальмитолеиновая С16:1	2.38	3.33	2.75	3,10
14	Маргариновая С17:0	0.87	0.93	1.07	1,10
15	Гептадеценовая С17:1	0.99	0.82	0.88	0,63
16	Стеариновая С18:0	18.34	16.94	19.64	15,66
17	Олеиновая С18:1	24.47	22.55	21.62	22,03
18	Элаидиновая С18:1	—	0.40	0.32	—
19	Линолевая С18:2	3.30	3.46	4.09	4,90
20	γ-Линоленовая С18:3	1.09	1.01	1.21	1,25
21	α-Линоленовая С18:3	0,43	0.28	0.61	—
22	Нондекановая С19:0	0,20	0.26	0.27	0,20
23	Гадолеиновая С20:1	1.14	0.84	0.80	0,74
24	Арахиновая С20:0	0.69	0.21	0.33	0,20
25	цис-11,14-эйкозадиеновая С20:2	0,22	0.15	0.33	—
26	цис-8,11,14-эйкозатриеновая С20:3	0.61	0.27	0.42	0,40
27	цис-11,14,17-эйкозатриеновая С20:3n3	0.23	0.12	0.18	0,20
28	Арахидоновая С20:4	0,26	0.33	0.19	—
29	Эйкозапентаеновая С20:5	0,19	—	0.18	0,18
30	Генэйкозановая С21:0	1.56	1.58	1.16	2,41
31	Бегеновая 22:0	0.34	0.45	0.24	0,36
32	Эруковая С22:1n9t	0,20	0.24	0.10	—
33	цис-13,16,17-докозадиеновая С22:2	0.34	0.07	0.32	0,15
34	Докозапентаеновая С22:5	0,03	0.10	—	0,20
35	Докозагексаеновая С22:6	0,31	0.32	0.01	0,11
36	С23:0	0,12	0.24	0.86	1,10
37	Лигноцериновая С24:0	1.03	1.31	0.52	0,67
38	Тетракозеновая С24:1	0,41	0.49	0.19	0,29
Сумма насыщенных жирных кислот		46.62	47.82	47.28	44.54
Сумма ненасыщенных жирных кислот		37.66	36.10	36.52	37.14

В результате анализа жирнокислотного состава жировой ткани групп различных по цвету жира достоверной разницы между группами по содержанию жирных кислот и по суммам насыщенных и ненасыщенных жирных кислот не

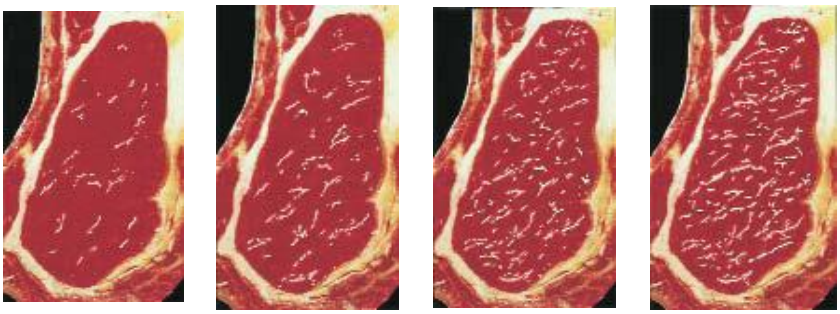
установлено. Это может быть связано с тем, что сортировка по цвету жира и отбор образцов в соответствии с целью работы проводились только в группе молодняка крупного рогатого скота.

Проанализировано содержание летучих органических веществ в говяжьем жире различных групп по цвету. С увеличением показателя *b (желтизна) увеличивалось количество сложных летучих эфиров маргариновой кислоты, более характерной для жиров растительного происхождения, чем для жиров животного происхождения; одновременно снижалось содержание характерных для жиров животного происхождения эфиров стеариновой кислоты; что свидетельствует о влиянии особенностей откорма на цвет жировой ткани и позволяет судить о присутствующих в жире органических веществах по его цвету. В жировой ткани цветовых групп 1 и 2 выявлено незначительное, менее 1%, содержание ряда стероидов, например, холестана, участвующего в процессе регулирования содержания холестерина в организме. Это свидетельствует, прежде всего, о влиянии откорма на цвет жировой ткани, однако ввиду незначительных различий между группами использовать измерение цвета жировой ткани в качестве экспресс-метода для определения жирнокислотного состава не представляется возможным, но он служит для рациональной сортировки говядины с точки зрения восприятия цвета потребителями. Предпочтения российских потребителей, изученные в ходе выполнения настоящей работы, приведены в п. 3.5.

3.3 Изучение уровня мраморности длиннейшей мышцы спины от туш молодняка крупного рогатого скота и установление взаимосвязи с показателями качества

В эксперименте визуально оценивали уровень мраморности длиннейшей мышцы спины (*m. L. dorsi*) от туш молодняка крупного рогатого скота разного

пола мясного направления продуктивности по наличию мелких жировых вкраплений, тонких прослоек жира между мышечными волокнами, напоминающих рисунок мрамора и хорошо видимых на поперечном срезе (мышечном глазке). Установлены четыре степени мраморности: небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная (рисунок 18), характерные для говядины российского производства.



1 2 3 4

Рисунок 20 – Шкала мраморности

Для проведения лабораторных исследований отобраны образцы (n=30) и определены показатели качества говядины разной степени мраморности. Результаты исследований представлены в таблицах 9, 10.

Таблица 9 – Показатели качества говядины (*m. L. dorsi*) разной степени мраморности

n=30

Показатели	Порода, пол, степень мраморности					
	Калмыцкая, бычки, мраморность 1	Казахская белоголовая, бычки, мраморность 1	Калмыцкая, кастраты, мраморность 2	Абердин-ангусская, бычки, мраморность 2	Абердин-ангусская, кастраты, мраморность 3	Абердин-ангусская, кастраты, мраморность 4
Влага, %	76,41	76,55	71,32	75,4	70,3	69,4
Жир, %	1,55	0,94	5,90	2,20	7,40	9,20
Белок, %	20,98	21,65	21,45	21,2	21,25	20,25
Влагоудерживающая способность, %	62,87	57,51	59,36	56,36	58,81	59,33
Содержание оксипролина, мг/%	59,5	75,0	101,0	97,0	84,0	91,0
Содержание соединительнотканных белков, %	0,48	0,60	0,81	0,78	0,68	0,73
Развариваемость коллагена, %	16,0	33,8	27,0	30,6	30,8	31,0
Усилие резания сырого мяса, Н/м^2	113,0	136,8	132,5	129,5	137,0	87,8

Таблица 10 – Содержание витаминов в говядине (*m. L. dorsi*) разной степени мраморности

n=30

Содержание витаминов	Порода, пол, степень мраморности				
	Калмыцкая, бычки, мраморность 1	Казахская белоголовая, бычки, мраморность 1	Абердин-ангусская, бычки, мраморность 2	Абердин-ангусская, кастраты, мраморность 3	Абердин-ангусская, кастраты, мраморность 4
B_1, мг/100г	0,06	0,07	0,05	0,10	0,08
B_2, мг/100г	0,17	0,14	0,17	0,20	0,17
РР, мг/100г	4,80	4,56	4,66	5,16	4,88

Сравнительные данные химического состава, содержания витаминов, цветовых характеристик говядины от молодняка крупного рогатого скота казахской белоголовой, абердин-ангусской и калмыцкой пород с разной степенью мраморности, представленные в таблицах 8–10, свидетельствовали о том, что содержание жира в мясе бычков сравниваемых пород находилось в диапазоне от 0,94 до 9,2% и соответствовало степени мраморности (r=0,97).

В мясе бычков абердин-ангусской породы содержалось на 0,55-1,95% больше белка, чем в мясе крупного рогатого скота других пород. Однако его белковый качественный показатель был ниже, чем в мясе бычков казахской белоголовой и калмыцкой пород. Развариваемость коллагена в мясе бычков абердин-ангусской породы также была более низкой по сравнению с мясом бычков казахской белоголовой породы. По содержанию витаминов достоверной разницы не было установлено.

Рассматривая показатели качества мяса кастратов абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности, полученного в одних и тех же условиях переработки ООО «Брянская мясная компания» следует отметить, что мраморность повлияла на количество соединительнотканных белков, степень развариваемости и структурно-механические свойства мяса.

В работах, проведенных ранее, установлено, что между содержанием оксипролина, количеством соединительно-тканных белков и прочностными свойствами сырого мяса (усилием резания) имеется высокая положительная корреляция (r=0,80). Установлено также, что развариваемость коллагена находится в прямой зависимости от содержания жира в мясе (r=0,67). В то же время между степенью снижения механической прочности мяса при варке и развариваемостью коллагена очень низкая зависимость (r=0,26).

Эти же закономерности прослеживались и в данном эксперименте (рисунки 21–23).

Такие закономерности могут быть объяснены тем, что жировая ткань представляет собой разновидность рыхлой соединительной ткани, которая представляет собой сеть рыхло расположенных коллагеновых волокон. Плотная соединительная ткань (фасции, сухожилия) характеризуется сильным развитием межклеточного вещества и представлена плотными пучками коллагеновых волокон, включая эластические волокна. Таким образом, содержание жировой и соединительной тканей в мясе и, соответственно, соотношение количества плотной и рыхлой тканей определяют нежность мяса.

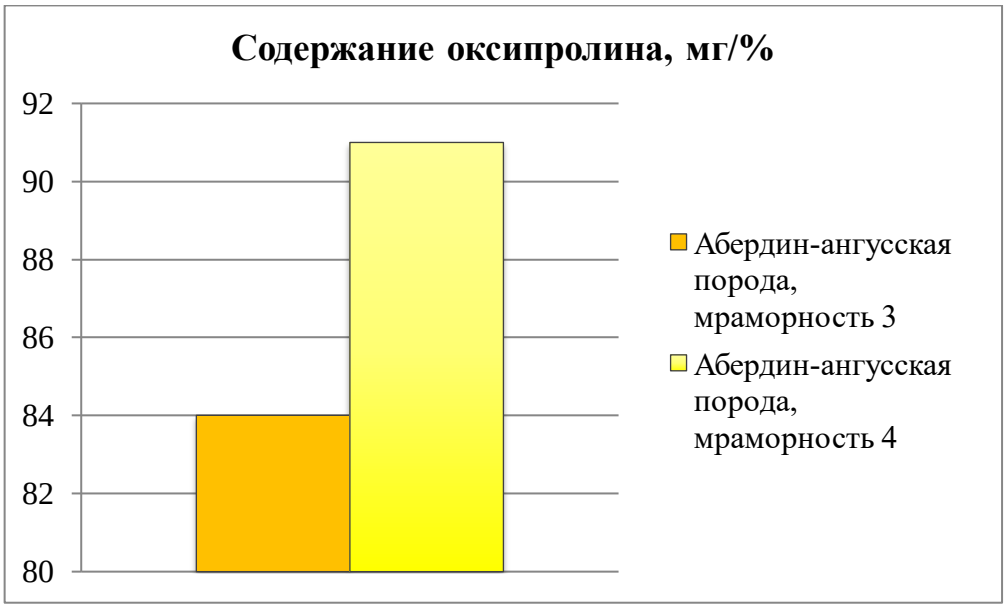


Рисунок 21 – Сравнение содержания оксипролина в мясе бычков абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности

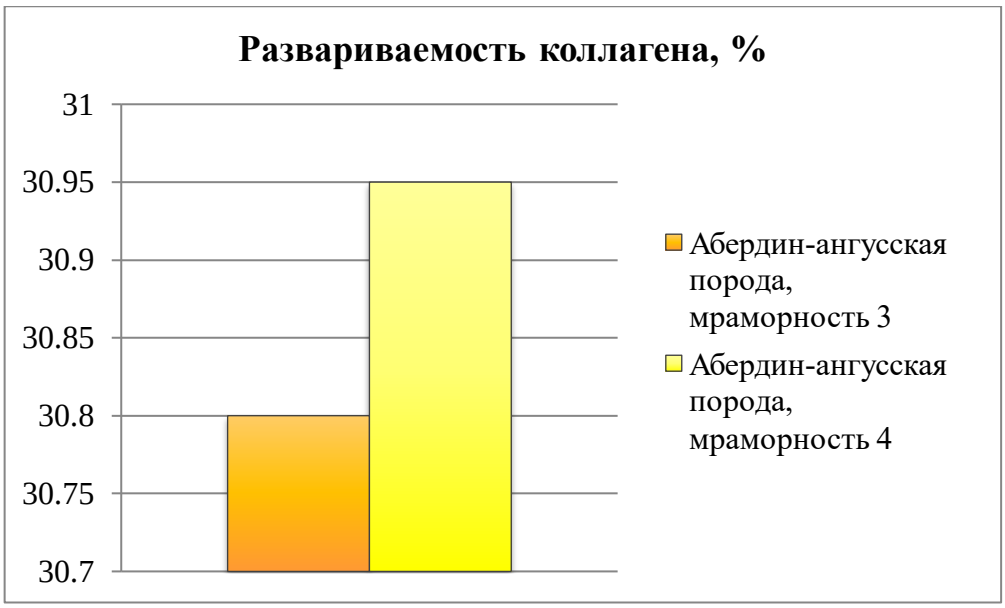


Рисунок 22 – Сравнение развариваемости коллагена мяса бычков абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности

Рисунок 23 – Сравнение усилия резания сырого мяса бычков абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности

Результаты исследований говядины от молодняка крупного рогатого скота казахской белоголовой, абердин-ангусской и калмыцкой пород с разной степенью мраморности свидетельствовали о том, что чёткой взаимосвязи между изученными показателями и степенью мраморности не установлено.

