

Козырев Илья Владимирович

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

Специальность 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов
и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
академик РАН
Лисицын Андрей Борисович

Официальные оппоненты:

Гущин Виктор Владимирович – доктор сельскохозяйственных наук, член-корр. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, научный руководитель

Артамонова Марина Петровна – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)», и.о. зав. кафедрой «Бизнес-технологии мясных и молочных продуктов»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (ГНУ НИИММП)

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 г. в _____ ч на заседании диссертационного совета Д 006.021.02 при ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН по адресу: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, д.26.
Тел.: +7(495)676-95-11, e-mail: info@fncps.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и на сайте www.vniimp.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

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

А.Н.Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

В настоящее время на рынке мяса и мясных продуктов существует заинтересованность потребителей в приобретении продукции высокой пищевой, биологической и органолептической ценности, в том числе говядины российского производства. В этой связи появляется всё больше предприятий, производящих этот вид продукции, и российский рынок уверенно движется в направлении замещения импортной говядины. При этом важным является вопрос объективной оценки говядины и дальнейшего её рационального использования в зависимости от показателей качества и технологических свойств.

Доказано, что одними из объективных критериев, отражающих качество мясного сырья, являются цвет мышечной и жировой тканей и показатели содержания внутримышечного жира (мраморности). 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 в условиях конвейера. Исследования взаимосвязи цвета мяса и показателей качества проводились многими российскими и зарубежными учёными. Среди них можно отметить работы Лосевой Н.С., Шумковой И.А., Лисицына А.Б., Мурашева С.В., McKenna D.R., Ringkop T.P., Hopkins D. и других.

Во многих странах, являющихся признанными мировыми лидерами в производстве говядины, существуют системы объективной оценки качества мясного сырья, однако они не учитывают специфики российского производства: породного состава, условий содержания, рационов откорма. Даже близкие друг к другу по географическому расположению и традициям производства и потребления мяса страны (например, США и Канада) имеют собственные системы оценки говядины.

В настоящее время согласно стандарту Таможенного союза на крупный рогатый скот и говядину оценивают показатели туши (масса, выполненность, жировой полив), но не учитывают качество мяса. В то же время, согласно действующему межгосударственному стандарту на высококачественную говядину, оценка по цвету мышечной ткани, цвету жировой ткани и мраморности должна проводиться, но из-за отсутствия эталонов затруднена для производителей. Существующие методы оценки качества и сортировки говядины, например, по величине рН, трудозатратны, практически неприменимы в условиях конвейера на предприятиях большой мощности, требуют проведения двух измерений (в парном и охлаждённом состоянии) для полной объективности. Внедрение системы объективной оценки в зависимости от цвета мышечной и жировой тканей и мраморности повысит экономическую эффективность российских предприятий за счёт рационального использования говядины и стимулирует компании к увеличению производства говядины высокого качества.

Цель и задачи исследований

Целью работы являлась разработка на основе 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 и направления продуктивности, 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 (величина рН, ВУС, потери массы при термической обработке), потребительскими (усилие резания, нежность), 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 в упакованном и неупакованном виде в условиях холодильной камеры 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)».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. база данных цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности говядины от молодняка крупного рогатого скота;
2. эталоны цвета мышечной и жировой тканей в визуальном и цифровом виде;
3. корреляционные зависимости показателей качества говядины от цвета мышечной и жировой тканей;
4. эталоны мраморности говядины;
5. результаты исследования потребительских предпочтений цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности;
6. 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)».

Научная новизна

Установлена взаимосвязь между технологическими, потребительскими, физико-химическими 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 снижения потерь в среднем на 3-8 % при рациональном использовании мясного сырья и определения ценовой политики, как при закупке крупного рогатого скота, так и при реализации говядины повышается экономическая эффективность предприятий мясной промышленности.

