

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кемеровский государственный университет»

*На правах рукописи*

**ХРЕНОВ ВЛАДИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ**



**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУХОГО  
СОЗРЕВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ГОВЯДИНЫ, ТЕХНОЛОГИИ  
ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

4.3.3. Пищевые системы

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Гуринович Галина Васильевна

Кемерово 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

	С.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	9
1.1 Мраморная говядина, особенности состава и свойств.....	9
1.2 Современные технологии созревания мяса.....	17
1.3 Механизмы формирования свойств мяса сухого созревания.....	29
1.4 Микробиология говядины сухого созревания.....	36
1.5 Заключение по обзору литературы.....	39
<b>ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	40
2.1 Организация исследований.....	40
2.2 Объекты и методы исследования.....	43
<b>ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУХОГО СОЗРЕВАНИЯ</b> .....	53
3.1 Исследование физико-химических, структурно-механических показателей и потерь массы высококачественной говядины при сухом созревании.....	53
3.2 Влияние сухого созревания на цвет высококачественной говядины....	61
3.3 Исследование изменений белков высококачественной говядины в процессе сухого созревания.....	67
3.4 Исследование влияния сухого созревания на стабильность липидов высококачественной говядины.....	80
3.5 Исследование пищевой и биологической ценности высококачест- венной говядины длительного сухого созревания.....	84
3.6 Исследование показателей безопасности высококачественной говядины сухого созревания.....	95

<b>ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ГОВЯДИНЫ СУХОГО СОЗРЕВАНИЯ.....</b>	<b>97</b>
4.1 Разделка высококачественной говядины сухого созревания с выделением полуфабрикатов.....	97
4.2 Влияние способа упаковки на качество и безопасность полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания в процессе холодильного хранения.....	99
4.2.1 Органолептическая оценка полуфабрикатов.....	112
4.3 Разработка технологии полуфабрикатов повышенной кулинарной готовности из говядины сухого созревания.....	114
4.3.1 Влияние способа нагрева на качество полуфабрикатов.....	114
4.3.2 Оценка качества полуфабрикатов «су-вид» нагрева в процессе холодильного хранения.....	122
4.4 Разработка технологии грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания.....	124
4.4.1 Исследование качества грудинки в процессе сухого созревания.....	124
4.4.2 Технологическая схема производства и качество грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания.....	127
<b>5 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ.....</b>	<b>132</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.....</b>	<b>134</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>135</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>158</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследований.** Мясная промышленность – одна из основных отраслей народного хозяйства, призванная обеспечить население страны социально значимыми продуктами. Источником белка высокой пищевой и биологической ценности является говядина. На увеличение объемов ее производства направлена стратегия развития скотоводства, в которой заметная роль отводится как крупным производителям, так и крестьянским (фермерским) хозяйствам. В этой связи появляется всё больше возможностей в направлении замещения на российском рынке импортной говядины, в том числе высококачественной или мраморной, в производстве которой делается акцент на отечественные специализированные мясные породы, приспособленные к природно-климатическим условиям России, в том числе к сибирским регионам.

Для повышения качества говядины позитивные эффекты, достигнутые на стадии выращивания, необходимо поддерживать на последующих, включая созревание и переработку. В отечественной практике преобладает технология созревания мяса в полутушах. Вместе с тем в современных условиях все большее внимание исследователей и специалистов привлекают технологии созревания мяса в разделанном виде, что требует научного обоснования условий выполнения и реализации, которые должны быть связаны с ожиданиями всех заинтересованных сторон. Одним из таких способов является сухое созревание, которое позволяет регулировать состав и качество сырья и достаточно широко практикуется в зарубежной практике переработки мяса. В то же время исследования качества говядины от пород, приспособленных к природно-климатическим условиям сибирских регионов, в процессе созревания, а также условий ее хранения и использования крайне ограничены.

Принимая во внимание существенное влияние биохимических процессов созревания на формирование качества мяса, исследование условий созревания мяса и разработка эффективных решений повышения качества и ценности мяса и направлений его использования являются актуальными.

Растущий уровень производства и потребления высококачественной говядины требует освоения производителями современных и перспективных продуктов из этого сырья за счет разработки технологий новых продуктов высокого качества, пищевой ценности, устойчивых к бактериальной порче при длительном хранении.

**Степень разработанности темы.** Теоретические и практические основы производства и исследования свойств говядины с повышенным содержанием внутримышечного жира приведены в трудах отечественных и зарубежных ученых А.Б. Лисицына, И.Ф. Горлова, А.А. Кайдулиной, И.В. Козырева, J.F. Hocquette, D.V. Nguyen, S.H. Cho, S.M. Stewart и др.

В теорию и практику различных аспектов созревания высококачественной говядины в зависимости от организации процесса внесли вклад работы R.E. Campbell, M.J. Colle, J.W. Savell, Y.H.B. Kim, A.N. Lepper-Blilie, M.F. Miller, M.L. Ahnstrom, K.E. Warren и др. Однако следует отметить, что в работах отечественных ученых эти вопросы пока не получили широкого рассмотрения и представлены отдельными исследованиями. В значительной мере это относится к исследованию процесса сухого созревания высококачественной говядины от местных пород скота, получающих все большее распространение.