Анализ результатов исследования аминокислотного состава (таблицы 11, 12) свидетельствовал о том, что по аминокислотному составу *m. L. dorsi* с

мраморностью 3 содержал больше аминокислот, в том числе незаменимых, чем *m. L. dorsi* с мраморностью 4.

Таблица 11 – Аминокислотный состав *m. L. dorsi* кастратов абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности

Аминокислота	Абердин-ангусская порода (кастраты), мраморность 3, г/100 г	Абердин-ангусская порода (кастраты), мраморность 4, г/100 г
Аспарагиновая кислота	2,288	2,181
Глутаминовая кислота	3,545	3,378
Серин	0,889	0,848
Гистидин	0,757	0,721
Глицин	0,864	0,823
Треонин	0,861	0,820
Аргинин	1,275	1,215
Аланин	1,343	1,279
Тирозин	0,787	0,751
Цистеин	0,304	0,291
Валин	1,129	1,076
Триптофан	0,269	0,256
Метионин	0,579	0,551
Фенилаланин	0,889	0,848
Изолейцин	0,924	0,880
Лейцин	1,598	1,523
Лизин	1,714	1,633
Пролин	0,647	0,617

Таблица 12 – Содержание незаменимых аминокислот *m. L. dorsi* кастратов абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности

Содержание аминокислот, г/100 г	Абердин-ангусская порода (кастраты)	
	Мраморность 3	Мраморность 4
Всего,	20,662	19,691
в т.ч. незаменимых	7,963	7,587

В таблице 13 приведены данные исследований жирнокислотного состава липидных фракций образцов m. L. dorsi с разной степенью мраморности. Анализ этих данных свидетельствовал о том, что по жирнокислотному составу жиры исследуемых образцов очень близки.

Оценка соотношения ω_6/ω_3, рассчитанная по шести основным жирным кислотам с учетом неполной идентификации содержания всех ω3-жирных кислот показала, что значение ω_6/ω_3 в условиях анализа составило 11,3 для образцов с меньшим содержания жира (7,4 %) и 11,5 для образцов с большим содержанием жира (9,2 %). По литературным данным показатель соотношения ω_6/ω_3 приводится на уровне 14–16 в случае определения 2–3 жирных кислот.

Таблица 13 – Жирнокислотный состава *m. L. dorsi* кастратов абердин-ангусской породы с разной степенью мраморности

№	Наименование жирной кислоты	Содержание в *m. L. dorsi* кастратов абердин-ангусской породы	
		Со степенью мраморности 3	Со степенью мраморности 4
1	Масляная $C_{4:0}$	0,00	0,00
2	Капроновая $C_{6:0}$	0,01	0,02
3	Каприловая $C_{8:0}$	0,00	0,00
4	Каприновая $C_{10:0}$	0,10	0,11
5	Деценовая $C_{10:1}$	0,00	0,00
6	Лауриновая $C_{12:0}$	0,05	0,06
7	Тридекановая $C_{13:0}$	0,12	0,11
8	Миристиновая $C_{14:0}$	4,13	4,16
9	Миристолеиновая $C_{14:1}$	0,64	0,73
10	Пентадекановая $C_{15:0}$	0,62	0,55
11	Пальмитиновая $C_{16:0}$	25,85	25,89
12	Пальмитолеиновая $C_{16:1}$	3,44	3,15
13	Маргариновая $C_{17:0}$	1,76	1,75
14	Гептадеценовая $C_{17:1}$	1,17	1,03
15	Стеариновая $C_{18:0}$	16,70	14,97
16	Олеиновая $C_{18:1}$	36,43	37,85
17	Вакценовая $C_{18:1}$	0,00	0,00
18	Линолевая $C_{18:2\ \omega6}$	7,35	7,85
19	Линоленовая $C_{18:3\ \omega3}$	0,65	0,68
20	Нондекановая $C_{19:0}$	0,05	0,03
21	Арахиновая $C_{20:0}$	0,19	0,13
22	Арахидоновая кислота $C_{20:4\ \omega6}$	0,03	0,02
23	Тимнодоновая кислота $C_{20:5\ \omega3}$	0,00	0,00
24	Дигомо-γ-линоленовая кислота $C_{20:3\ \omega6}$	0,00	0,00
25	*Эйкозадиеновая кислота* $C_{20:2\ \omega6}$	0,02	0,26
26	Гондоиновая $C_{20:1\ \omega9}$	0,00	0,00
27	Бегеновая $C_{22:0}$	0,55	0,52
28	Докозагексаеновая $C_{22:6\ \omega3}$	0,00	0,00
29	Эруковая $C_{22:1\ \omega13}$	0,14	0,12
30	Нервоновая $C_{24:1\ \omega9}$	0,00	0,00
31	Лигноцериновая $C_{24:0}$	0,00	0,00

Анализ результатов исследований жирнокислотного состава свидетельствует о том, что по жирнокислотному составу жиры исследуемых образцов были очень близки.

Для оценки изменений и определения особенностей тканевых и клеточных структур в мясе с различной степенью мраморности проведены морфологические микроструктурные исследования образцов длиннейшей мышцы спины (рисунки 24-27).

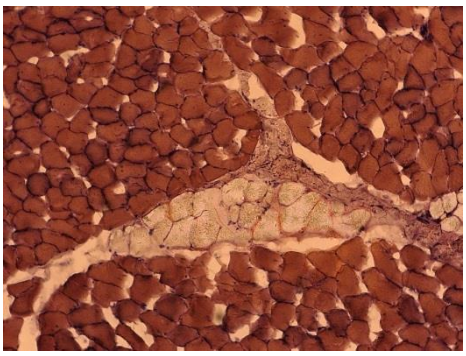


Рисунок 24 – Микроструктура *L. dorsi* абердин-ангусской породы (кастраты) со степенью мраморности 3 (поперечный срез, об.10х)

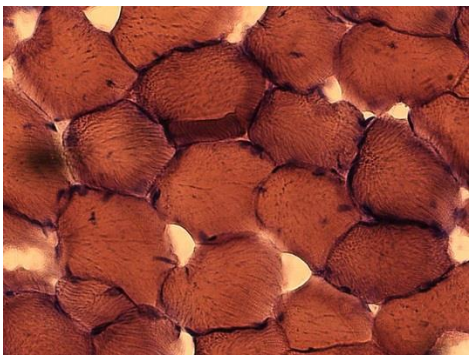


Рисунок 25 – Микроструктура *L. dorsi* абердин-ангусской породы (кастраты) со степенью мраморности 3 (поперечный срез, об.40х)

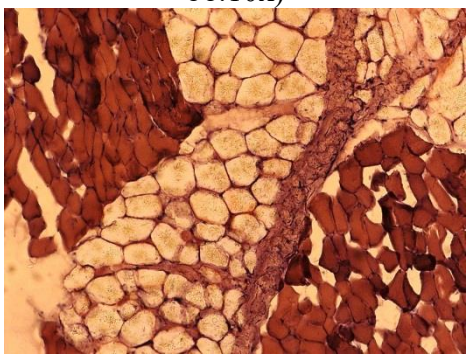


Рисунок 26 – Микроструктура *L. dorsi* абердин-ангусской породы (кастраты) со степенью мраморности 4 (поперечный срез, об.10х)

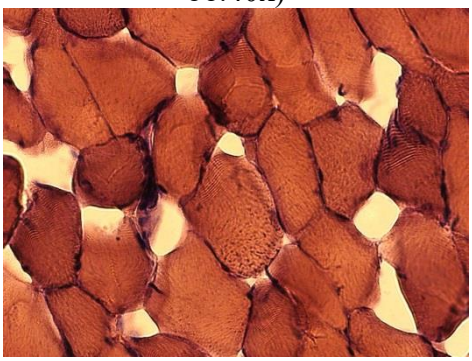


Рисунок 27 – Микроструктура *L. dorsi* абердин-ангусской породы (кастраты) со степенью мраморности 4 (поперечный срез, об.40х)

Установлено, что функциональное состояние мышечной ткани во всех образцах было достаточно однотипным. Повреждений сарколеммы, деструкции миофибрилл и разрывов мышечных волокон не было обнаружено. Во всех образцах на продольном срезе мышечные волокна, преимущественно, были спрямленные или слабо волнистые, поперечная исчерченность была хорошо выражена.

На поперечном срезе мышечные волокна во всех образцах характеризовались достаточно плотной упаковкой в пучках первого порядка, форма волокон полигональная или же слабо округлая.

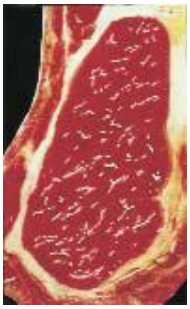
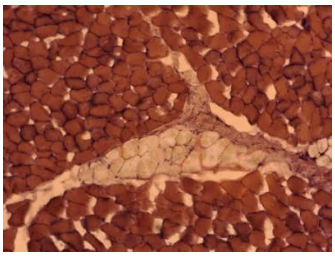
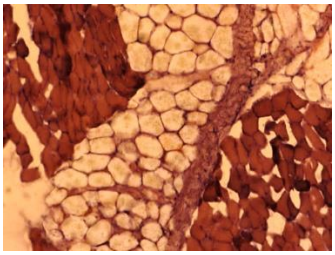
Различия между образцами были установлены лишь в степени развития мышечной ткани. Так, в образце со степенью мраморности 4 между пучками мышечных волокон в областях перимизия выявлены достаточно крупные, по сравнению с образцом со степенью мраморности 3, участки жировой ткани, имеющие типичные гистологические характеристики.

В целом, все образцы имели сходные микроструктурные показатели, однако степень развития жировой ткани в образце с мраморностью 4 была выше, чем в образце с мраморностью 3.

Сравнительная оценка мраморности говядины по шкале с приборным (микроструктурным) анализом с применением компьютерной системы изображений «AxioVision 4.7.1.0», адаптированной для гистологических исследований показала достаточно высокую степень совпадения визуальной оценки с приборной (микроструктурной).

Оценку проводили в соответствии с принципами системного количественного анализа. Для проведения количественных измерений задавали параметры анализа объекта (площадь). Применяли как автоматическое, так и интерактивное (ручное) измерение заданных параметров. Полученные результаты (таблица 14) переводили в другие компьютерные программы для дальнейшей статистической обработки.

Таблица 14 – Сравнительная оценка мраморности образцов говядины

Визуальная оценка	Микроструктурный анализ включений жировой ткани в одном снимке		
	Микроструктура на поперечном срезе	Количество включений жировой ткани, шт.	Площадь включений жировой ткани, % к общей площади снимка
 Мраморность 3		296	10,2
Мраморность 4		514	16,55

Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой степени совпадения визуальной оценки с приборной (микроструктурной) и позволяют сделать заключение о возможности использования эталонов мраморности при определении качества говядины по этому признаку.

3.4 Оценка качества говядины разных степеней мраморности в процессе созревания в упакованном и неупакованном виде

В результате оценки мраморности установлено, что экспериментальные образцы характеризовались степенями мраморности «умеренная» и «хорошая» (таблица 15). Неупакованные образцы обозначали как 1-1 (мраморность «хорошая») и 2-1 (мраморность «умеренная»), упакованные под вакуумом в полимерную пленку – как 1-2 (мраморность «хорошая») и 2-2 (мраморность «умеренная»).