Апробация работы

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

Основные результаты работы представлены на:

- 61-м международном конгрессе науки и технологии мяса (ICoMST-2015), Франция, Клермон-Ферран, 2015 г.;
- XIII Международной научной конференции молодых учёных «Молодёжь в науке-2016», респ. Беларусь, г. Минск, 23 ноября 2016 г.;
- конференции «Продовольственная безопасность», г. Воронеж, май 2017 г.;
- 9-й Всероссийской научно-практической конференции «Технологии мясного скотоводства», г. Элиста, 20 сентября 2017 г.;
- XI Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов в сфере сельскохозяйственных наук «Пищевые системы: теория, методология, практика», ФГБНУ «ВНИХИ», г. Москва, 1 ноября 2017 г.;

Работа отмечена дипломами Российской академии наук (2016 г.), Национальной академии наук Республики Беларусь (2016 г.), Федерального агентства научных организаций (2017 г.).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них 2 – в журналах, входящих в базу данных Web of Science, 5 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 – в материалах конференций, в том числе 1 – в материалах международного конгресса науки и технологии мяса (ICoMST).

Личный вклад соискателя

Все изложенные в диссертации результаты получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии. Постановка задач и

интерпретация полученных результатов осуществлялись совместно с научным руководителем и другими соавторами публикаций.

Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, схемы организации эксперимента с описанием объектов и методов исследований, результатов экспериментальных исследований, выводов, списка использованной литературы, приложений.

Работа изложена на 94 страницах машинописного текста, включает 23 таблицы, 24 рисунка и 3 приложения. Список литературы содержит 92 источника отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Обзор научно-технической литературы» приведён аналитический обзор российских и зарубежных публикаций, посвящённых вопросам формирования цвета мяса, взаимосвязи цвета мышечной, жировой тканей и мраморности с показателями качества, существующим системам оценки говядины. Систематизирован мировой опыт разработки объективных систем оценки говядины, изучены различия в восприятии потребителями говядины разного цвета. Сделан вывод об отличиях в существующих зарубежных системах оценки качества говядины, вызванных различиями в законодательных требованиях, особенностями выращивания крупного рогатого скота, традициями производства и потребления говядины; что позволило обосновать необходимость разработки российской системы объективной оценки качества говядины.

Во второй главе «Экспериментальная часть» представлены характеристики объектов исследований, организация и схема выполнения работы (рисунок 1), описаны использованные методы исследований.