**Цель и задачи исследований.** Целью работы явилось научное обоснование продолжительности сухого созревания высококачественной говядины от скота породы герефорд сибирской селекции, разработка технологии мясных продуктов из созревшего сырья.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

- установить зависимости физико-химических показателей высококачественной говядины от бычков породы герефорд в зависимости от продолжительности сухого созревания;
- получить новые научные данные об изменениях состава и свойств белков и липидов, а также биологической и пищевой ценности высококачественной говядины в зависимости от продолжительности сухого созревания;

- установить влияние длительного сухого созревания при принятых условиях на показатели безопасности высококачественной говядины от бычков породы герефорд сибирской селекции;

- на основе экспериментальных исследований показателей качества и безопасности обосновать сроки годности натуральных полуфабрикатов из говядины сухого созревания в зависимости от способа упаковки;

- разработать частные технологии производства мясных продуктов из высококачественной говядины сухого созревания, выполнить комплексную оценку качества продукции и обосновать сроки годности;

- разработать техническую документацию на технологию продукции из высококачественной говядины сухого созревания.

**Научная новизна работы.** Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 5, 11, 16, 21, 22 паспорта специальности ВАК 4.3.3 – Пищевые системы.

Впервые выполнены комплексные исследования послепойных изменений состава и свойств высококачественной говядины от бычков породы герефорд сибирской селекции в процессе длительного сухого созревания (65 суток) и обоснована оптимальная продолжительность, равная 35 суткам

Установлены зависимости физико-химических показателей высококачественной говядины сухого созревания от скота породы герефорд сибирской селекции от степени сухого созревания, определяющих технологические свойства и устойчивость сырья при хранении. Установлено влияние длительного сухого созревания на аминокислотный, жирнокислотный состав и усвояемость белков высококачественной говядины от бычков породы герефорд сибирской селекции.

Впервые получены зависимости гидролитических, окислительных изменений и растворимости мышечных белков высококачественной говядины от бычков породы герефорд сибирской селекции при длительном сухом созревании.

Доказано, что при принятых условиях длительного сухого созревания показатели безопасности сырья соответствуют нормам технического регламента.

Получены сравнительные данные физико-химических, микробиологических показателей полуфабрикатов из говядины сухого созревания с нанесением съедобного покрытия и в вакуумной упаковке, обоснованы сроки годности.

Экспериментально обоснованы технологии полуфабрикатов повышенной степени кулинарной готовности и грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания, установлены показатели качества.

Техническая новизна работы подтверждена патентом «Способ производства грудинки копчено-запеченной из говядины» (патент № 2 735 424).

**Теоретическая и практическая значимость.** По совокупности исследований обоснована продолжительность сухого созревания высококачественной говядины от бычков породы герефорд сибирской селекции, условия хранения полуфабрикатов из говядины сухого созревания в зависимости от способа упаковки, технологии производства полуфабрикатов повышенной степени готовности и грудинки копчено-запеченной из говядины сухого созревания.

Разработана нормативная документация на технологический процесс и качество продуктов из говядины сухого созревания (СТО 197765222-007-2023). Рассчитана экономическая эффективность производства говядины сухого созревания и продуктов от разделки. Разработанные технологии апробированы в производственных условиях и подтвердили эффективность разработанных решений.

Результаты используются в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» при подготовке бакалавров по направлению 19.03.03 Продукты питания животного происхождения и магистров по направлению подготовки 19.04.03 Продукты питания животного происхождения.

**Методология и методы исследования.** При выполнении диссертационного исследования использованы стандартные и оригинальные методы определения физико-химических и микробиологических показателей объектов исследований в соответствии с разработанной схемой эксперимента, позволяющие последовательно реализовать поставленные задачи.

**Положения, выносимые на защиту:**

- результаты определения состава и свойств высококачественной говядины бычков породы герефорд сибирской селекции разной степени сухого созревания;
- результаты оценки качества полуфабрикатов из говядины сухого созревания в процессе холодильного хранения в зависимости от способа упаковки;
- технологии и показатели качества изделий из говядины сухого созревания от бычков породы герефорд сибирской селекции, включая полуфабрикаты повышенной степени кулинарной готовности, грудинку копчено-запеченную.

**Степень достоверности и апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены на международных и Всероссийских конференциях, в том числе, материалах Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в пищевой биотехнологии» (Кемерово, 2019, 2020, 2022), Всероссийской с международным участием онлайн-конференции (Кемерово, 2020), Всероссийской научно-практической конференции (Уфа, 2020), Международной научно-исследовательской конференции по устойчивым материалам и технологиям (Алтай, 2021), XXII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (Барнаул, 2022).

## ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Мраморная говядина, особенности состава и свойств

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений сельскохозяйственной деятельности является производство крупного рогатого скота, увеличение численности и повышение продуктивности которого является важным элементом подъема сельского хозяйства. Развитие этого направления отвечает задачам Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, определившей развитие мясной отрасли и увеличение производства говядины в качестве одной из приоритетных задач [23].

По данным Росстата, в 2021 г. производство мяса в России достигло 11,2 млн тонн, из которых 1,63 млн тонн или 14,5 % составила говядина. Удовлетворение потребностей происходит, главным образом, за счет сырья отечественного производства, доля которого в общем объеме производства, начиная с 2017 г., показывает положительную динамику [52]. Из рекомендуемой нормы потребления мяса в 73 кг/чел. год, установленной Министерством здравоохранения РФ, на говядину должно приходиться 20 кг [43]. В 2021 г. впервые за последние 10 лет самообеспеченность России говядиной достигла 83,1 %, в то же время ее потребление, в связи с увеличением объемов производства свинины и мяса птицы, снизилось с 18 до 14 кг [34].

Недостаточный уровень производства и потребления говядины обусловлен тем, что мясное скотоводство является одной из самых трудоёмких отраслей сельского хозяйства, как в России, так и во всём мире [48]. При этом основная часть говядины в России производится от скота комбинированного и молочного направлений продуктивности, тогда как для роста объёмов производства говядины необходимо увеличение численности специализированных мясных пород. На это направлены разработанные в России программы поддержки мясного скотоводства, которые рассматриваются не только как инструмент развития сельских терри-

торий и фермерских хозяйств, но и изменения экономической ситуации в государстве в целом. Поэтому в последнее время в этом направлении наметились положительные сдвиги, благодаря увеличению численности поголовья животных мясных пород и повышению их продуктивности. К 2025 году в РФ поставлена задача увеличения поголовья мясного специализированного скота до 10 млн голов [34; 2].