Таблица 15 – Характеристика мраморности говядины

Показатели	Наименование и номер образца			
	1-1	1-2	2-1	2-2
Характеристика мраморности	Хорошая	Хорошая	Умеренная	Умеренная
Доля жировых включений, %	23,54	20,43	10,98	11,82
Фотографии мышечных глазков образцов				

Оценивали величину pH (таблица 16), микроструктурные показатели и органолептические свойства, в том числе позволяющие идентифицировать степень созревания.

Таблица 16 – Величина pH *m. L. dorsi* в процессе созревания

Срок созревания	Значение pH для образцов			
	1-1	1-2	2-1	2-2
4 суток	5,50	5,52	5,91	5,90
16 суток	5,61	5,60	5,90	5,87
28 суток	5,61	5,61	5,90	5,85

Величина pH оставалась стабильной на протяжении всего времени созревания. Это объяснялось тем, что существенные изменения pH наблюдаются в говядине в первые 4 суток после убоя. Затем величина pH в процессе дальнейшего хранения мяса остается стабильной, может наблюдаться медленный рост в результате накопления продуктов распада белков, имеющих щелочную реакцию. Стабильность pH в процессе проведения исследований свидетельствовала о нормальном развитии процесса созревания мяса. При этом величина pH не влияла на изменение цвета мяса, которое происходило при созревании.

По органолептическим показателям свежести (внешний вид и цвет поверхности, состояние мышц на разрезе, консистенция, запах, состояние жира, прозрачность и аромат бульона) говядина разной степени мраморности в упакованном и неупакованном виде преимущественно соответствовала свежему мясу. Однако вне зависимости от степени мраморности говядина, созревавшая в неупакованном виде, на 28 сутки имела отклонения по органолептическим показателям свежести. Отмечено, что на разрезе мясо было менее плотное, менее упругое, образующаяся при надавливании пальцем ямка выравнивалась медленнее; отмечены также кисловатый, не свойственный свежему мясу, запах и мутноватый бульон.

Анализ данных органолептической оценки уровня качества говядины в процессе созревания показал, что после варки общая оценка качества по 9-балльной шкале на 4, 16 сутки созревания для упакованной под вакуумом говядины с мраморностью «хорошая» и «умеренная» составила 8 баллов («очень хорошее») (таблица 17), при этом на 28 сутки наблюдалось увеличение нежности с 8 до 9 баллов. Общая органолептическая оценка бульона составила 8 баллов («очень хороший») (таблица 18).

Таблица 17 – Оценка уровня качества упакованной под вакуумом говядины после варки по 9-балльной шкале

№ п/п	Срок созревания образца	Оценка продукта по 9-ти балльной системе					Общая оценка качества
		Внешний вид	Запах (аромат)	Вкус	Консистенция	Сочность	
1	4 суток	9 Очень приятный	9 Очень приятный, ароматный, сильный	8 Вкусное	8 Нежная	8 Сочное	8 Очень хорошее
2	16 суток	9 Очень приятный	9 Очень приятный, ароматный, сильный	8 Вкусное	8 Нежная	8 Сочное	8 Очень хорошее
3	28 суток	8 Очень хороший	9 Очень приятный, ароматный, сильный	8 Вкусное	9 Очень нежная	8 Сочное	8 Очень хорошее

Таблица 18 – Оценка уровня качества бульона от упакованной под вакуумом говядины по 9-балльной шкале

№ п/п	Срок созревания	Оценка продукта по 9-ти балльной системе				Общая оценка качества
		Внешний вид	Запах (аромат)	Вкус	Наваристость	
1	4 суток	9 Очень приятный	9 Приятный, ароматный, сильный	8 Вкусный	8 Наваристый	8 Очень хороший
2	16 суток	9 Очень приятный	8 Приятный, ароматный, сильный	8 Вкусный	8 Наваристый	8 Очень хороший
3	28 суток	9 Очень приятный	8 Приятный, ароматный, сильный	8 Вкусный	8 Наваристый	8 Очень хороший

Общая оценка качества говядины после варки по 9-балльной шкале на 4, 16 сутки созревания для неупакованной говядины с мраморностью «хорошая» и «умеренная» составила 8 баллов («очень хорошее») (таблица 19), при этом на 28 сутки наблюдалось снижение нежности с 8 до 7 баллов. Общая органолептическая оценка бульона на 4, 16 сутки созревания составила 8 баллов («очень хороший»), но к 28 суткам она снизилась до 5 баллов (таблица 20).

Таблица 19 – Оценка уровня качества неупакованной говядины после варки по 9-балльной шкале

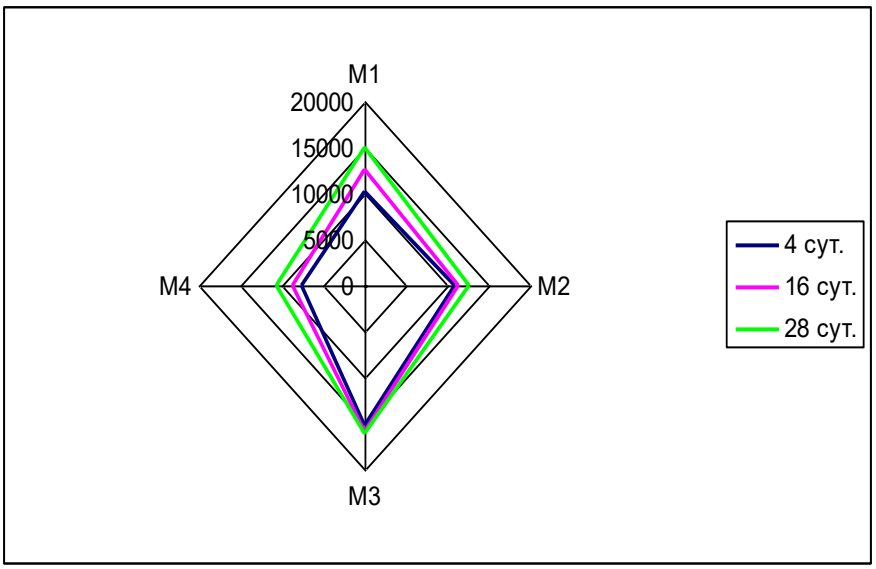
№ п/п	Срок созревания	Оценка продукта по 9-ти балльной системе					Общая оценка качества
		Внешний вид	Запах (аромат)	Вкус	Консис-тенция	Сочность	
1	4 суток	9 Очень приятный	9 Очень приятный, ароматный, сильный	8 Вкусное	8 Нежная	8 Сочное	8 Очень хорошее
2	16 суток	9 Очень приятный	8 Приятный, сильный	8 Вкусное	8 Нежная	7 Доста-точно сочное	8 Очень хорошее
3	28 суток	6 Недоста-точно хороший	3 Приятный, сильный	6 Недоста-точно вкусное	7 Достаточно нежная	6 Недоста-точно сочное	7 Хорошее

Таблица 20 – Оценка уровня качества бульона от неупакованной говядины по 9-балльной шкале

№ п/п	Срок созревания	Оценка продукта по 9-ти балльной системе				Общая оценка качества
		Внешний вид	Запах (аромат)	Вкус	Навaристость	
1	4 суток	9 Очень приятный	9 Приятный, ароматный, сильный	8 Вкусный	8 Навaристый	8 Очень хороший
2	16 суток	9 Очень приятный	8 Приятный, ароматный, сильный	8 Вкусный	8 Навaристый	8 Очень хороший
3	28 суток	6 Недостаточно хороший мутноватый	3 Немного неприятный, посторонний	3 Немного неприятный посторонний	6 Недостаточно навaристый	5 Средняя

Мультисенсорный анализ летучих компонентов газовой фазы образцов показал, что в процессе созревания упакованной говядины, интенсивность запаха к 16 и 28 суткам созревания увеличилась в 1,2 и 1,4 раза соответственно, в газовой фазе образцов увеличилось содержание летучих жирных кислот, свободных аминокислот, низкомолекулярных азотистых соединений, ответственных за аромат мяса, а также веществ-предшественников запаха вареного мяса (рисунок 28 а, б).

а)



б)

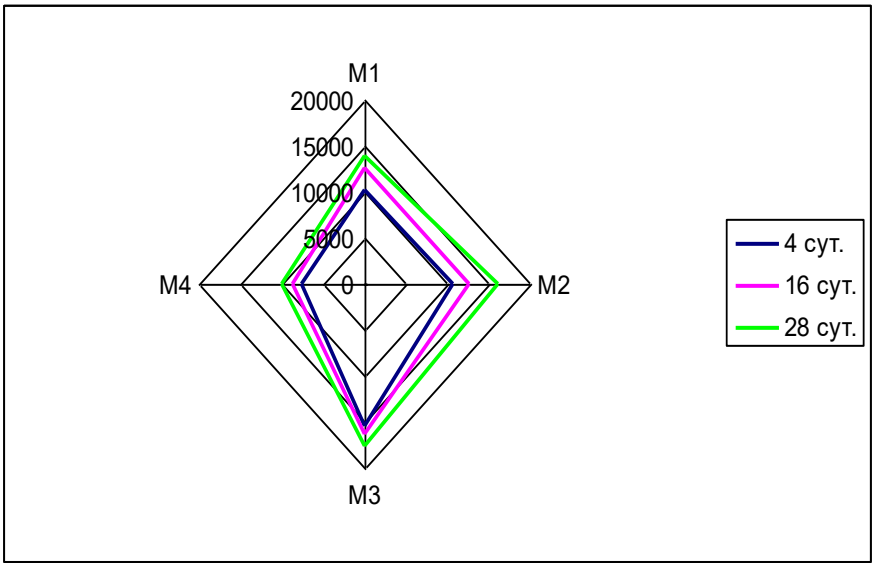
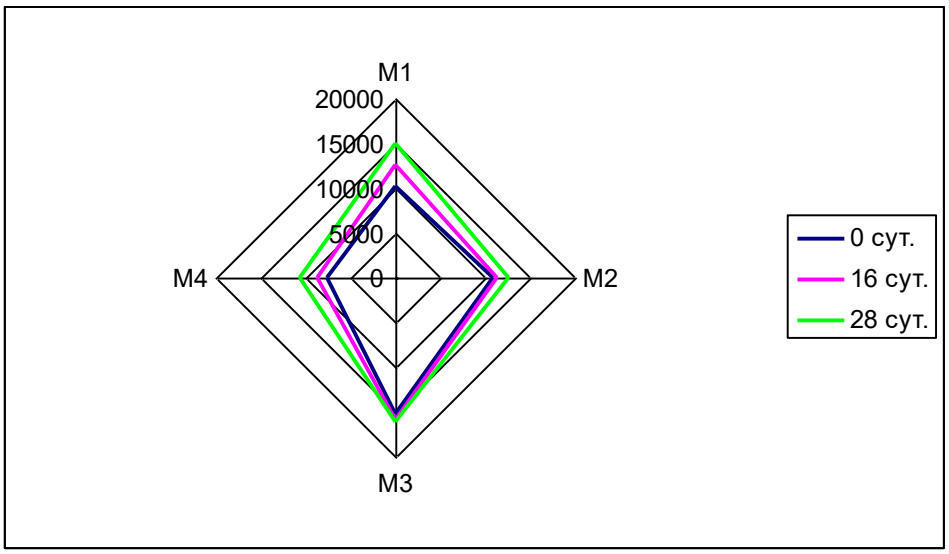


Рисунок 28 – «Визуальные отпечатки» запаха образцов упакованной говядины в процессе созревания: а) образец 1; б) образец 2.

Мультисенсорный анализ газовой фазы неупакованной говядины после 16 и 28 суток созревания показал, что интенсивность запаха образцов возросла в 1,9 и 2,2 раза соответственно. Усиление запаха связано с увеличением в составе газовой фазы содержания летучих жирных кислот, кетонов, альдегидов, образующихся в результате порчи мясного сырья (рисунок 29 а, б).