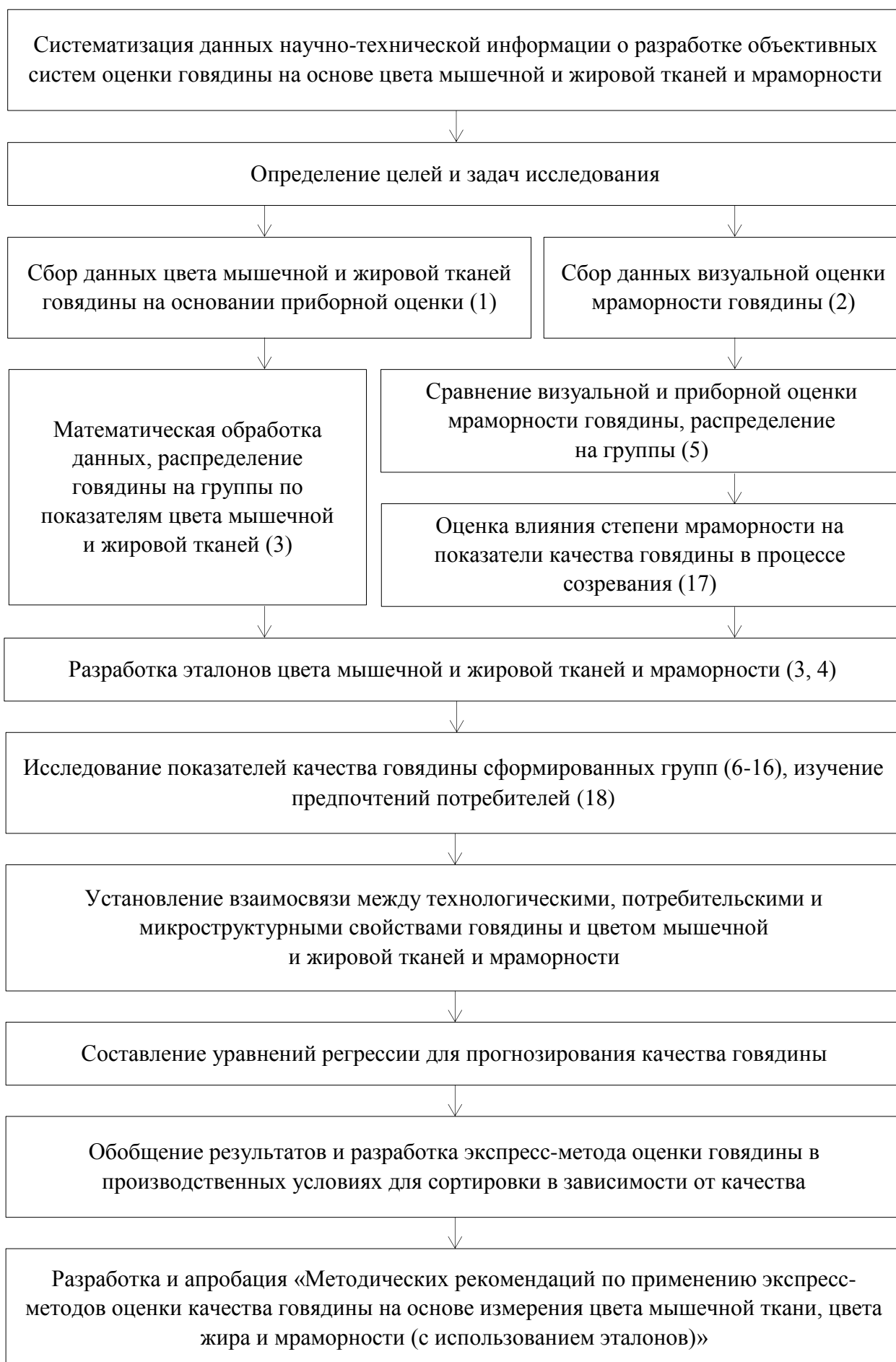


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Измерение цвета мышечной и жировой тканей и мраморности проводили через 24 часа после убоя на длиннейшей мышце спины (*m. L. dorsi*) молодняка (до 24 месяцев) крупного рогатого скота различных направлений продуктивности. Измерения проводили между 12 и 13 ребрами.

Оценку цвета мышечной ткани для сбора статистических данных осуществляли на животных мясного (55 %), мясо-молочного (28 %) и молочного (17 %) направлений продуктивности. После определения характерных для российской говядины групп по цвету мышечной ткани проведена оценка и сортировка 75 туш крупного рогатого скота, от каждой группы отобрано по 15 образцов для проведения исследований.

Оценку цвета жировой ткани для сбора статистических данных осуществляли на животных мясного (49 %), мясо-молочного (31 %) и молочного (20 %) направлений продуктивности. После определения характерных для российской говядины групп по цвету жировой ткани от каждой группы отобрано по 8 образцов для проведения исследований.

Оценку цвета осуществляли спектрофотометром CM-2300d (Konica Minolta, Япония) (1) при источнике освещения D65 с углом наблюдения 2°, каждое измерение проводили с двукратной повторностью, за результат измерения принимали среднее арифметическое двух измерений. Мраморность определяли визуально (2).

Математическую и статистическую обработку данных проводили методом факторного анализа с использованием компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica, MathCad (3).

Цветовое различие (ΔE) рассчитывали по формуле, утверждённой МКО (Международная комиссия по освещённости) в 2000 году (4).

Исследование микроструктурных свойств и сравнение визуальной и приборной оценки мраморности (5) проводили в соответствии с ГОСТ 19496-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования». Исследование образцов гистологических препаратов и их фотографирование осуществляли на световом микроскопе AxioImager 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 (6) проводили в толще длиннейшей мышцы спины (*m. L. dorsi*) с использованием портативного pH-метра testo 205 (Testo, Германия). 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 (7) говядины проводили с помощью испытательной машины AGS-1kNX (Shimadzu, Япония). Все измерения проведены с четырехкратной повторностью.

Нежность мяса определяли методом прессования (8). 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 отпрессованного мяса измеряли с помощью компьютерной программы AreaS. Вычисление нежности ($\text{см}^2/\text{г}$) производили по формуле:

$$\text{Нежность мяса} = S \cdot 100 / 0,3 \cdot N,$$

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 (10) 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.

Органолептические свойства (11) определяли по ГОСТ 7269-2015 и ГОСТ 9959-2015 с использованием мультисенсорной системы «электронный нос» («VOCmeter», Германия) по методике, разработанной и утвержденной в ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова».