Мясные породы отличаются особым телосложением и большой живой массой, они неприхотливы, характеризуются быстрым ростом, набором веса и хорошей приспособленностью к использованию пастбищ. Разведение мясного скота основывается на максимальном использовании пастбищной травы в рационах, а в зимнее время - грубого корма с минимальным количеством комбикормов [53]. К распространенным мясным породам КРС относятся герефордская, шортгорнская, шаролеизская, абердин-ангусская, симментальская мясная, лимузинская. В России разводят мясной скот девяти пород, из которых более половины это калмыцкая порода (59,4 %), далее по распространенности следуют герефордская (25,2 %) и казахская белоголовая (10 %), доля всех остальных составляет от 0,6 до 1,4 % [42; 46]. В Западной Сибири из зарубежных мясных пород крупного рогатого скота наибольшее распространение имеет герефордская порода, завезенная в Сибирь в 1960 г. Генетический потенциал представителей этих заводских линий и родственных групп позволяет выращивать бычков к 15–17 месяцам живой массой 520–660 кг [28].

Учеными отмечается также высокая эффективность промышленного скрещивания в скотоводстве и создания помесных стад мясного скота [32; 60].

Отечественными и зарубежными специалистами говядина, по сравнению с другими видами мяса, рассматривается как важнейший источник полноценного животного белка. Известно, что 100 г говядины обеспечивает более 25 % рекомендуемой дневной нормы в белке, витаминах В<sub>6</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>12</sub>, цинке и селене, а также более 10 % дневной нормы в фосфоре, железе и рибофлавине [70]. Одним из основных факторов, влияющих на качество говядины, является содержание мышечных белков. Массовая доля белка в говядине составляет, в среднем, 18–20 %. Согласно данным С.А. Халтурина, при общем содержании белка 19,88 % доля соле-

водо- и щелочерастворимых белков составляет 8,54; 5,95 и 5,39 %, соответственно. По данным И.А. Глотовой с соавторами, количество щелочерастворимых белков, представленных неполноценными белками внутримышечной соединительной ткани, меньше практически в 2 раза, при этом отмечается более высокое содержание технологически значимых и полноценных солерастворимых белков [54; 45].

Вкусовые качества говядины в значительной степени зависят от содержания жировой ткани и её локализации. Для животных промышленного откорма соотношение жира в составе мяса и внутреннего жира-сырца оценивается как 66:34. При этом в составе мяса (межмышечный, внутримышечный) содержится около 28 %, а остальные 38 % – это подкожный жир [44].

На содержание жира и жирнокислотный состав говядины влияют различные факторы, включая возраст, пол, рацион кормления, породу скота. Возраст определяет, прежде всего, содержание насыщенных жирных кислот, а изменением рациона можно регулировать содержание несинтезируемых линолевой и  $\alpha$ -линоленовой кислот [26; 155; 199]. Влияние пола на количество внутримышечного жира можно объяснить уровнем выработки тестостерона, более низкая выработка тестостерона у кастрированных самцов приводит к большим отложениям жира. Порода является основным фактором изменчивости: содержание внутримышечного жира низкое у животных со значительным развитием мышц, связанным с высокой гликолитической активностью. Факторы питания, такие как источники липидов, концентрация крахмала и скорость введения концентрата, корма и витаминов, также играют роль в развитии липогенеза [67; 145; 101].

Поэтому содержание большинства пищевых веществ говядины может быть изменено системой производства, породой или возрастом животных на момент убоя. На современном рынке мяса, наряду с проблемой повышения уровня потребления говядины, стоит задача получения «мраморного» мяса от животных специализированных мясных пород. Технологии производства «мраморной» говядины направлены на улучшение ее химического состава и потребительских свойств.

Производство мраморной говядины возможно только от специализированных мясных пород крупного рогатого скота, генетически предрасположенных к этому. Это мясо бычков и телок в возрасте от 8 месяцев до двух лет, бычков-кастратов в возрасте от 8 до 30 месяцев с обязательным заключительным высокоэнергетическим (зерновым) откормом в течение не менее 100 дней [8; 179; 37].

Мраморность относится к визуально различимым отложениям внутримышечного жира (ВМЖ), которые под микроскопом выглядят как адипоциты, встроенные в соединительно-тканый матрикс. В обычной говядине жир распределен неравномерно, в виде очаговых прослоек в мышечных волокнах, которые к тому же в процессе роста животного быстро грубеют. В мраморной говядине триацил-глицериды ВМЖ накапливаются, в основном, во внутримышечных адипоцитах и в меньшей степени в мышечных волокнах. Увеличение размера внутримышечных адипоцитов, депонированных среди мышечных волокон, способствует повышению качества «мраморной» говядины.

Вариабельность содержания внутримышечного жира в основном связана с количеством и размером внутримышечных адипоцитов. Зрелые адипоциты внутримышечного жира представляют собой клетки, близкие к сферической форме диаметром 40–90 мкм, что в среднем, меньше размеров жировых клеток из других жировых депо тела животного. Пулы мраморности включают, по меньшей мере, 10–15 сгруппированных вместе адипоцитов. В мраморном мясе бычков специализированных пород содержание внутримышечного жира изменяется в широких пределах от 38 до 3,5 %, составляя, в среднем, –8-12 %, в то время как в мышечной ткани, лишенной мраморности, около 1 % [187].