а)



б)

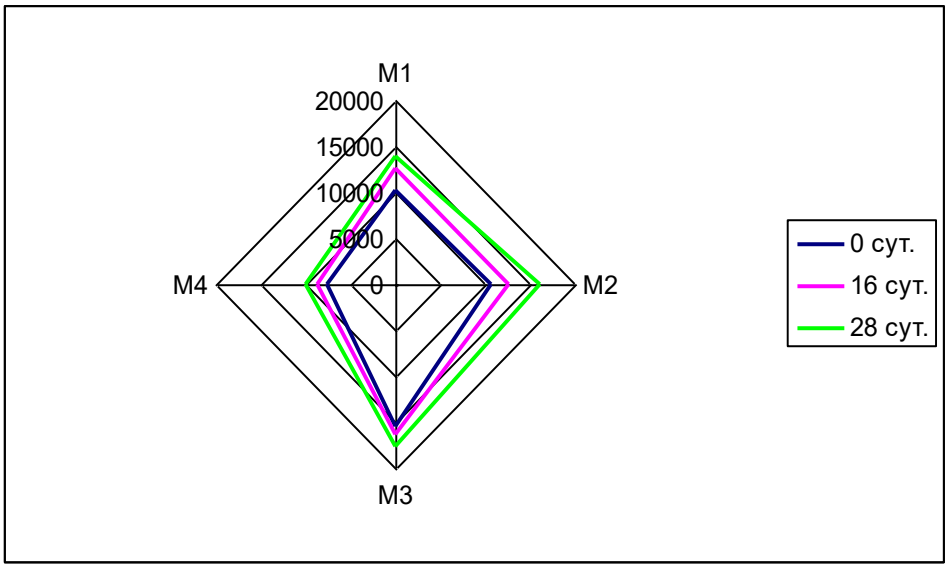


Рисунок 29 – «Визуальные отпечатки» запаха образцов неупакованной говядины в процессе созревания: а) образец 1; б) образец 2.

Результаты гистологических исследований структуры образцов говядины разной степени мраморности в процессе созревания представлены в таблицах 21 (созревание в неупакованном виде) и 22 (созревание в упакованном виде).

Таблица 21 – Результаты гистологических исследований образцов в неупакованном виде

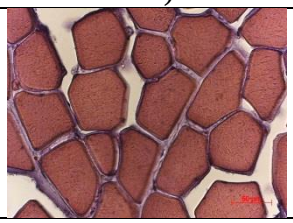
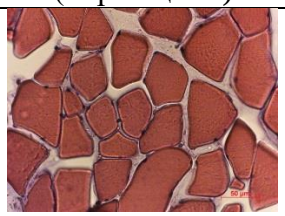
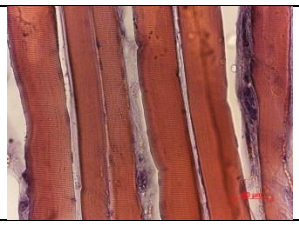
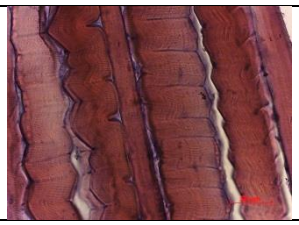
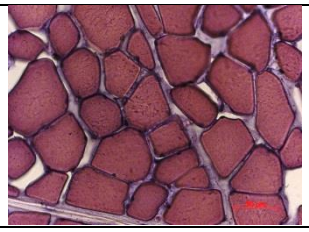
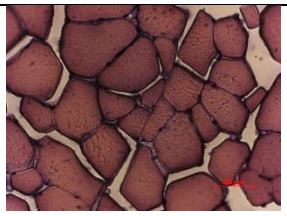
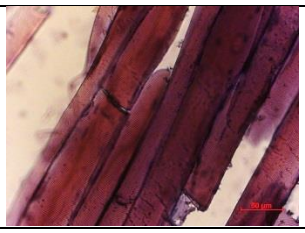
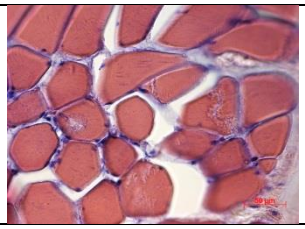
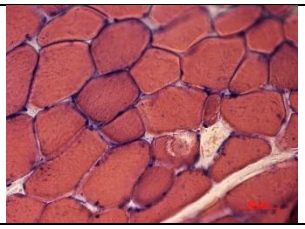
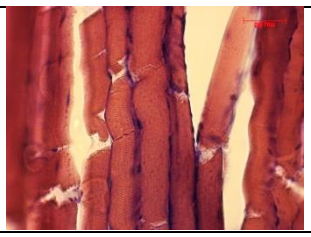
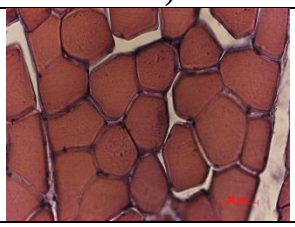
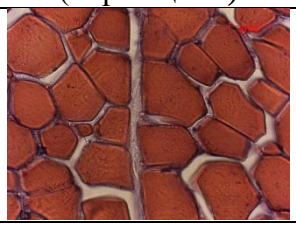
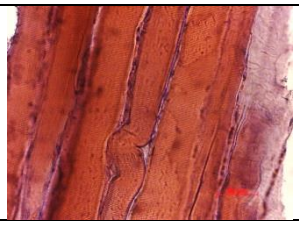
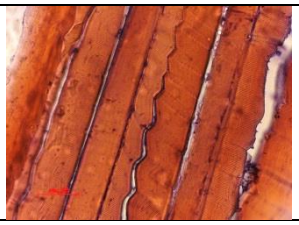
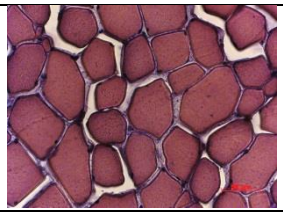
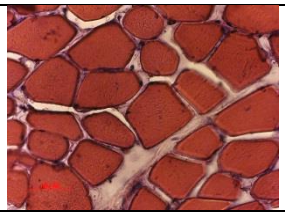
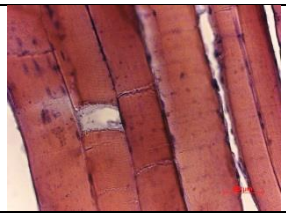
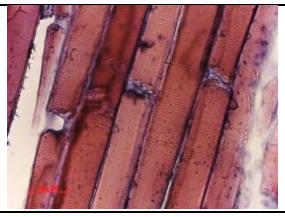
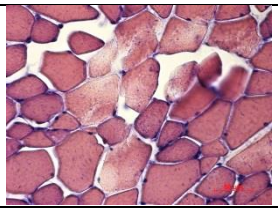
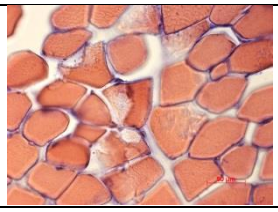
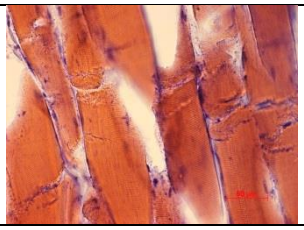
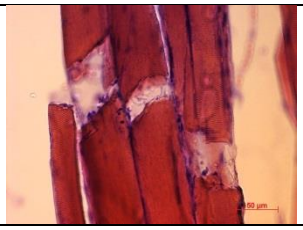
Срок созревания, сутки	Мраморность «хорошая» (образец 1-1)	Мраморность «умеренная» (образец 2-1)
4		
	Поперечный срез	
		
	Продольный срез	
16		
	Поперечный срез	
		
	Продольный срез	
28		
	Поперечный срез	
		
	Продольный срез	

Таблица 22 – Результаты гистологических исследований образцов в упакованном виде

Срок созревания, сутки	Мраморность «хорошая» (образец 1-2)	Мраморность «умеренная» (образец 2-2)
4		
	Поперечный срез	
		
	Продольный срез	
16		
	Поперечный срез	
		
	Продольный срез	
28		
	Поперечный срез	
		
	Продольный срез	

При гистологическом исследовании структуры образцов на 4 сутки созревания установлено, что все образцы имели сходные микроструктурные показатели. Микроструктура образцов соответствовала свежему мясному сырью первого этапа созревания.

При гистологическом исследовании структуры образцов на 16 сутки созревания установлено, что в образцах неупакованной говядины наблюдались микроструктурные изменения. Наряду с выраженной поперечной исчерченностью в некоторых мышечных волокнах присутствовали участки со сглаженной исчерченностью. Окраска волокон была неравномерной. Ядра в мышечных волокнах теневидные, хуже по сравнению с соответствующими образцами на 4 сутки созревания дифференцировались на препарате. В мышечных волокнах присутствовали множественные поперечно-щелевидные нарушения целостности, единичные разрывы и фрагментация. Встречались участки с отслоением сарколеммы, а также с разрушением внутренней структуры волокна (локальный распад саркомеров). Наблюдалось разрыхление соединительнотканных прослоек перимизия. Микроструктура образцов соответствовала свежему, не подлежащему длительному хранению мясному сырью начала второго этапа созревания.

В образцах упакованной говядины изменения в структуре тканей были более выражены. В мышечных волокнах присутствовали большие участки со сглаженной исчерченностью. Ядра теневидные, в некоторых волокнах в состоянии полного распада. В мышечных волокнах присутствовали множественные поперечно-щелевидные нарушения целостности и разрывы, фрагментация с образованием между фрагментами мелкозернистой белковой массы. Встречались продолжительные участки с отслоением сарколеммы, а также с разрушением внутренней структуры волокна (локальный распад саркомеров). Наблюдалось разрыхление соединительнотканных прослоек перимизия, на некоторых участках их отслоение от мышечных волокон. Микроструктура образцов соответствовала свежему мясному сырью середины второго этапа созревания.

При гистологическом исследовании структуры образцов на 28 сутки созревания установлено, что во всех образцах усиливались деструктивные изменения тканей.

В неупакованных образцах поперечная исчерченность присутствовала не на всем протяжении мышечного волокна, местами сглажена. Окраска волокон

ослаблена, неравномерная. Ядра в мышечных волокнах теневидные или в состоянии полого распада. Отмечено увеличение по сравнению с соответствующими образцами на 16 сутки созревания разрывов мышечных волокон и фрагментации с образованием между фрагментами мелкозернистой белковой массы. Встречались участки с разволокнением, отслоением и деструкцией сарколеммы, а также с разрушением внутренней структуры волокна (локальный распад саркомеров). Соединительнотканные прослойки перимизия были разрыхлены, местами отмечалось отслоение их от мышечных волокон, присутствуют очажки микрофлоры. Ядра хуже дифференцировались на препарате. Микроструктура образцов соответствовала мясному сырью сомнительной категории свежести окончания второго этапа созревания.

В упакованных образцах в большинстве мышечных волокон исчерченность сглажена. Ядра теневидные, в некоторых волокнах в состоянии полного распада. В мышечных волокнах присутствовали множественные разрывы и фрагментация с расхождением фрагментов и образованием между ними мелкозернистой белковой массы. Встречались продолжительные участки с отслоением сарколеммы, а также с разрушением внутренней структуры волокна. Обнаруживался распад отдельных фрагментов на миофибриллы, а миофибрилл – на саркомеры в виде зернистой массы, местами заключенной в эндомизий. Соединительнотканные прослойки перимизия разрыхлены, наблюдалось их отслоение от мышечных волокон. Изменения в структуре тканей соответствуют свежему не подлежащему длительному хранению мясному сырью третьего этапа созревания.

В результате гистологических исследований установлено, что с увеличением срока созревания говядины усиливался характер деструктивных изменений тканей. Образцы упакованной говядины, как с мраморностью «хорошая», так и «умеренная», на 16 и 28 сутки соответствовали второму и третьему этапу созревания мяса по ГОСТ 19496. Сырье оставалось свежим на протяжении 28 суток.

Изменения неупакованной говядины, как с мраморностью «хорошая», так и «умеренная», на соответствующие сутки созревания (16 и 28 сутки) были менее выражены.

Поверхность образцов на 16 сутки созревания в результате потери влаги была покрыта корочкой подсыхания, толщина которой незначительно увеличилась к 28 суткам созревания. Цвет мышечной ткани на поверхности отрубов в результате потери влаги и окисления миоглобина изменялся от ярко-красного до бордово-красного. Наиболее значительные изменения цвета поверхности отрубов наблюдались на 16 и 25 сутки созревания.

Показатели качества и микроструктурные свойства говядины в процессе созревания зависели главным образом от способа созревания (в упакованном или неупакованном виде), а не от степени мраморности.

3.5 Оценка потребительских предпочтений при выборе говядины по цвету мышечной ткани, цвету жировой ткани, мраморности

Исследование предпочтений потребителей проведено с помощью специализированных онлайн-ресурсов на 493 респондентах из различных регионов Российской Федерации. Диаграмма распределения возраста респондентов представлена на рисунке 30.