Аминокислотный состав определяли согласно МВИ-02-2002 (12).

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 $72\text{ }^\circ\text{C}$, выраженную в процентах (13).

Развариваемость коллагена определяли по ГОСТ 23041 (14).

Содержание оксипролина определяли по ГОСТ 23041 (15).

Содержание витаминов определяли по ГОСТ 32307-2013, ГОСТ Р 55482 2013 (16).

Созревание говядины различной степени мраморности проводили в упакованном и неупакованном виде в условиях холодильной камеры при температуре от 1 до $2\text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 90% в течение 4, 16 и 28 суток (17).

Изучение предпочтений потребителей (18) 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%.

В третьей главе «Результаты исследований» приведены полученные экспериментальные данные и результаты их математической обработки.

Разработка эталонов цвета мышечной ткани

В эксперименте получены и систематизированы результаты визуальной оценки и измерения с помощью спектрофотометра цвета мышечной ткани от 155 туш молодняка крупного рогатого скота различного пола и направления продуктивности. Установлено, что для разных пород характерен различный цвет мышечной ткани. Так, например, для крупного рогатого скота калмыцкой породы характерен более тёмный цвет мышечной ткани, абердин-ангусской породы – более яркий. Пол также оказывает влияние на цвет мышечной ткани – говядина от некастрированных животных обычно более тёмная. Однако, так как цвет является индикатором показателей качества говядины, более тёмное мясо будет обладать свойствами, отличными от более светлого. Так, тёмно-красное мясо бычков абердин-ангусской породы и тёмно-красное мясо бычков калмыцкой породы были близки по показателям качества и отличались от ярко-красного мяса кастратов абердин-ангусской породы. Благодаря этому анализ пород разного направления продуктивности позволил создать универсальные эталоны, применимые для всей говядины от молодняка крупного рогатого скота. 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 2 и в таблице 1 соответственно. Группы по цвету установлены на основании анализа распределения показателей $*L$, $*a$, $*b$ в стандартной трехмерной системе координат. Для каждой группы установлены средние значения цвета мышечной ткани, которые приняты в качестве эталонных.

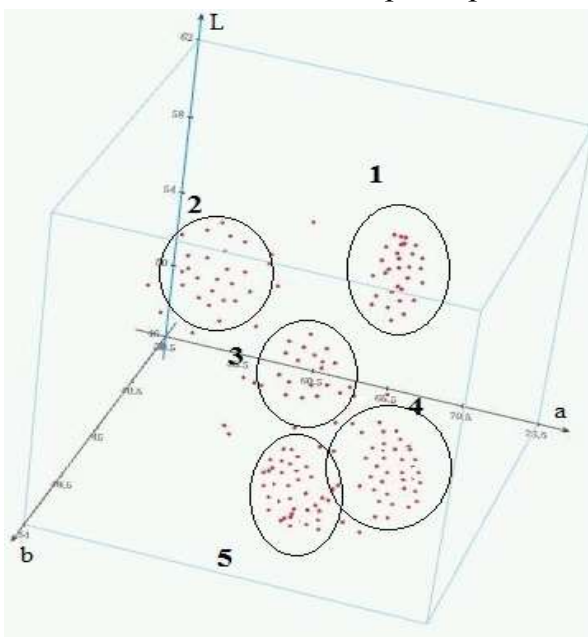


Рисунок 2 – Распределение показателей цвета мышечной ткани

Таблица 1 – 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 группе по цвету мышечной ткани определяли на основании показателя ΔE (цветовое различие) для двух соседних групп. Цветовое различие ΔE между соседними группами составило 7 и более; в соответствии с теорией цветового восприятия этого достаточно для объективного различия человеком цветов разных групп.

В условиях действующего предприятия по первичной переработке проводили оценку цветовых характеристик мышечной ткани говядины от молодняка крупного рогатого скота в системе CIELAB, проведена сортировка туш (n = 75) на три группы. Установлено, что цвет мышечной ткани отличался, прежде всего, показателем *L. В соответствии с разработанными эталонами цвета мышечной ткани туши отнесены к 1, 4 и 5 группам.