Для классификации мраморной говядины в ряде стран на национальном уровне вводят градации уровня мраморности. Так, в США мраморность – неотъемлемая часть сортировки говядины, которая предполагает три степени мраморности (*select, choice, premium*). В японской системе классификации мраморность один из показателей шкалы качества, по которой в сочетании со шкалой массы,

говядину классифицируют на 15 уровней качества. В европейской системе классификации туш по системе SEUROP мраморность не учитывается [164].

В России используется термин «высококачественная говядина» как аналог мраморного мяса [11]. Показатели классификации и методы ее сортировки должны отвечать требованиям ГОСТ 33818-2016. В соответствии с ним, высококачественную говядину разделяют на четыре класса, в зависимости от распределения вкраплений внутримышечного жира, цвета жира и мышечной ткани, а также площади мышечного глазка и толщины подкожного жира. По этой классификации для мяса от первого до четвертого класса мраморность снижается от насыщенной к хорошей, умеренной и небольшой.

И.Ф. Горлов с соавторами, изучая особенности формирования «мраморности» говядины у бычков разных пород, установили, что она более выражена в мясе бычков мясных пород. Авторы делают вывод, что у бычков калмыцкой породы к 17-месячному возрасту «мраморность» мяса была сформированной, у казахской белоголовой продолжала формироваться, у симментальской породы отсутствовала [29]. Авторы А.А. Кайдулина, А.В.Ранделин сообщают, что выраженность «мраморности» говядины связана с возрастом убоя бычков. По их данным, для молодняка казахской белоголовой породы при соответствующем уровне кормления оптимальный возраст созревания «мраморной» говядины составляет 18 месяцев [30].

Количество внутримышечного жира зависит от генетического фона животных. С развитием ДНК-технологий и накоплением фактического материала появилась возможность изучать различные фенотипические формы и выявить желательные генотипы, используя ген-маркеры, которые контролируют и прогнозируют племенную ценность животного и вероятность получения от него мясной продукции высокого качества.

В качестве одного из генов, связанных с мраморностью мяса, можно рассматривать ген тиреоглобулина (TG5) [36]. Исследования, проведенные на породах скота Вагю, шортгорнской, ангусской, показали, что более высокой мраморностью (на 14–20 %) отличается скот, гомозиготный или гетерозиготный по аллелю

лю Т (генотипы ТТ или СТ) по сравнению с животными с генотипом, гомозиготным по аллелю С (генотип СС). Самая высокая частота желательного аллеля Т, равная 76 %, характерна для скота породы Вагю [124; 66].

Один из значимых генов, создающих условия для равномерного распределения внутримышечного жира между волокнами и обеспечения «мраморности» мяса, это ген кальпаина (CAPN1). Он контролирует функцию ослабления связей между пучками мышечных волокон, вследствие декомпозиции кальций-зависимой цистеин-протеазы [62; 158; 5].

При формировании внутримышечной жировой ткани в качестве источника углерода для синтеза жира на 70 % используется глюкоза, а ацетат и лактат только на 20 %. В подкожной жировой ткани для этих целей, напротив, более чем на 80 % используется ацетат и лактат. По мере роста животного в формировании внутримышечного жира также начинает преобладать доля ацетата и лактата. В этой связи, ранний переход бычков от вскармливания молоком матери в большей степени способствует развитию мраморности, что может быть объяснено повышенной доступностью глюкозы из зерновых и травяных кормов для формирования внутримышечного жира [129].

Среди зарубежных пород к накоплению жира наиболее склонен скот породы Вагю («Вагю» – японская корова) – до 31–38 %, породы Hanwoo (13,3–19,7 %), для скота породы герефорд и абердин-ангус содержание внутримышечного жира составляет 8,3 и 6,5–7,5 %, соответственно [180; 170; 156; 110]. В мире наиболее популярной специализированной мясной породой КРС для получения мраморного мяса является порода шотландского происхождения Black Angus. В США ветеринарная служба Министерства сельского хозяйства (USDA в соответствии с программой САВ (Certified Angus Beef)) на законодательном уровне выполняет градацию туш от скота этой породы по степени мраморности. Наличие сертификата САВ свидетельствует о высоком качестве мяса. Сырье реализуется под американским брендом «Angus beef».

Корейские ученые изучали жирнокислотный и аминокислотный состав стейков влажного созревания (41 сутки, температура +4 °С) из сырья от скота разных пород, включая местные Ханю (Hanwoo), Чеджу Блэк (Jeju black – корейская порода), а также Вагю (Wagyu). По данным авторов, говядина от скота Jeju black содержит гораздо больше аминокислот, обладающих выраженными вкусовыми характеристиками, такими как аланин, и ненасыщенных жирных кислот, которые могут снизить уровень холестерина в крови [78].

Следует отметить, что по ряду показателей мясной продуктивности некоторые российские породы скота, прежде всего, русская комолая, сопоставимы с зарубежными. Бычки этой породы в возрасте 16 месяцев имеют высокие убойные качества, не уступающие абердин-ангусской породе. К отечественным породам крупного рогатого скота, способным давать мраморное мясо, относятся также калмыцкая и казахская белоголовая [8; 47; 10]. Исследованиями Горлова И. с соавторами установлена высокая пищевая и биологическая ценность мяса бычков специализированных мясных пород калмыцкой, казахской белоголовой и комбинированной симментальской, о чем свидетельствуют данные аминокислотного состава, коэффициента полноценности мышечных белков, массовая доля жира [31].