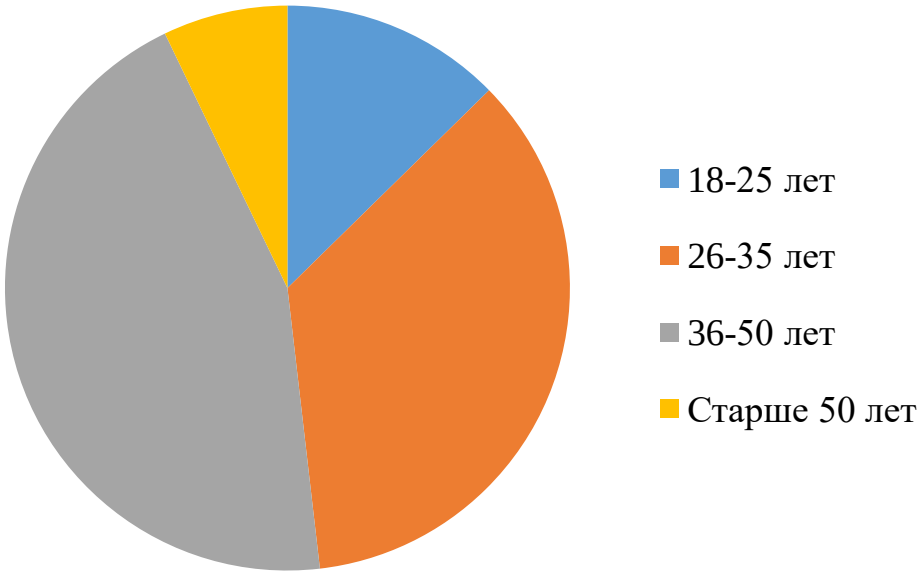


Рисунок 30 – Распределение респондентов по возрасту

Диаграмма распределения предпочтений потребителей по цвету мышечной ткани представлена на рисунке 31.

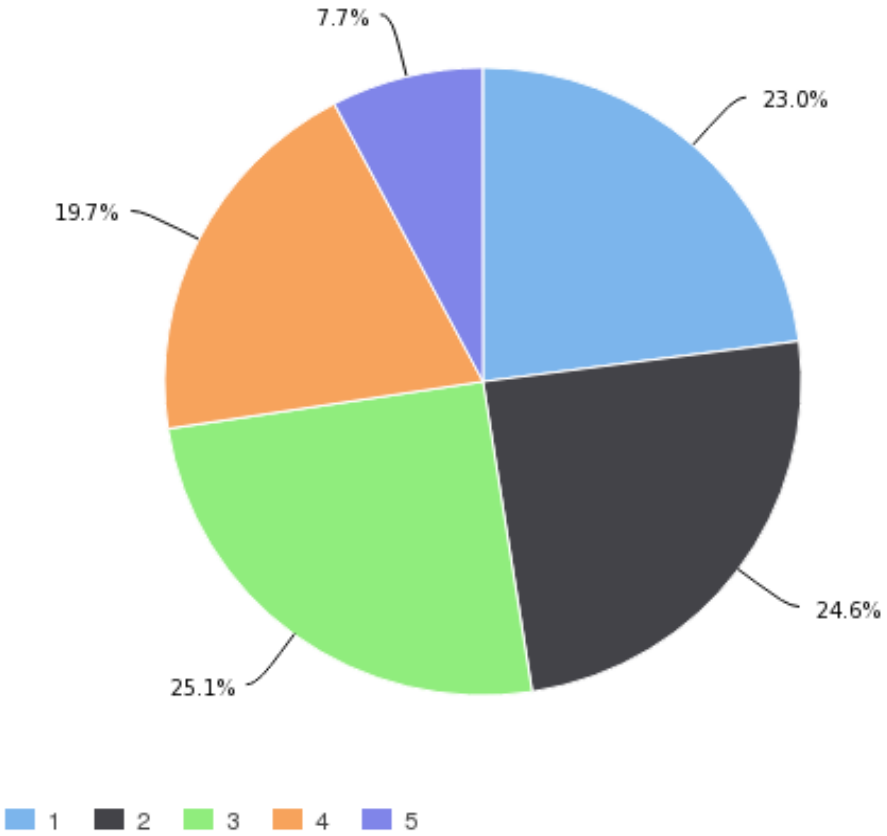


Рисунок 31 – Предпочтения потребителей при выборе говядины по цвету мышечной ткани

Данные диаграммы свидетельствуют о том, что потребители примерно в равной степени предпочитали цвет мышечной ткани 1, 2, 3, 4, тогда как цвет 5 (бордово-красный) оказался наименее предпочтителен.

Проведены исследования предпочтений российских потребителей при выборе говядины по цвету жировой ткани. Диаграмма распределения предпочтений представлена на рисунке 32.

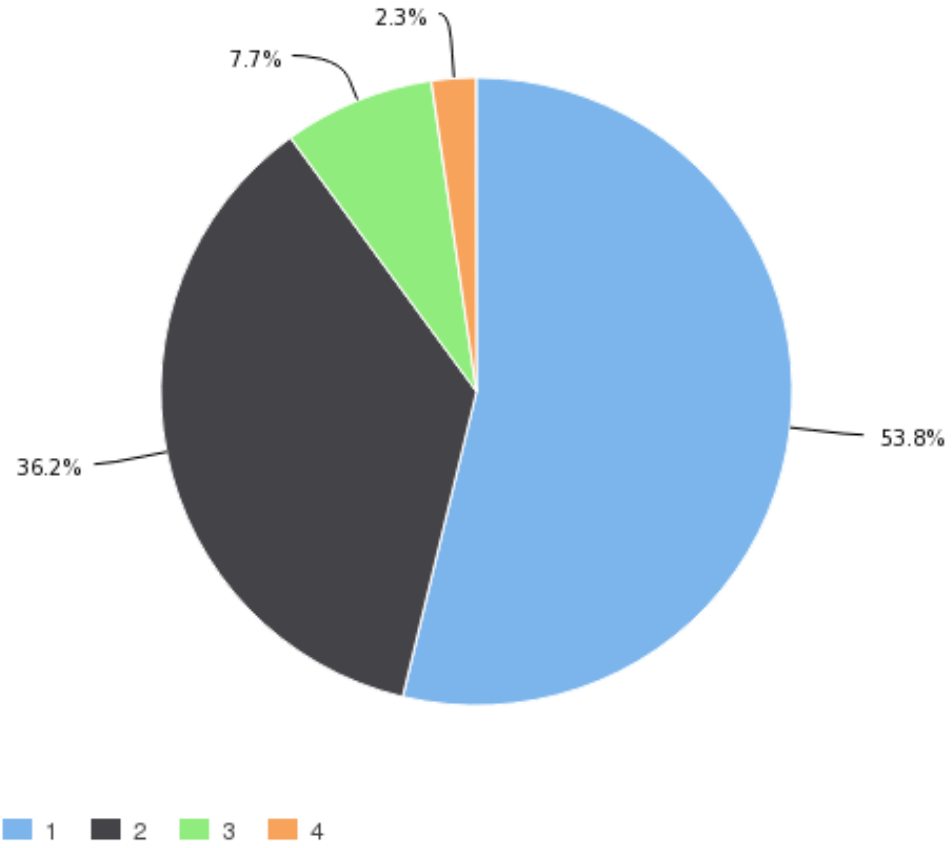


Рисунок 32 – Предпочтения потребителей при выборе говядины по цвету жировой ткани

Данные диаграммы свидетельствуют о том, что потребители предпочитают говядину с белым и желтовато-белым цветом жировой ткани (группы по цвету 1, 2), наименее предпочтительным оказался жёлтый цвет (группа по цвету 4).

Проведены исследования предпочтений российских потребителей при выборе говядины по степени мраморности. Диаграмма распределения предпочтений представлена на рисунке 33.

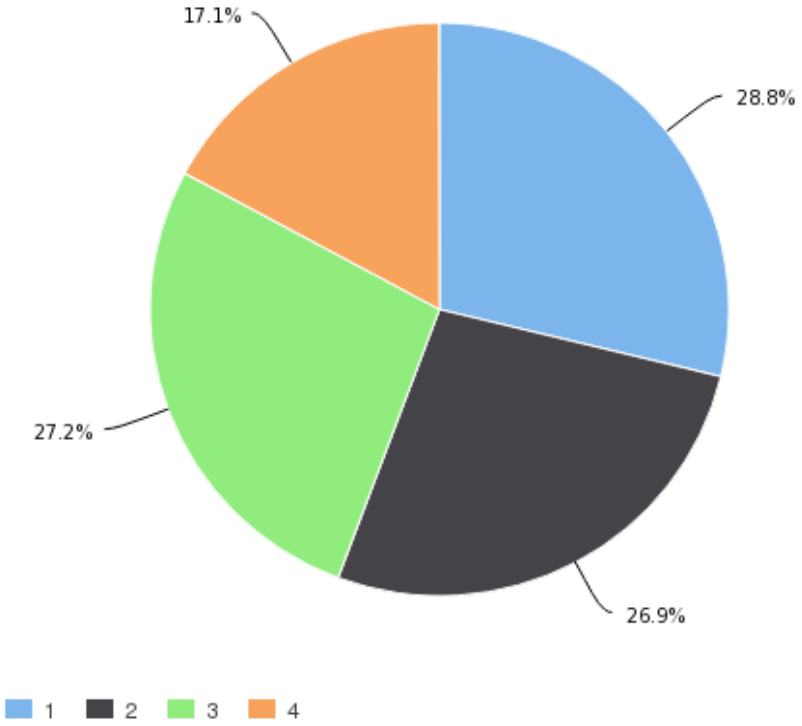


Рисунок 33 – Предпочтения потребителей при выборе говядины по степени мраморности

Данные диаграммы свидетельствуют о том, что потребители примерно в равной степени предпочитают говядину со степенью мраморности 1 (небольшая), 2 (умеренная), 3 (хорошая), тогда как наименее предпочтительной оказалась говядина со степенью мраморности 4 (насыщенная).

3.6 Выбор материала для изготовления эталонов

Материал для изготовления эталонов цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности должен отвечать следующим требованиям:

- Разрешение для использования в пищевой промышленности;
- Устойчивость к воздействиям температуры и влажности;
- Высокие прочностные характеристики;
- Нейтральная окраска.

В настоящее время в пищевой промышленности используются преимущественно полимерные материалы ввиду их устойчивости к экстремальным условиям производства, имеющие следующие характеристики (таблица 23).

Таблица 23 – Характеристики материалов, подходящих для изготовления эталонов

Обозначение	Название	Плотность	Технологические характеристики		
Международное	Российское	г/см^3 (23°C)	Т эксп, °C min	Т эксп, °C max	Атмосферная стойкость (УФ-излучение)
ABS АБС	Акрилонитрил бутадиен стирол	1.02–1.06	–40	110	Не стоек
ABS+PA АБС+ПА	Смесь АБС-пластика и полиамида	1.05–1.09	–40	180	Удовл. стойкость
ABS+PC АБС+ПК	Смесь АБС-пластика и поликарбоната	1.10–1.25	–50	130	Не стоек
ASA АСА	Сополимер стирола и акрилонитрила	1.06–1.10	–25	80	Хорошая стойкость
CPE ПХ	Полиэтилен хлорированный	1.03–1.04	–20	60	Не стоек
GPPS ПС	Полистирол общего назначения	1.04–1.05	–60	80	Не стоек
HDPE ПЭНД	Полиэтилен высокой плотности	0.94–0.97	–80	110	Не стоек
HIPS УПС	Ударопрочный полистирол	1.04–1.05	–60	70	Не стоек
HMW DPE ВМП	Высокомолекулярный полиэтилен	0.93–0.95	–269	120	Удовл. стойкость
LDPE ПЭВД	Полиэтилен низкой плотности	0.91–0.925	–120	60	Не стоек
MDPE ПЭСД	Полиэтилен среднего давления	0.93–0.94	–50	60	Не стоек
PA6 ПА6	Полиамид 6	1.06–1.20	–60	215	Хорошая стойкость
PA66 ПА66	Полиамид 66	1.06–1.19	–40	245	Хорошая стойкость
PC ПК	Поликарбонат	1.19–1.20	–100	130	Не стоек

Окончание таблицы 23

PP ПП	Полипропилен	0.92–1.24	–60	110	Хорошая стойкость
PS ПС	Полистирол	1.04–1.1	–60	80	Не стоек
PVC ПВХ	Поливинилхлорид	1.13–1.58	–20	60	Высокая стойкость
PVDF Ф-2М	Фторопласт-2М	1.75–1.80	–60	150	Высокая стойкость

По заданным критериям для изготовления эталонов подходят следующие полимерные материалы:

1. АБС-пластики;
2. Поливинилхлоридные пластики;
3. Поликарбонат;
4. Полиуретан.

Одним из наиболее простых в производстве и распространённых полимеров является поливинилхлорид (ПВХ), отвечающий также всем предъявляемым к материалам требованиям, который и выбран для изготовления эталонов.