Отобраны образцы говядины различных цветовых характеристик для исследования технологических и потребительских свойств. Результаты исследований образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты исследований образцов (средние значения)

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
Усилие 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

n=45

Для расчета корреляционной зависимости между цветом и показателями качества говядины выбран показатель *L (светлота) как наиболее различающийся

между группами. Установлена высокая степень корреляции между показателем *L (светлота) и влагоудерживающей способностью, величиной рН, нежностью мяса, потерями массы при термической обработке и усилием резания (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции

Показатель	Коэффициент корреляции r
*L (светлота) и рН	– 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

Установлена высокая степень корреляции показателей рН, ВУС, нежности, потерь массы при термической обработке и усилия резания не только с цветом мышечной ткани как совокупностью значений *L, *a, *b, но и с одним показателем *L.

В результате математической обработки экспериментальных данных рассчитаны коэффициенты для уравнений регрессии для прогнозирования качества говядины с использованием значения *L (светлота):

$$\text{pH} = -0,10(*L) + 9,17$$

$$\text{ВУС} = -0,28(*L) + 77,80$$

$$\text{Нежность} = -0,84(*L) + 55,61$$

$$\text{Потери массы при термической обработке} = 0,67(*L) + 22,39$$

$$\text{Усилие резания} = 3,25(*L) + 5,71$$

На основе уравнений регрессии составлена шкала оценки качества говядины в зависимости от показателя *L мышечной ткани (таблица 4), измеренном на длиннейшей мышце спины (*m. L. dorsi*).

Таблица 4 – Шкала оценки качества говядины

*L	рН	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

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

Образцы группы 1 характеризовались однотипным состоянием мышечной ткани, рыхлым расположением мышечных волокон, присутствием поперечно-

щелевидных трещин и единичных разрывов мышечных волокон. Данная микроструктура соответствует сырью с низким значением рН (рисунки 3, 4).

Образцы группы 4 имели структуру мышечной ткани, соответствующую сырью с нормальным значением рН, процессы созревания находятся на начальном этапе формирования. Существенных деструктивных изменений мышечных волокон не выявлено (рисунки 5, 6).

В образцах группы 5 отмечалась наиболее плотная компоновка мышечных волокон, 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 рН (рисунки 7, 8).



Рисунок 3 – Микроструктура образца группы 1 (продольный срез, об.40х)

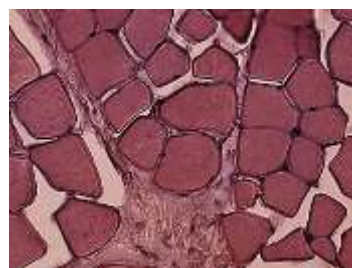


Рисунок 4 - Микроструктура образца группы 1 (поперечный срез, об.40х)



Рисунок 5 - Микроструктура образца группы 4 (продольный срез, об.40х)

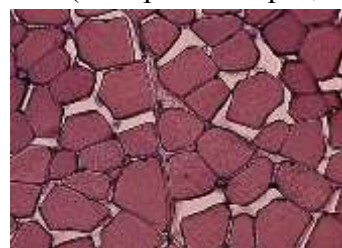


Рисунок 6 - Микроструктура образца группы 4 (поперечный срез, об.40х)



Рисунок 7 - Микроструктура образца 5 (продольный срез, об.40х)

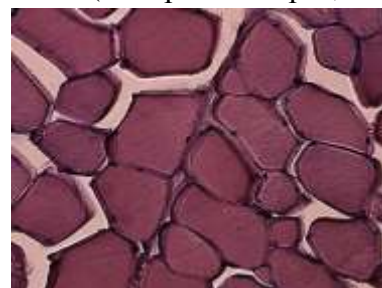


Рисунок 8 - Микроструктура образца 5 (поперечный срез, об.40х)

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

Проведены исследования предпочтений российских потребителей при выборе говядины по цвету мышечной ткани. Результаты свидетельствуют о том, что потребители примерно в равной степени предпочитали цвет мышечной ткани 1

(23,0 %), 2 (24,6 %), 3 (25,1 %), 4 (19,7 %), тогда как цвет 5 (бордово-красный) оказался наименее предпочтителен (7,7 %).

Разработка эталонов цвета жировой ткани

В эксперименте получены и систематизированы результаты визуальной оценки и измерения с помощью спектрофотометра цвета жировой ткани от 178 туш крупного рогатого скота различного пола, возраста и направления продуктивности.