Содержание внутримышечного жира в высококачественной (мраморной) говядине оказывает выраженное влияние на сенсорные характеристики мяса. Располагаясь между пучками мышечных волокон, внутримышечный жир приводит к нарушению целостности структуры внутримышечной соединительной ткани и, как следствие, повышению нежности мяса. Улучшение нежности наиболее выражено при содержании внутримышечного жира не менее 8 %, хотя эффект выявлен и при меньшей доле жира [145; 194]. Улучшение нежности с повышением мраморности мяса связывают с различными механизмами, включая уменьшение объемной плотности мяса, истончение стенок соединительной ткани, окружающей жировые клетки, меньшую силу сдвига жира по сравнению с белковой составляющей. Указывается, что, приемлемый вкус формируется при содержании внут-

римышечного жира более 3 %, в то же время с точки зрения влияния на организм человека верхний предел содержания жира составляет 7,3 % [179].

Органолептические и физико-химические характеристики «мраморного» мяса связывают не только с общим содержанием внутримышечного жира, но и с размерами вкраплений и характером их распределения, иначе - с текстурой мраморности [128]. Ряд исследователей связывают мясо с грубыми вкраплениями ВМЖ с большей толщиной перимизия, окружающего клетки, и меньшим содержанием растворимого коллагена, хотя в более поздних исследованиях эта теория не поддерживается [143; 166; 194; 111].

Концентрация большинства ароматически активных летучих веществ увеличивается при повышении мраморности, тогда как нелетучих вкусовых соединений, включая свободные аминокислоты и карнозин – в процессе кулинарной обработки. Количество внутримышечного жира в мясе положительно коррелирует с содержанием янтарной кислоты и  $\alpha$ -кетоглутарата, влияющих на вкус мяса [122].

Увеличение количества внутримышечного жира связывают с изменением жирнокислотного состава говядины. Исследованиями Y.N. Hwang в мышцах с высоким уровнем мраморности установлено повышение содержания насыщенных кислот, обусловленное увеличением доли стеариновой кислоты, и более низкое соотношение n-6/n-3 кислот, чем в мышцах с низким уровнем мраморности, для которых характерно повышенное содержание МНЖК за счет олеиновой кислоты [134]. По данным S. Sasazaki во внутримышечном жире говядины от коров породы Wagyu содержится около 40 % стеариновой кислоты, а линолевой кислоты на 30% больше, чем в мясе от других пород. Данные кислоты не оказывают негативного влияния на уровень холестерина в организме человека. По имеющимся данным, стеариновая и олеиновая кислоты внутримышечного жира снижают общий уровень холестерина в плазме крови на 15–20 % [192,69].

Утверждается, что вкусовые качества говядины положительно коррелируют с НЖК, но отрицательно с ПНЖК [134]. Жирнокислотный состав влияет на температуру плавления внутримышечного жира. При зерновом откорме на основе

кукурузы внутримышечный и подкожный жир имеют достаточно низкую температуру плавления, около 30 °С. Использование в стадии зернового откорма ячменя и пшеницы приводит к повышению температуры плавления жира до 45–47 °С. Черный крупный рогатый скот или серый крупный рогатый скот Мюррея, выращенный в Японии, имеет температуру плавления всего 24 °С [157].

Мраморность влияет на цвет мяса, при этом более светлый и красный цвет имеет говядина с более крупными скоплениями адипоцитов [109].

Характер распределения и количество внутримышечного жира оказывают влияние на технологические свойства и устойчивость мяса при хранении. Согласно данным С. Жо с соавторами, увеличение внутримышечного жира с 5 до 22 % приводит к снижению влаги, что способствует снижению потерь массы в процессе хранения и тепловой обработки. Большая влагоудерживающая способность и более низкие значения силы сдвига свойственны говядине с более мелкими вкраплениями жира по сравнению с сырьем с грубой текстурой мраморности. К процессам окисления более устойчивы белки и липиды говядины, имеющей мелкий рисунок жировых отложений [147; 109].

Таким образом, внутримышечный жир мраморной говядины оказывает выраженное положительное влияние на ее органолептические и технологические свойства. Совершенствование стратегий животноводства и кормления с целью оптимизации состава мяса и улучшения вкусовых свойств говядины открывает новые возможности для производителей мраморной говядины, а развитие технологий созревания позволит регулировать ее качество, пищевую ценность и направления использования.

## **1.2 Современные технологии созревания мяса**

Выдержка или созревание является неотъемлемой частью общей подготовки мяса к употреблению и промышленной переработке. Автолиз мяса, также известный как «созревание» или «кондиционирование», является естественным процессом, в результате которого существенно улучшаются консистенция и вку-

совые качества мяса. Созревание мяса – это совокупность биохимических процессов, которые происходят в мясе под действием собственных ферментов при хранении его в регулируемых условиях, предупреждающих развитие микробиологической порчи. В результате послеубойных изменений компонентов мяса улучшаются органолептические и технологические свойства мяса. Поэтому созревание рассматривается как процесс, добавляющий ценность мясу, позитивное влияние которого на качество мяса и мясных продуктов может быть усилено в результате разработки новых стратегий процесса созревания [191; 38].

Способы созревания мяса складывались на протяжении долгих лет. Изначально они использовались лишь для сохранения продукта в пригодном для употребления качестве. В современных условиях получают распространение новые технологии, в том числе созревания мяса в разделанном виде, позволяющие регулировать интенсивность изменений и качество конечного продукта.

Современные технологии созревания мяса основаны на использовании двух методов – влажного (wet-aging) и сухого (dry-aging) созревания, которые развиваются в направлении их модификации и комбинирования.