Поливинилхлорид (ПВХ, полихлорвинил, винил и др.) — бесцветная, прозрачная пластмасса, термопластичный полимер винилхлорида. Отличается химической стойкостью к щелочам, минеральным маслам, многим кислотам и растворителям.

Приблизительная стоимость изготовления комплекта эталонов составляет 5000 рублей.

3.7 Принципы рациональной сортировки говядины с применением экспресс-методов

Рациональная сортировка говядины основана на применении экспресс-методов оценки цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности с помощью эталонов. Алгоритм оценки представлен на рисунке 34.

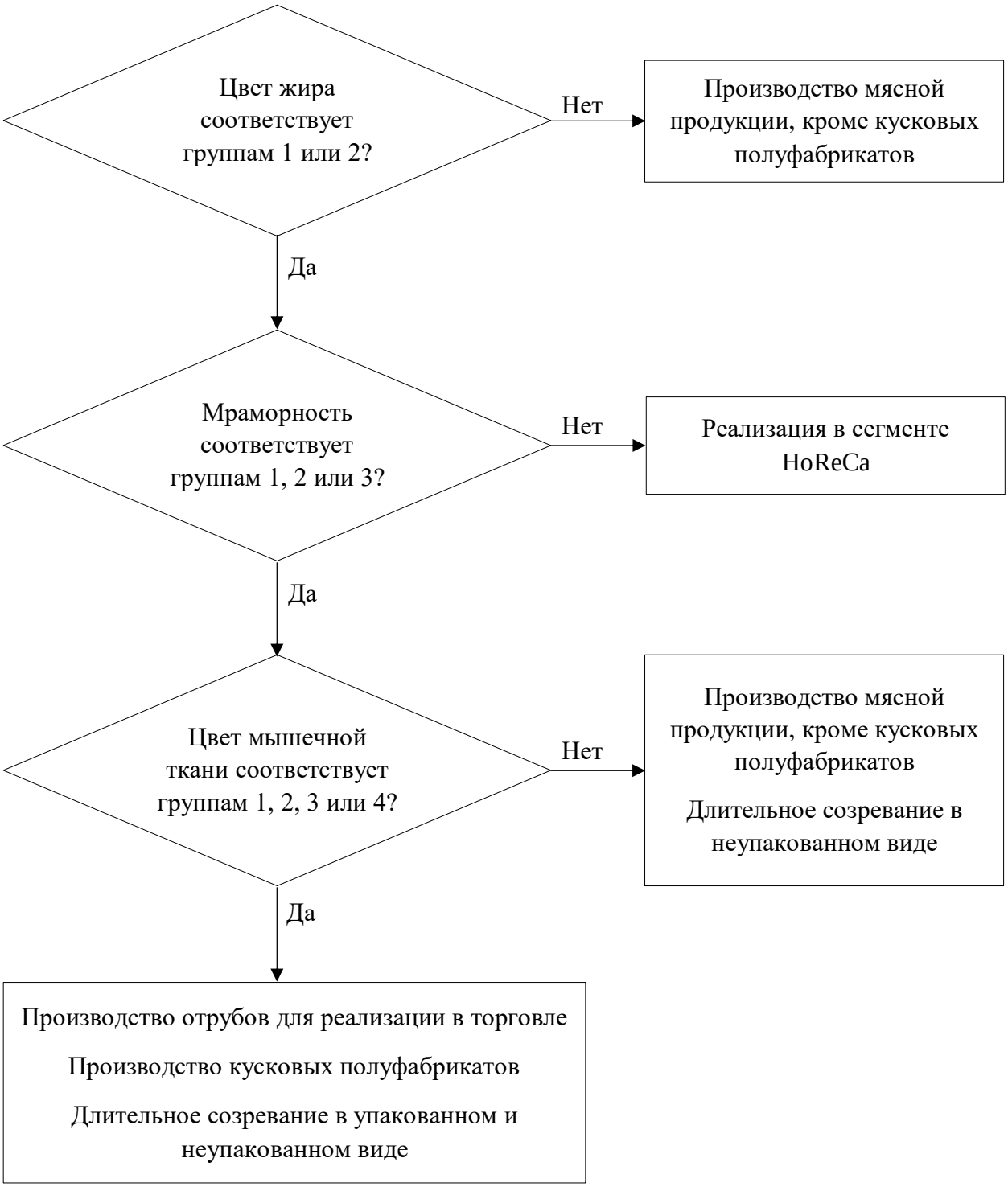


Рисунок 34 – Алгоритм рациональной сортировки говядины

В соответствии с результатами проведённой работы, цвет жировой ткани оценивается с точки зрения конечного потребителя, мраморность и цвет мышечной ткани – как с точки зрения потребителя, так и с учётом технологических свойств говядины. В алгоритме указаны рекомендуемые направления использования говядины.

По результатам проведенной работы разработаны «Методические рекомендации по применению экспресс-методов оценки качества говядины на основе измерения цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности (с использованием эталонов)» (Приложение 3).

Методические рекомендации предназначены для предприятий по убою и переработке крупного рогатого скота и определяют порядок оценки цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности говядины в производственных условиях.

Методические рекомендации определяют условия проведения измерений, использования необходимого оборудования и инструментов, квалификацию персонала по определению цвета мышечной и жировой тканей и мраморности говядины, а также условия сортировки туш на группы в зависимости от качества.

В условиях действующего предприятия по первичной переработке проведена апробация проекта методических рекомендаций, осуществлена сортировка туш на группы в зависимости от их качества. Эталоны цвета мышечной ткани апробированы на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) молодняка крупного рогатого скота пород абердин-ангусской, черно-пестрой и герефорд (75 туш) через 24 часа после убоя. Одновременно с показателем цвета измеряли величину pH и отбирали образцы для проведения лабораторных испытаний (определяли влагоудерживающую способность, структурно-механические свойства, нежность, потери влаги при термической обработке).

Результаты апробации подтвердили возможность применения методических рекомендаций для экспресс-оценки качества говядины с целью рационального её использования.

3.8 Экономическая эффективность применения разработанных методических рекомендаций сортировки говядины на группы в зависимости от качества

Результаты проведенной работы свидетельствуют о возможности сортировки говядины от молодняка крупного рогатого скота на группы по технологическим и потребительским свойствам с использованием объективной оценки по эталонам цвета мышечной ткани на предприятиях мясной промышленности России, а также сделан вывод, что использование эталонов цвета мышечной ткани для характеристики качественных показателей говядины, таких как нежность, консистенция, сочность является объективным и очень важным критерием, как для потребителя, при выборе параметров ее кулинарной обработки, так и для определения направления использования и о возможности впоследствии включения показателя цвета как одного из критериев при оценке качества говядины по межгосударственным стандартам.

На основании характеристик технологических и потребительских свойств говядины различного цвета рассчитаны коэффициенты потребительских свойств. За базу приняты показатели группы 5 (таблица 2), для которой устанавливается коэффициент 1,0, в этом случае по показателю нежности мяса для групп 1 и 4 коэффициенты соответственно 0,67 и 0,76; а по показателю потерь массы при термической обработке соответственно 1,20 и 1,07 и по показателю ВУС соответственно 0,95 и 0,96. Полученные данные свидетельствуют об экономической целесообразности сортировки говядины на группы по цвету мышечной ткани и возможности целенаправленного использования для производства мясной продукции высокого качества.

ВЫВОДЫ

1. Обобщены и систематизированы данные цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности российской говядины, полученной от крупного рогатого скота разных пород, пола и направления продуктивности. В результате математической обработки определены группы по цвету мышечной и жировой тканей. Установлены средние (эталонные) значения цвета по показателям L*, a*, b* для каждой группы, установлены самые распространённые степени мраморности для российской говядины (небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная).

2. Установлена высокая взаимосвязь между показателем *L (светлота) и качеством говядины: влагоудерживающей способностью (r=–0,93), величиной pH (r=–0,95), нежностью мяса (r=–0,96), потерями массы при термической обработке (r=0,99) и усилием резания (r=0,96). Доказана возможность объективной оценки качества говядины с использованием измеримых показателей цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности. Рассчитаны уравнения парной линейной регрессии, составлена шкала оценки качества говядины по показателю L* мышечной ткани.

3. Разработаны экспресс-методы объективной оценки качества говядины в производственных условиях с применением эталонов. Для изготовления эталонов выбран поливинилхлорид (ПВХ), отвечающий всем предъявляемым требованиям.

4. Проведены исследования предпочтений российских потребителей в цвете мышечной ткани, цвете жировой ткани и мраморности, определены наиболее и наименее предпочитаемые группы по цвету мышечной и жировой тканей и мраморности.

5. Способ созревания оказывает большое влияние на показатели качества говядины (микроструктуру, органолептические и структурно–механические свойства) вне зависимости от степени мраморности. Не установлено влияние изученных степеней мраморности *L. dorsi* «умеренная» и «хорошая» на сроки созревания говядины.

6. На основе полученных в ходе экспериментальных исследований данных разработаны, апробированы и утверждены «Методические рекомендации по применению экспресс-методов оценки качества говядины на основе измерения цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности (с использованием эталонов)».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раджабов, Р.Г. Современное состояние и тенденции развития мясного скотоводства России [Электронный ресурс] / Р.Г. Раджабов, Н.В. Иванова // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2017. – № 132. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/83.pdf. – (Дата обращения: 25.02.2019). – DOI: 10.21515/1990-4665-132-083.

2. Дунин, И.М. Новые вызовы и реалии развития мясного скотоводства в Российской Федерации / И.М. Дунин // Farm Animals. – 2014. – № 2 (6). – С. 58-67.

3. Романова, Т. Совершенствование организации производства говядины в России [Электронный ресурс] / Т. Романова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 1. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-organizatsii-proizvodstva-govyadiny-v-rossii. – (Дата обращения: 25.02.2019).

4. Шаркаев, В.И. Состояние племенной базы мясного скотоводства России / В.И. Шаркаев, Г.А. Шаркаева // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения. – ФГБОУ РАМЖ, 2016. – С. 130-136.

5. Дунин, И.М. Развитие мясного скотоводства в Российской Федерации / И.М. Дунин [и др.] // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. – Лесные поляны, 2015. С. 1-10.

6. Габидулин, В.М. Анализ результатов оценки быков-производителей русской комолой породы / В.М. Габидулин, С.Д. Тюлебаев, А.М. Белоусов // Известия ОГАУ. – 2012. – № 6 (38). – С. 131-133.

7. Горлов, И.Ф. Эффективность выращивания на мясо бычков специализированных мясных пород / И.Ф. Горлов, Д.А. Ранделин, А.К. Насыров // Вестник КалмГУ. – 2013. – № 3 (19). – С. 14-20.

8. Russell, M.L. Grazing distribution and diet quality of Angus, Brangus, and Brahman cows in the Chihuahuan desert / M.L. Russell [et al.] // Rangeland Ecology & Management. –2012. – Vol. 65, Issue 4. – P. 371-381. – ISSN 1550-7424.

9. Wyatt, W.E. Feedlot performance, carcass merit, and meat tenderness in crossbred cattle from Hereford, Braford, and Bonsmara sires and Angus and Brangus dams / W.E. Wyatt [et al.] // The Professional Animal Scientist. – 2013. – Vol. 29, Issue 6. – Pages 632-644. – ISSN 1080-7446.

10. Соколова, А.П. Основные тенденции и перспективы развития мясного скотоводства в РФ / А.П. Соколова [и др.] // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2016. – № 117. – С. 525-539.

11. Лебедько, Е.Я. Мясные породы крупного рогатого скота: учебное пособие / Е.Я. Лебедько. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2011. — 74 с.

12. Meat Standards Australia. Standards manual for beef processing enterprises. – Meat & Livestock Australia Limited, 2007. – 21 p. – ISBN 1 74036 660 3.

13. Aalhus, J.L. Review: Canadian beef grading – opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers / J.L. Aalhus [et al.] // Canadian Journal of Animal Science. – 2014. – № 94(4). – P. 545-556.

14. United States Standards for Livestock and Meat Marketing Claims, Doc. No. LS-02-02, FEDERAL REGISTER. – Vol. 67, No. 250.

15. Meat Standards Australia. Beef information kit, Meat & Livestock Australia, 2011. – ABN: 39 081 678 364. – ISBN: 1 74036 505 4.

16. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19.08.2016 г. № 614.

17. Яшина, М.Л. Здоровое питание населения России: реалии и перспективы [Электронный ресурс] / М.Л. Яшина // Экономические исследования. – 2013. – № 4. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_21048101_17496468.pdf. (Дата обращения: 25.02.2019).