В результате математической обработки данных 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 9 и в таблице 5.

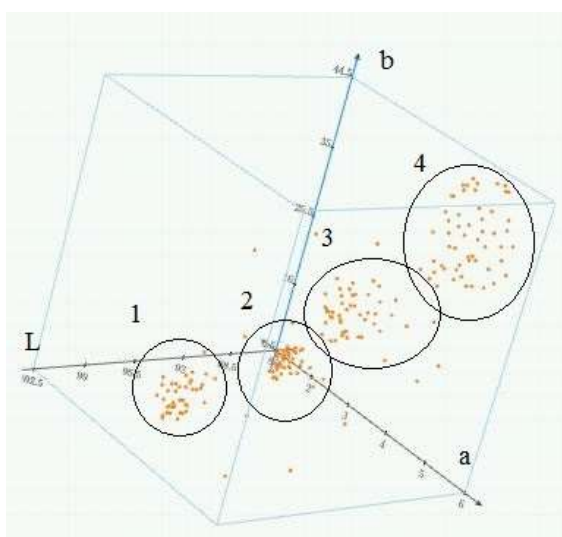


Рисунок 9 – Распределение показателей цвета жировой ткани

Таблица 5 - 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 ΔE между соседними группами составило 5,8 и более; в соответствии с теорией цветового восприятия этого достаточно для объективного различия человеком цветов разных групп. Принадлежность говядины к той или иной группе по цвету жировой ткани определяли на основании показателя ΔE (цветовое различие) для двух соседних групп.

В условиях предприятия по первичной переработке визуально и с помощью спектрофотометра проведена оценка цвета жировой ткани. Для проведения исследований жирнокислотного состава и содержания летучих органических веществ отобраны образцы жировой ткани ($n=8$). В соответствии с эталонами образцы отнесены к группам 1, 2, 3, 4. В результате анализа достоверной разницы между группами по этим показателям не установлено. 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.

Проведены исследования предпочтений российских потребителей при выборе говядины по цвету жировой ткани. Результаты свидетельствуют о том, что потребители предпочитали говядину с белым (53,8 %) и желтовато-белым (36,2 %) цветом жировой ткани (группы по цвету 1, 2 соответственно), наименее предпочтительным (2,3 %) оказался жёлтый цвет (группа по цвету 4).

Разработка эталонов мраморности

В эксперименте визуально оценивали уровень мраморности длиннейшей мышцы спины (*m. L. dorsi*) от туш крупного рогатого скота различного пола мясного направления продуктивности. Оценка говядины мясного направления продуктивности связана с тем, что мраморность обусловлена, в первую очередь, генетическими особенностями и не характерна для пород молочного и мясомолочного направлений продуктивности. Установлены четыре степени мраморности: небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная (рисунок 10), характерные для говядины российского производства.

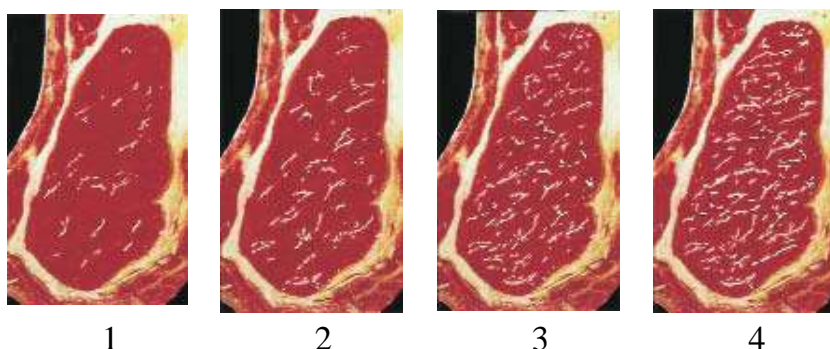


Рисунок 10 – Шкала мраморности

Для проведения лабораторных исследований отобраны образцы ($n=30$) и определены показатели качества говядины разной степени мраморности. 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 свидетельствовали о том, что содержание жира в мясе бычков сравниваемых пород находилось в диапазоне от 0,94 до 9,2% и соответствовало степени мраморности ($r=0,97$).