Влажное созревание - это метод выдержки мяса в вакуумном пакете для сохранения влаги. Технология влажного созревания стала применяться относительно недавно, ее развитию способствовало появление нового способа транспортирования сырья, альтернативного традиционному, а именно, транспортирование и хранение мяса в вакуумной упаковке. После появления на рынке вакуумной упаковки почти вся говядина, реализуемая в розничной торговле, подвергается влажной выдержке. При этом собственно созревание совмещается с периодами кратковременного хранения на предприятии-изготовителе, транспортирования и хранения по месту реализации [181].

Для вакуумного созревания мясные отруба предварительно охлаждают до температуры не выше +7 °С, обваливают, нарезают на куски и упаковывают в вакуумные пакеты с низкой влаго- и воздухопроницаемостью. Упакованное мясо укладывается в один ряд на полки или стеллажи. Сырье для влажного созревания

можно упаковывать в коробки и укладывать штабелями, что способствует сокращению объема кондиционируемых помещений.

Решающее влияние на продолжительность созревания мяса в вакуумных пакетах оказывает постоянство температуры в течение всего срока, то есть создание единой холодильной цепи. Верхний предел ограничен температурой +4 °С, выше появляется риск развития порчи мяса, нижний - температурой заморозки мяса и составляет -1 °С. В пределах указанного диапазона продолжительность цикла созревания может быть от 3 до 90 суток [141]. При одинаковой температуре на безопасность мяса и срок созревания могут оказать влияние видовой и количественный состав микрофлоры, рН мяса, активность воды и др. [112]. При обосновании режимов влажного созревания учитывают также среднюю продолжительность нахождения мяса в торговле и на предприятиях общественного питания, которая составляет, в среднем, 25 и 35 суток, соответственно.

Принимая во внимание трудности в обеспечении единой холодильной цепи с температурой, близкой к нулю, и затраты на ее поддержание, в большинстве случаев продолжительность влажного созревания ограничивают 14... 21 сутками при температуре +2 °С [191; 126; 9].

К преимуществам влажного созревания относится существенное сокращение или практически полное исключение потерь массы и удлинение срока хранения, которые были достигнуты в результате интенсивных исследований свойств полимерных материалов и их композитов, направленных на улучшение упаковочных систем. Первые исследования, показавшие преимущества влажного созревания мяса в вакуум-пакетах, появились в начале 70-х годов [163; 133]. Согласно D. Minks при выдержке говядины в вакуумном пакете в течение 15 суток, при +4 °С потери массы отсутствуют. В то же время, по данным M.A. Laster при более длительной выдержке в результате изменения функционально-технологических свойств и механической деформации сырья потери появляются и при выдержке в течение 35 суток составляют около 13 % [163; 95].

В работе И.Козырева с соавторами исследованы органолептические, гистологические, структурно-механические свойства отрубов скота абердин-ангусской породы «хорошей» и «умеренной» мраморности в процессе влажного и сухого созревания в течение 28 суток при температуре  $2\pm 1$  °С и относительной влажности 90 %. В мышечной ткани говядины влажного созревания выраженные деструктивные изменения выявлены уже на ранних стадиях созревания, начиная с 4-х и 7-ми суток. Утверждается, что этого времени достаточно для формирования нежности мяса при минимизации возможности появления неприятных запахов, как в процессе созревания, так и при вскрытии вакуумной упаковки. В отрубях сухого созревания к моменту окончания принятой продолжительности созревания исследователи отметили признаки несвежести независимо от уровня мраморности. Авторы делают вывод о том, что относительная влажность не имеет значения при созревании сырья в упаковке, тогда как при созревании мяса без упаковки влажность среды и температура – основные факторы регулирования безопасности [8].

В то же время в ряде исследований в качестве негативного момента процесса влажного созревания отмечается ухудшение запаха, который описывают, как «кислый», «винный», «металлический». Об этом сообщается в работе К. Warren, согласно которой при органолептической оценке стейкой из говядины влажного созревания (11 суток) дегустаторы отмечали высокую интенсивность кровянистого, сывороточного и кисловатого вкуса [197]. Эти выводы были подтверждены в более поздних исследованиях [120; 195]. Появление этих запахов связывают с окислением липидов и ростом микроорганизмов, сопровождающихся образованием летучих соединений. Нежелательный кисло-молочный привкус появляется в результате повышенного содержания влаги в сырье и развития молочнокислой анаэробной микрофлоры на фоне высокого вакуума [190]. Это согласуется с результатами изучения видового состава микроорганизмов мяса влажного созревания, среди которых преобладают лактобактерии. О возможности роста холодоустойчивых факультативно-анаэробных микроорганизмов порчи в вакуумупакованном мясе при нарушении температуры или увеличении продолжительности

сти выдержки сообщается в исследованиях Dorn-In Samart с соавторами. Кроме того, на вкус мяса могут оказать влияние нуклеотиды, расщепление которых сопровождается образованием инозин 5'-монофосфата, что способствует появлению горького вкуса [75; 146; 63].

Удаление воздуха из упаковки может снизить окисляющий эффект кислорода в процессе созревания. Это подтверждается данными, полученными в исследованиях на корейке от туш коров голштино-фризской породы. Авторами отмечается, что липидная фракция мяса, оставалась без выраженных признаков порчи вплоть до 42 суток выдержки [108]. При исследовании T.G. O'Quinn и соавторы не обнаружили различий в профилях жирных кислот для говядины через 14 и 46 суток влажной выдержки, что свидетельствует об отсутствии окисления липидов во время созревания [135].

Выдержка мяса в вакууме способствует уменьшению доли оксимиоглобина и повышенному содержанию миоглобина, который является наиболее лабильной формой пигмента. Поэтому стабильность цвета мяса влажной выдержки более низкая, а мясо имеет темный цвет, менее привлекательный для потребителя [146]. Более низкую стабильность цвета мышцы *longissimus thoracis* (длиннейшая мышца груди) фризской говядины после 14–21 дня влажного созревания по сравнению с образцами 8-ми дневной выдержки отмечают M. Vitale и соавторы, связывая это с развитием окисления миоглобина и липидов [98].