18. Зеленков, П.И. Технология производства, хранения и переработки говядины: учеб. Пособие / П.И. Зеленков, А.В. Плахов, А.П. Зеленков. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 351 с. – ISBN: 5-222-02520-9.

19. Забашта, Н.Н. Выращивание, откорм молодняка крупного рогатого скота на мясо для детского питания / Н.Н. Забашта, Е.Н. Головко, И.Н. Тузов // Труды КубГАУ, 2013. – Т. 1. – № 41. – С. 119-141.

20. Пономарева, Т.А. Актуальность разработки продуктов функционального питания на основе мяса говядины и взорванных круп / Т.А. Пономарева // Экономика и бизнес. Взгляд молодых. – 2016. – № 1. – С. 364-367.

21. Забашта, Н.Н. Характеристика убойного скота мясного направления для производства продуктов детского питания / Н.Н. Забашта, Т.К. Кузнецова, Е.Н. Головко // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства, 2013. – Т. 2, № 1. – С. 51-57.

22. Henchion, M.M. Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives / M.M. Henchion, M. McCarthy, V.C. Resconi // Meat Science. – 2017. – Vol. 128. – P. 1–7.

23. Telligman A.L. “Local” as an indicator of beef quality: An exploratory study of rural consumers in the southern U.S. / A.L. Telligman [et al.] // Food Quality and Preference. – 2017. – Vol. 57. – P. 41–53.

24. Ortega, D.L. Emerging markets for imported beef in China: Results from a consumer choice experiment in Beijing / D.L. Ortega [et al.] // Meat Science. – 2016. – Vol. 121. – P. 317–323.

25. Żakowska-Biemans, S. Beef consumer segment profiles based on information source usage in Poland / S. Żakowska-Biemans [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 124. – P. 105–113.

26. Li, X. Consumer willingness to pay for beef grown using climate friendly production practices / X. Li [et al.] // Food Policy. – 2016. – Vol. 64. – P. 93–106.

27. Сурай, Н.М. Исследование потребительских предпочтений на рынке мясной продукции при формировании рационального компонента региональных брендов / Н.М. Сурай, О.А. Высоцкая // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 1 (44). – С. 144-151.

28. Ковалева, И.В. Маркетинговые исследования локального рынка мясных деликатесов и мясной продукции / И.В. Ковалева, Н.М. Сурай // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 4 (39). – С. 151-156.

29. Савельева, Ю.С. Тенденции развития мясной отрасли / Ю.С. Савельева // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2016. – №3 (24). – С. 30-35.

30. O'Quinn, T.G. Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters / T.G. O'Quinn // Meat Science. – 2016. – Vol. 112. – P. 90–102.

31. Holman, B.W.B. Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef colour / B.W.B. Holman [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 127. – P. 57-62. – ISSN 0309-1740.

32. Smith, G.C. Economic implications of improved color stability in beef / G.C. Smith [et al.] // Wiley Interscience. – 2000. – P. 397–426.

33. Troy, D.J. Consumer perception and the role of science in the meat industry / D.J. Troy, J.P. Kerry // Meat Science. – Vol. 86. – P. 214-226.

34. Мурашев, С.В. Физические и химические причины возникновения красного цвета мяса / С.В. Мурашев, С.А. Воробьев, М.Е. Жемчужников // Научный журнал НИУ ИТМО, серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2010. – № 1. – С. 17-20.

35. Von Seggern, D.D. Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round / D.D. Von Seggern [et al.] // Meat Science. – 2005. – Vol. 79. – P. 39-51.

36. McKenna, D.R. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles / D.R. McKenna [et al.] // Meat Science. – 2005. – Vol. 70. – P. 665–682.

37. Seyfert, M. Color stability, reducing activity, and cytochrome c oxidase activity of five bovine muscles / M. Seyfert [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – Vol. 54. – P. 8919–8925.

38. O'Sullivan, M.G. Evaluation of pork colour: Prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis / M.G. O'Sullivan [et al.] // Meat Science. – 2003. – Vol. 65 (2). – P. 909–918.

39. Lu, J. Evaluation of pork color by using computer vision / J. Lu [et al.] // Meat Science. – 2000. – Vol. 56 (1). – P. 57–60.

40. Ringkob, T.P. Image analysis to quantify color deterioration on fresh retail beef / T.P. Ringkob // 54th Reciprocal Meat Conference. – Indianapolis, Indiana, 2001.

41. Ringkob, T.P. Comparing pork fat color from barley and corn fed pork using image analysis / T.P. Ringkob // 56th Reciprocal Meat Conference. – Lansing, Michigan, 2003.

42. Brewer, M.S. Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters / M.S. Brewer [et al.] // Meat Science. – 2001. – Vol. 57 (2). – P. 169–176.

43. Garcia-Esteben, M. Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham / M. Garcia-Esteben // Meat Science. – 2003. – Vol. 63 (3). – P. 287–292.

44. Alcalde, M.J. The influence of final conditions on meat colour in light lamb carcasses / M.J. Alcalde, A.L. Negueruela // Meat Science. – 2001. – Vol. 57 (2). – P. 117–123.

45. Carpenter, C.E. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction / C.E. Carpenter, D.P. Cornforth, D. Whittier // Meat Science. – 2001. – Vol. 57 (4). – P. 359–363.

46. Barbut, S. Effect of illumination source on the appearance of fresh meat / S. Barbut // Meat Science. – 2001. – Vol. 59 (2). – P. 187–191.

47. O'Sullivan, M.G. Evaluation of pork colour: Sensory colour assessment using trained and untrained sensory panelists / M.G. O'Sullivan, D.V. Byrne, M. Martens // Meat Science. – 2003. – Vol. 63 (1). – P. 119–129.

48. Abril, M. Beef colour evolution as a function of ultimate pH / M. Abril [et al.] // Meat Science. – 2001. – Vol. 58 (1). – P. 69–78. – ISSN 0309-1740.

49. Ramanathan R. Effects of succinate and pH on cooked beef color / R. Ramanathan [et al.] // Meat Science. – 2013. – Vol. 93 (4). – P. 888–892. – ISSN 0309-1740.

50. Holdstock, J. The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting (Canada B4) beef carcass grade / J. Holdstock [et al.] // Meat Science. – 2014. – Vol. 98 (4). – P. 842–849. – ISSN 0309-1740

51. Keady, S.M. Compensatory growth in crossbred Aberdeen Angus and Belgian Blue steers: Effects on the colour, shear force and sensory characteristics of longissimus muscle / S.M. Keady [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 125. – P. 128–136. – ISSN 0309-1740.

52. Gagaoua, M. Associations among animal, carcass, muscle characteristics, and fresh meat color traits in Charolais cattle / M. Gagaoua, B. Picard, V. Monteils // Meat Science. – 2018. – Vol. 140. – P. 145–156. – ISSN 0309-1740.

53. Jain, A.K. Fundamentals of digital image processing / A.K. Jain. – Prentice-Hall, Inc, 1989. – 586 p.

54. Ng, H.F. Machine vision color calibration in assessing corn kernel damage / H.F. Ng [et al.] // Transactions of the ASAE. – 1998. – Vol. 41 (3). – P. 727–732.

55. Singh, N. Image analysis methods for real-time color grading of stonefruit / N. Singh, M.J. Delwiche, R.S. Johnson // Computer and Electronics in Agriculture. – 1993. – Vol. 9. – P. 71–84.

56. Lee, S.H. Color evaluation of lean tissue and fat of the beef / S.H. Lee, H. Hwang, S.I. Cho // IFAC Proceedings Volumes. – 2000. – Vol. 33, Issue 29. – P. 195–199. – ISSN 1474-6670.

57. Bajwa, S.G. Hyperspectral image data mining for band selection in agricultural applications / S.G. Bajwa [et al.] // Transactions of the ASAE. – 2004. – Vol. 47 (3). – P. 895–907.

58. Hildrum, K.I. Prediction of sensory characteristics of beef by near-infrared spectroscopy / K.I. Hildrum [et al.] // Meat Science. – 1994. – Vol. 38 (1). – P. 67–80.

59. Jeremiah, L.E. The influence of subcutaneous fat thickness and marbling on beef: palatability and consumer acceptability / L.E. Jeremiah // Food Research International – 1994. – Vol. 29 (5-6). – P. 513–520.

60. Jeyamkondan, S. Predicting beef tenderness using near-infrared spectroscopy // Presented at Photonics East / S. Jeyamkondan, G.A. Kranzler // SPIE International Symposium. – Providence, RI, Oct. 27-31, 2003.

61. Liu, Y. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy: a feasibility study / Y. Liu [et al.] // Meat Science. – 2003. – Vol. 65 (3). – P. 1107–1115.

62. Park, B. Principal component regression of near-infrared reflectance for beef tenderness prediction / B. Park [et al.] // Transactions of the ASAE. – 2003. – Vol. 44 (3). – P. 609–615.

63. Sun, X. Predicting beef tenderness using color and multispectral image texture features / X. Sun [et al.] // Meat Science. – 2012. – Vol. 92, Issue 4. – P. 386–393. – ISSN 0309-1740.

64. Holman, B.W.B. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability / B.W.B. Holman [et al.] // Meat Science. – 2016. – Vol. 121. – P. 104–106. – ISSN 0309-1740.

65. Сидорко, Н.К. Оптимизация рациона питания человека для поддержания массы тела с учетом разных типов метаболизма / Н.К. Сидорко, К.А. Ковалева, С.Н. Косников // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2015. – № 105. – С. 492-504.

66. Евстратова, В.С. Структура потребления макронутриентов населением различных регионов Российской Федерации / В.С. Евстратова, Р.М. Раджабкадиев, Р.А. Ханферьян // Вопросы питания. – 2018. – № 2. – С. 34-38.

67. Государственная политика здорового питания населения: задачи и пути реализации на региональном уровне: руководство для врачей / под ред. В.А. Тутельяна и Г.Г. Онищенко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 288 с.

68. Еганян, Р.А. Изучение особенностей характера питания в выборке мужчин 41-44 лет, проживающих в Москве / Р.А. Еганян [и др.] // Профилактическая медицина. – 2017. – Т. 20, № 6. – С. 76-82.

69. Симонова, Г.И. Фактическое питание и здоровье населения Сибири: результаты двадцатилетних эпидемиологических исследований / Г.И. Симонова [и др.] // Бюл. Сибир. отд-я РАМН. – 2006. – Т. 26, № 4. – С. 22-30.

70. Рогов, И.А. Общая технология мяса и мясопродуктов: учеб. пособие / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. — М.: Колос, 2000. – 367 с.

71. Технология мяса и мясопродуктов / под ред. А.А. Соколова. – 2-е изд., перераб. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 740 с.

72. Салихов, А.А. Особенности формирования мясной продуктивности молодняка чёрно-пёстрой породы в зависимости от пола, возраста и физиологического состояния / А.А. Салихов, В.И. Косилов, И.Р. Газеев // Известия ОГАУ. – 2014. – № 2. – С. 116-119.

73. Косилов, В.И. Мясная продуктивность чистопородных и помесных тёлок / В.И. Косилов, А.Г. Джалов, Е.А. Никонова // Известия ОГАУ. – 2017. – № 1 (63). – С. 131-132.

74. Мироненко, С.И. Мясные качества бычков симментальской породы и её двух-трёхпородных помесей / С.И. Мироненко, В.И. Косилов // Известия ОГАУ. – 2008. – № 1 (17). – С. 73-76.

75. Шевченко, Н. Интенсивность роста и мясная продуктивность бычков симментальской породы при использовании жома и ХКС / Н. Шевченко, Т. Рагимов // Молочное и мясное скотоводство. – 2012. – № 6. – С. 27-29.

76. Зеленков, П.И. Технология производства, хранения и переработки говядины: учеб. пособие / П.И. Зеленков, А.В. Плахов, А.П. Зеленков. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. — 352 с.

77. He, L. The effects of including corn silage, corn stalk silage, and corn grain in finishing ration of beef steers on meat quality and oxidative stability / L. He [et al.] // Meat Science. – 2018. – Vol. 139. – P. 142–148. – ISSN 0309-1740.

78. Lohumi, S. Application of hyperspectral imaging for characterization of intramuscular fat distribution in beef / S. Lohumi [et al.] // Infrared Physics & Technology. – 2016. – Vol. 74. – P. 1–10. – ISSN 1350-4495.

79. Chen, K. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine / K. Chen [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – 2010. – Vol. 70, Issue 1. – P. 27–32. – ISSN 0168-1699.

80. Henchion, M.M. Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives / M. Henchion [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 128. – P. 1–7. – ISSN 0309-1740.