Развариваемость коллагена в мясе с более высокой степенью мраморности была ниже. По содержанию витаминов и аминокислотному составу мяса и жирнокислотному составу липидных фракций образцов с разной степенью мраморности достоверной разницы не установлено.

Общая органолептическая оценка образцов с более высокой степенью мраморности также была выше.

Сравнительный анализ визуальной оценки степени мраморности говядины и приборной (микроструктурной) показал высокую степень совпадения визуальной оценки с приборной, что позволило сделать заключение о возможности использования эталонов мраморности при определении качества говядины по этому признаку.

Проведены исследования предпочтений российских потребителей при выборе говядины по степени мраморности. Результаты свидетельствуют о том, что потребители примерно в равной степени предпочитали говядину со степенью мраморности 1 (небольшая) (28,8 %), 2 (умеренная) (26,9 %), 3 (хорошая) (27,2 %), тогда как наименее предпочтительной (17,1 %) оказалась говядина со степенью мраморности 4 (насыщенная).

Проведено исследование влияния степени мраморности говядины на процесс созревания. Созревание говядины проводили в упакованном и неупакованном виде в условиях холодильной камеры при температуре от 1 до 2 °С в течение 4, 16 и 28 суток.

Величина рН оставалась стабильной на протяжении всего времени созревания, для образцов со степенью мраморности «хорошая» она составила в среднем $5,50 \pm 0,1$, для образцов со степенью мраморности «умеренная» - $5,90 \pm 0,05$. Это объяснялось тем, что существенные изменения рН наблюдаются в говядине в первые 4 суток после убоя. Затем величина рН в процессе дальнейшего хранения мяса остается стабильной, может наблюдаться медленный рост в результате гнилостной порчи и накопления продуктов распада белков, имеющих щелочную реакцию. Стабильность рН в процессе проведения исследований свидетельствовала о нормальном развитии процесса автолиза мяса.

В результате анализа органолептических показателей говядины в процессе созревания установлено, что общая оценка качества по 9-балльной шкале на 4, 16 сутки созревания составила 8 баллов («очень хорошее»), при этом на 28 сутки наблюдалось увеличение нежности с 8 до 9 баллов. Общая органолептическая оценка бульона составила 8 баллов («очень хороший»).

Мультисенсорный анализ летучих компонентов газовой фазы образцов показал, что в процессе созревания интенсивность запаха к 16 и 28 суткам созревания увеличилась в 1,2 и 1,4 раза соответственно.

В результате проведенных микроструктурных исследований установлено, что с увеличением срока созревания мяса усиливался характер деструктивных изменений тканей. Установлено, что 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.

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. Согласно действующим российским и мировым стандартам по оценке качества говядины, она проводится на срезе длиннейшей мышцы спины (*m. L. dorsi*). Это связано в том числе с тем, что одним из показателей является мраморность, которая в первую очередь проявляется в этой части туши. Ранее в работах Татулова Ю.В. и др. доказана взаимосвязь показателей *m. L. dorsi* и других мышц и возможность их пересчёта с помощью коэффициентов.

Алгоритм оценки представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Алгоритм рациональной сортировки говядины

В соответствии с результатами проведённой работы, цвет жировой ткани оценивается с точки зрения потребителя, мраморность и цвет мышечной ткани –

как с точки зрения потребителя, так и с учётом технологических свойств. 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)».

Методические рекомендации предназначены для предприятий по убою и первичной переработке крупного рогатого скота и определяют порядок оценки цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности говядины, условия проведения измерений, использования необходимого оборудования и инструментов, квалификацию персонала, условия сортировки туш на группы в зависимости от качества.

Проведён анализ материалов для изготовления эталонов в соответствии со следующими требованиями:

- разрешение для использования в пищевой промышленности;
- устойчивость к воздействиям температуры и влажности;
- высокие прочностные характеристики;
- нейтральная окраска.

По заданным критериям выбран один из наиболее простых в производстве и распространённых полимеров – поливинилхлорид (ПВХ).