Разновидностью влажного созревания является созревание мяса в стейках, что позволяет более рационально использовать холодильные емкости при транспортировании и хранении и стабилизировать температуру. В то же время результаты органолептической и объективной оценки нежности стейков, созревающих в индивидуальной вакуумной упаковке, и стейков, нарезанных из целого куска влажного созревания, не выявили преимуществ одного из них [165; 113].

До 1960 года единственным промышленным способом созревания была сухая выдержка мяса в полутушах. В последующем этот способ стал применяться ограниченно, в основном, для сектора высококлассных ресторанов и рынка для

гурманов. Большая часть мяса сухой выдержки продается в специализированных магазинах, через Интернет и в высококлассных ресторанах, ограниченно в обычных продуктовых магазинах. В последнее десятилетие наблюдается возрождение метода «традиционной» сухой выдержки в качестве альтернативной возможности сбыта мяса на мировом рынке [191].

Сухое созревание – это процесс длительной выдержки мяса при низких температурах и относительной влажности без защитной упаковки, сопровождающийся внутренней диффузией воды на поверхность мяса и испарением ее в окружающую среду, что приводит к увеличению концентрации вкусовых соединений. Характерный вкус говядины сухого созревания начинает проявляться через 14 суток, усиливаясь с увеличением продолжительности выдержки [153; 90; 92; 149].

Важным фактором, влияющим на потери и формирование качества говядины сухого созревания, являются параметры процесса, включая температуру среды, относительную влажность воздуха и скорость его движения, комбинации которых, согласно научно-технической литературе весьма переменчивы. Процесс сухой выдержки требует некоторых особых условий, таких как вентиляция, гигиена и строгий контроль температуры при хранении мяса. При несоблюдении этих требований возникает высокий риск микробного загрязнения.

В целом, температура сухого созревания принимается из интервала от -0,6 до +4 °C. Внутри данного интервала большинство исследователей оптимальной считают температуры от минус 0,5 до плюс 1 °C. Эти температуры, с одной стороны, обеспечивают микробиологическую стабильность, с другой – сохраняют развитие ферментативных процессов и их интенсивность при длительности процесса 35 суток и более. При повышении температуры до +3 °C продолжительность созревания следует ограничивать 14 сутками для исключения порчи [94; 186]. Влажность при созревании может изменяться в пределах от 70 до 90 % [118]. Повышение влажности окружающей среды может рассматриваться как технологический прием снижения потерь. Это обусловлено тем, что низкая влажность увеличивает градиент и способствует ускорению испарения влаги с поверхности и образованию уплотненного по-

верхностного слоя. Вместе с тем доказано, что при относительной влажности среды 50 и 75 % достоверные различия в потере массы наблюдаются только в первые 3 суток созревания, при этом общие потери сопоставимы между собой [175].

При сухой выдержке необходимо контролировать скорость движения воздуха, которая важна по ряду причин, включая поддержание высокого гигиенического состояния в камере созревания, также формирование сухой защитной поверхности, как защитного барьера от микробного загрязнения на более позднем этапе созревания [200].

Несмотря на значительный интерес со стороны исследователей и производителей мяса вопрос об оптимальных сроках сухого созревания говядины остается достаточно спорным [90; 84; 140].

По результатам ряда исследований продолжительность выдержки туш или отрубов при сухом созревании при температуре от 0 до 4 °С и относительной влажности от 75 до 80 % составляет от 14 до 90 суток, а минимальная рекомендуемая – 21–28 суток [169; 90; 185]. Результаты опроса потребителей были в пользу говядины со сроком созревания 14–21 сутки. В то же время при исследовании потребительских предпочтений получены данные, согласно которым потребители предпочитают говядину со сроком сухой выдержки от 28 до 55 суток. По результатам объективных показателей изучения нежности, в частности силы сдвига по Уорнеру-Братцлеру, оптимальное значение соответствует выдержке в период от 21 до 42 суток [168; 141]. В работе [112] сообщается, что наиболее выдержанный вкус и аромат имеют стейки из говядины со сроком сухого созревания от 42 до 49 суток.

A.N. Lepper-Bilic с соавторами изучали формирование свойств костных и бескостных отрубов мраморной говядины в процессе сухого или влажного созревания продолжительностью 49 суток. По результатам исследований установлено, что прочностные свойства мяса линейно снижались с течением времени в сырье обоих способов созревания. Аромат созревшего мяса был более выражен для бескостных отрубов сухого созревания, чем для аналогичных костных и бескостных отрубов влажного созревания. Утверждается, что наличие жировой прослойки

приводило к усилению вкуса созревания, но не влияло на формирование «мясного» вкуса. Основываясь на объективных данных и оценках участников дегустации, авторы определяют 28 суток как оптимальную продолжительность сухого созревания [112].

I. Fumiko с соавторами провели анализ качества высоко мраморной говядины при сухой выдержке в течение 60 суток. Результаты исследования показали, что изменения некоторых показателей качества отличались от таковых для говядины обычного качества. Нежность этого мяса не менялась при выдержке в течение 50 суток, но затем постепенно увеличивалась при увеличении продолжительности созревания до 60 суток. В соответствии с сенсорной оценкой, сочность этого мяса не изменялась при выдержке в течение 60 суток, за исключением ее снижения на 20-е сутки. Интенсивность мясного вкуса (вкус «умами»), как результат количественной оценки глутаминовой кислоты (Glu) и иденозинмонофосфата (IMP), оказалась наиболее высокая на 40-е сутки и была вызвана их синергетическим эффектом. Результаты оценки нежности, сочности, интенсивности вкуса умами показали, что оптимальная продолжительность сухой выдержки для высоко мраморной говядины составляет 40 суток [82].