81. Козырев, И.В. Критерии и показатели, характеризующие высококачественную говядину/ И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн// Пищевая промышленность. – 2016. – № 4. – С. 56-59.

82. P. Jackman. Prediction of beef palatability from colour, marbling and surface texture features of longissimus dorsi / P. Jackman, D.-W. Sun, P. Allen // Journal of Food Engineering. – 2010. – Vol. 96, Issue 1. – P. 151-165. – ISSN 0260-8774.

83. P. Jackman. Prediction of beef palatability from colour, marbling and surface texture features of longissimus dorsi / P. Jackman [et al.] // Pattern Recognition. – 2009. – Vol. 42, Issue 1. – P. 751-763. – ISSN 0031-3203.

84. Morales, R. Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling / R. Morales [et al.] // Food Quality and Preference. – 2013. – Vol. 29, Issue 2. – P. 166-173. – ISSN 0950-3293.

85. Shin, S.C. Chung, Identification of differentially expressed genes between high and low marbling score grades of the longissimus lumborum muscle in Hanwoo (Korean cattle) / S.C. Shin, E.R. Chung // // Meat Science. – 2016. – Vol. 121. – P. 114–118. – ISSN 0309-1740.

86. Sadkowski, T. Transcriptional background of beef marbling — Novel genes implicated in intramuscular fat deposition / T. Sadkowski [et al.] // Meat Science. – 2014. – Vol. 97, Issue 1. – P. 32–41. – ISSN 0309-1740.

87. ГОСТ 7269-2015 Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести

88. ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки

89. ГОСТ 34132-2017 Мясо и мясные продукты. Метод определения аминокислотного состава животного белка

90. ГОСТ 23041-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения оксипролина

91. ГОСТ 32307-2013 Мясо и мясные продукты. Определение содержания жирорастворимых витаминов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

92. ГОСТ Р 55482-2013 Мясо и мясные продукты. Метод определения содержания водорастворимых витаминов

Приложение 1

Результаты измерений цвета мышечной ткани

№ п/п	L* (светлота)	a* (краснота)	b* (желтизна)
1.	48,5	37,1	28,8
2.	39,5	35,6	31,3
3.	42,3	36,0	28,8
4.	43,2	34,4	29,7
5.	41,8	46,5	29,7
6.	40,9	37,5	31,6
7.	32,7	36,1	28,9
8.	38,3	35,6	28,5
9.	31,7	48,0	30,1
10.	42,9	34,2	31,0
11.	43,7	35,9	29,3
12.	43,2	35,4	29,9
13.	29,6	37,5	28,8
14.	40,5	35,3	29,9
15.	42,0	36,8	29,0
16.	40,9	34,5	21,1
17.	41,5	34,0	20,2
18.	43,7	37,8	30,5
19.	41,7	38,0	30,2
20.	30,5	36,5	31,4
21.	41,5	34,2	30,4
22.	48,2	38,6	38,5
23.	48,3	38,1	29,4
24.	48,1	38,2	29,5
25.	49,9	38,3	30,9
26.	48,4	38,8	30,3
27.	48,5	39,0	29,0
28.	48,3	40,0	28,4
29.	49,3	39,5	28,8
30.	49,1	39,0	31,4
31.	39,5	39,2	30,5
32.	29,7	39,3	28,0
33.	49,0	38,9	31,7
34.	48,8	39,1	31,3
35.	29,3	38,6	31,9
36.	49,5	39,8	30,1
37.	28,1	38,9	31,2
38.	49,8	30,0	28,5
39.	49,6	38,0	28,5
40.	49,0	39,4	29,2
41.	49,9	39,1	31,4
42.	24,2	36,2	28,9
43.	36,5	39,0	29,4
44.	49,8	36,8	27,6
45.	47,6	30,3	26,6
46.	49,5	36,8	26,4

47.	35,3	38,2	30,0
48.	27,4	40,8	30,5
49.	35,3	39,4	28,8
50.	39,5	38,2	27,1
51.	29,8	40,2	28,0
52.	47,9	37,1	27,9
53.	46,8	40,2	29,1
54.	49,2	40,1	29,5
55.	45,1	40,3	26,7
56.	47,5	39,2	31,0
57.	45,2	40,3	28,9
58.	48,8	39,1	26,3
59.	45,3	40,2	27,3
60.	46,4	38,8	28,4
61.	45,6	30,9	26,1
62.	45,0	37,5	26,2
63.	40,5	32,0	29,7
64.	45,0	38,9	27,3
65.	44,6	35,3	30,6
66.	44,5	33,9	31,6
67.	41,7	34,9	29,2
68.	41,2	32,8	29,9
69.	40,7	34,9	27,4
70.	43,3	36,1	29,6
71.	41,1	37,9	28,0
72.	44,2	34,3	30,6
73.	40,9	32,2	28,3
74.	44,6	47,0	28,8
75.	42,2	39,5	28,5
76.	40,0	34,7	37,7
77.	24,4	38,3	27,3
78.	44,3	32,7	28,0
79.	44,8	40,0	30,2
80.	44,7	42,0	29,9
81.	44,8	32,5	31,9
82.	44,0	35,1	28,6
83.	30,0	36,8	28,2
84.	38,7	37,7	32,9
85.	40,4	40,8	31,3
86.	38,9	36,8	31,3
87.	36,3	31,6	30,2
88.	37,7	39,3	28,4
89.	40,2	49,0	32,7
90.	36,2	41,2	29,9
91.	37,2	44,2	32,1
92.	40,3	35,6	30,2
93.	40,5	43,2	33,4
94.	39,9	33,8	29,0
95.	37,4	41,4	32,6
96.	37,5	40,6	28,2

97.	37,4	34,6	39,6
98.	36,5	40,2	38,3
99.	36,0	39,2	34,0
100.	38,5	43,4	30,1
101.	37,1	36,8	28,4
102.	39,3	46,5	32,5
103.	37,9	34,1	34,0
104.	36,5	37,0	32,1
105.	36,2	41,2	28,4

Приложение 2

Результаты измерений цвета жировой ткани

№ п/п	L	a	b
1	88,82	4,21	10,18
2	93,01	2,72	15,68
3	95,65	4,43	40,91
4	89,78	4,46	50,57
5	95,30	1,51	41,36
6	88,00	1,80	22,13
7	90,31	4,18	17,85
8	95,97	3,78	25,91
9	88,78	0,64	28,63
10	89,75	4,22	10,06
11	95,73	3,91	6,06
12	91,79	2,64	13,47
13	94,54	0,51	40,00
14	88,66	1,33	20,30
15	92,52	1,12	42,42
16	95,49	4,25	42,32
17	88,63	0,77	13,88
18	90,55	2,15	37,40
19	92,01	2,03	42,47
20	93,77	3,87	45,46
21	96,17	0,50	42,76
22	96,11	0,62	26,26
23	90,91	2,61	9,72
24	92,83	0,76	16,06
25	96,52	4,33	12,17
26	93,71	2,17	14,24
27	92,03	2,49	52,02
28	97,89	4,21	13,83
29	89,80	2,29	30,23
30	93,18	1,18	30,80
31	91,70	0,65	24,17
32	95,69	4,29	8,71
33	96,47	2,24	41,18
34	90,99	3,45	51,71
35	97,73	4,02	16,83
36	95,94	3,03	34,74
37	92,01	0,70	42,94
38	93,44	2,33	10,20
39	92,26	3,27	13,78
40	93,83	1,38	8,94
41	94,71	1,42	50,83
42	97,64	4,18	39,08
43	90,63	0,63	36,48
44	93,70	1,18	46,91
45	97,49	2,85	9,41
46	90,97	3,05	25,55

47	94,32	4,08	50,95
48	97,43	3,73	43,82
49	88,67	2,92	20,44
50	93,88	2,26	40,46
51	97,38	3,98	35,20
52	95,59	3,93	31,31
53	91,83	0,74	28,07
54	91,18	3,19	20,89
55	89,54	2,96	34,19
56	89,75	3,23	35,75
57	89,81	3,69	33,72
58	91,13	1,42	15,90
59	88,24	1,86	25,52
60	95,55	3,62	7,42
61	92,37	3,96	26,09
62	95,85	2,03	31,19
63	91,96	0,95	24,08
64	93,60	1,43	42,44
65	89,03	3,77	30,62
66	89,08	0,66	12,97
67	97,43	3,61	26,98
68	88,02	0,98	32,07
69	93,57	2,66	21,96
70	97,15	4,19	41,02
71	95,10	2,09	15,94
72	92,73	1,74	36,31
73	92,32	2,01	26,82
74	95,70	1,91	11,76
75	89,91	3,83	28,39
76	89,50	1,35	40,10
77	93,37	2,52	32,40
78	90,59	1,31	37,40
79	92,15	2,69	49,92
80	88,76	3,59	49,66
81	94,39	3,72	41,18
82	91,97	0,96	6,88
83	88,56	2,81	41,64
84	93,22	0,58	26,04
85	89,86	2,32	21,17
86	94,61	4,47	22,62
87	96,10	1,23	20,29
88	89,25	3,22	22,81
89	92,32	3,12	20,43
90	96,35	1,01	18,17
91	89,09	0,76	47,44
92	95,09	2,04	33,69
93	91,27	2,79	30,96
94	93,02	4,02	9,77
95	95,86	1,16	27,99
96	91,46	4,10	48,10

97	95,07	2,71	38,24
98	97,72	1,84	47,08
99	88,33	4,25	38,51
100	89,08	0,71	46,35
101	88,26	3,32	12,49
102	93,24	0,69	46,21
103	92,76	1,81	7,70
104	90,37	3,00	20,24
105	96,27	4,02	36,70
106	96,38	1,32	37,99
107	88,93	2,58	20,61
108	94,99	2,77	49,21
109	93,16	0,78	17,88
110	96,08	1,18	23,34
111	97,21	3,96	42,49
112	91,40	2,65	9,62
113	89,31	1,20	51,37
114	90,84	0,67	24,99
115	92,99	1,53	49,04
116	91,53	1,61	8,93
117	97,18	4,18	25,33
118	89,66	2,50	42,70
119	90,99	1,48	6,41
120	93,26	4,46	41,93
121	88,19	0,80	20,97
122	88,95	0,92	6,60
123	94,46	3,61	33,94
124	93,77	1,17	25,50
125	88,14	2,12	17,04
126	95,24	2,58	49,53
127	92,00	3,25	21,83
128	94,02	3,51	27,52
129	95,06	0,83	15,56
130	88,10	0,79	16,97
131	90,69	2,23	11,95
132	88,72	1,18	25,08
133	91,16	4,36	10,12
134	95,98	2,05	34,58
135	96,23	0,59	16,66
136	88,18	3,71	31,73
137	88,60	2,72	24,28
138	89,25	2,44	49,77
139	95,23	1,92	41,13
140	88,73	0,89	31,23
141	95,61	1,67	51,66
142	92,78	2,73	41,48
143	90,68	2,18	35,53
144	91,85	0,63	7,11
145	97,99	3,61	10,09
146	92,31	0,79	26,82

147	91,62	2,29	50,74
148	91,44	3,20	31,20
149	91,03	1,52	15,45
150	92,59	3,72	31,16
151	88,39	0,90	45,05
152	97,69	0,90	33,01
153	95,05	0,51	47,68
154	96,18	2,34	29,10
155	96,07	1,68	31,22
156	88,26	1,50	7,34
157	88,55	0,51	14,17
158	88,88	3,85	30,87
159	93,54	4,37	18,18
160	93,90	1,01	36,97
161	97,65	1,94	41,57
162	93,51	0,80	46,76
163	90,33	3,59	10,23
164	90,61	3,44	6,29
165	92,09	2,91	9,96
166	88,87	3,69	24,68
167	96,93	1,35	42,93
168	93,76	2,74	31,01
169	92,69	1,29	19,84
170	92,84	3,40	36,67
171	88,54	0,86	17,99
172	90,77	2,37	49,14
173	94,34	3,21	52,96
174	90,68	1,35	17,20
175	89,89	1,07	31,82
176	88,23	1,29	34,41
177	89,67	1,07	26,31
178	97,32	2,24	51,02

Приложение 3

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ
имени В.М. ГОРБАТОВА» РАН

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по научной
работе ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН
_____ А.А. Семенова
«05» апреля 2019 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению экспресс-методов оценки качества говядины на основе измерения цвета мышечной ткани, цвета жира и мраморности (с использованием эталонов)
(вводятся впервые)

Дата введения в действие «01» июня 2019 г.

Научный сотрудник, руководитель
направления
_____ И.В. Козырев

Старший научный сотрудник
_____ Т.М. Миттельштейн

Москва
2019