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

ВЫВОДЫ

1. Обобщены и систематизированы данные цветовых характеристик мышечной и жировой тканей российской говядины, полученной от крупного рогатого скота различных 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. С помощью шкалы мраморности установлены самые распространённые степени мраморности для российской говядины (небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная), проведены исследования содержания жировых включений в говядине разной степени мраморности с помощью компьютерной системы обработки изображений.
2. Установлена высокая взаимосвязь между показателем L^* (светлота) и качеством говядины: влагоудерживающей способностью ($r=-0,93$), величиной рН ($r=-0,95$), нежностью мяса ($r=-0,96$), потерями массы при термической обработке ($r=0,99$) и усилием резания ($r=0,96$). Разработаны описывающие корреляционную зависимость между цветом мышечной ткани и показателями качества уравнения парной линейной регрессии, позволяющие достоверно определять качество говядины на основании измерения цвета мышечной ткани, составлена шкала оценки качества говядины по показателю L^* мышечной ткани.
3. 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.
4. В процессе созревания упакованной говядины со степенью мраморности 2 и 3 к 16 и 28 суткам наблюдалось увеличение нежности с 8 до 9 баллов, интенсивности запаха в 1,2 и 1,4 раза соответственно, изменение микроструктуры говядины соответствовало 2 и 3 этапу созревания мяса. Установлено, что показатели качества и микроструктурные свойства говядины в процессе созревания зависели главным образом от способа созревания, а не от степени мраморности.
5. 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)», для изготовления эталонов выбран поливинилхлорид (ПВХ), отвечающий всем предъявляемым требованиям.

Основные публикации по диссертационной работе

Публикации в изданиях, входящих в журналы, индексируемые в БД Web of Science

1. Marbled beef quality grades under various ageing conditions / Ilya V. Kozyrev, Tatyana M. Mittelshtein, Viktoriya A. Pchelkina , Tatyana G. Kuznetsova, Andrey B. Lisitsyn // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, no. 2. – P. 429–437.
2. The effect of aging on the nutritional value and sensory properties of marble beef / Ilya V. Kozyrev, Tatyana M. Mittelstein, Tatyana G. Kuznetsova, Andrey N. Ivankin, Oksana A. Kuznetsova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10, Issue 1.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

3. Особенности производства и оценки высококачественной говядины / А. Б. Лисицын, И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн // Все о мясе. – 2015. – №3 – С. 22-25.
4. Особенности высококачественной говядины и объективные методы её оценки/А.Б. Лисицын, И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн// Мясная индустрия. – 2015. – №12 – С. 16-18.
5. Критерии и показатели, характеризующие высококачественную говядину/ И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн// Пищевая промышленность. – 2016. – №4 – С. 56-59.
6. Потребительские свойства российской говядины/ И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн, А.Б. Лисицын// Мясная индустрия. – 2017. – № 9. – С. 32-36.

Статьи и материалы конференций

7. Characterization of beef with different degrees of marbling from young aberdeen angus cattle raised in Russia/ Andrey B. Lisitsyn, Ilya V. Kozyrev, Tatiana M. Mittelshtein// 61st International Congress of Meat Science and Technology – 2015. – P. 137.
8. Характеристика российской высококачественной говядины различной степени мраморности/ А.Б. Лисицын, И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн// Мясные технологии. –2016. – № 12 – с. 31-33.
9. Исследование цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности говядины./ А.Б. Лисицын, И.В. Козырев// Теория и практика переработки мяса. – 2016. –1(4) – С.51-56.
10. Технологические свойства охлаждённой говядины различных цветовых классов/ И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн, В.А. Пчелкина, А.Б. Лисицын// Теория и практика переработки мяса. – 2017. – Vol. 2, № 2. – С. 60-68.
11. Разработка эталонов цвета мышечной ткани для объективной оценки качества говядины / И.В. Козырев // Пищевые системы: теория, методология, практика: сб. тр. науч.-практич. конф. – М.: ВНИХИ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2017. – С. 149-155.

12. Влияние степени мраморности говядины на показатели качества в процессе созревания/ И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн, Т.Г. Кузнецова, В.А. Пчелкина, К.И. Спиридонов, А.Б. Лисицын// Пищевые системы. – 2018. – 1(3). – С. 13-26.
13. Требования межгосударственного стандарта на крупный рогатый скот, говядину и телятину с учетом специфики производства и переработки в странах таможенного союза/ И.В. Козырев, Т.М. Миттельштейн, А.И. Синичкина, А.Б. Лисицын// Всё о мясе. – 2018. – № 4. – С. 20-21.