Представленные данные свидетельствуют о том, что параметры сухой выдержки говядины значительно варьируют между собой и в каждом случае требуют уточнения.

В производственных условиях сухая выдержка говядины обычно выполняется в холодильных камерах. По окончании выдержки мясо может быть отправлено в торговую сеть, где оно продолжает храниться в аналогичных условиях в специальном холодильном шкафу. Однако такие шкафы, в которых поддерживаются безопасные гигиенические условия, могут использоваться на протяжении всего периода выдержки. Первые шкафы для сухого созревания, шкафы «Dry ager» появились в 2011 г. Оптимальные параметры созревания мяса в шкафах – это температура 1,5 °С, влажность 82 %, которые должны строго поддерживаться в течение всего периода созревания – от 21 суток и более. Рекомендуемая масса

отрубов составляет от 2 до 4 кг. Для обеспечения циркуляции воздуха отруба в шкафах для созревания раскладывают на полках или подвешивают на вешалах для свободного испарения влаги. Отруба не должны соприкасаться друг с другом, так как это замедлит миграцию влаги и может привести к микробной порче созревающего сырья.

По мнению большинства зарубежных ученых, для сухого созревания следует использовать сырье с повышенным содержанием внутримышечного жира, выделенное из лучших частей туши. Вместе с тем сообщается, что сухое созревание позволяет улучшать качество сырья с менее ценных частей туши. Так М. Kim с соавторами исследовали качество отрубов, выделенных из толстого края, оковалка и филея, после сухой и влажной выдержки в течение 28 суток. Оценка органолептических свойств подготовленными экспертами показала значительно более высокие показатели нежности, вкуса и общей приемлемости говядины сухой выдержки независимо от вида тестируемых отрубов, в то время как качество мяса влажной выдержки значительно отличалось у отрубов из разных частей туши. На основании этих данных, с учетом результатов контроля физико-химических показателей, авторы утверждают, что сухая выдержка больше подходит для улучшения качества говяжьих отрубов с менее предпочтительными потребительскими характеристиками, что расширяет возможности данного способа [96].

J. Berger с соавторами установили улучшение пищевого качества говядины сухого созревания с низким содержанием внутримышечного жира от скота, выращенного на травяном корме, без ухудшения микробиологических характеристик [93].

Особые условия выдержки, которые способствуют испарению влаги, определяют основные недостатки мяса сухого созревания. К ним относятся высокая стоимость сырья из-за более низкого выхода, обусловленного потерями массы из-за испарения воды при созревании. Величина потерь массы мяса составляет около 1 % в сутки, в целом потери за весь период созревания оцениваются в 30 % от первоначальной массы. В ряде работ приводятся данные, согласно которым сни-

жение массы через 21 день созревания, в среднем, составляет 20 %, из которых основная часть приходится на первые 7 суток. Увеличение выдержки сверх 21 суток приводит к существенному замедлению потерь массы. На величину потерь влияет также удаление с сырья сухой толстой корочки, которая придает продукту непривлекательный для потребителя внешний вид. Эти потери оцениваются, в среднем, в 5 % [94; 117].

Сухому созреванию может подвергаться не только говядина, но и другие виды мяса. В работе [61] приводятся данные об улучшении физико-химических, структурно-механических и органолептических характеристик свиной корейки в процессе сухого созревания в течение 14 суток, относительно этого сырья, подвергнутого влажному созреванию. Результаты исследования Zhang R. с соавторами показали высокую приемлемость баранины сухого созревания, что выражается в достаточной устойчивости к окислению, а также улучшенной усвояемостью в желудке по сравнению с сырьем влажного созревания [139]. Как следует из данных, полученных авторами, 40 % потребителей отдали предпочтение баранине сухого созревания в мешках по сравнению с ее аналогом влажной выдержки. Результаты подтверждают нишевый характер мяса сухой выдержки и предполагают, что баранина сухой выдержки в мешках может быть ориентирована на потребителей с высоким уровнем дохода и имеет потенциал в качестве продукта с добавленной стоимостью для экспорта [173].

Для сухого созревания, как правило, используют отруба из средней части туши. В бараньей туше эквиваленты этих частей относительно малы, поэтому для сухой выдержки предлагается использовать тазобедренную часть, предназначенную для изготовления отбивных.

На снижение потерь и стабилизацию качества мяса направлены различные модификации способа сухого созревания. К основным разновидностям относятся сухое созревание в водонепроницаемых пакетах и сухое созревание в ультрафиолетовом свете [64; 138; 162]. При выполнении сухого созревания в пакетах с высокой влагонепроницаемостью возможно снижение потерь массы в результате усушки

при сохранении высокой устойчивости сырья в процессе хранения. Такая технология сухого созревания потенциально может уменьшить потери в виде обрезок от зачистки поверхности отрубов или туши, увеличивая тем самым выход созревшего сырья [97].

Н.Л. Lee с соавторами выполнили сравнительное исследование говядины Ханю с пониженным содержанием внутримышечного жира при различных модификациях сухого созревания в течение 28 суток. Исследованы традиционный способ сухого созревания в камерах (температура  $1 \pm 1$  °С, относительная влажность 85 %, скорость движения воздуха 5 м/с) и два модифицированных, а именно, в специальных шкафах (температура  $2 \pm 1$  °С, относительная влажность 75 %), и с предварительной вакуумной упаковкой мяса в пакеты повышенной влагопроницаемости. По результатам исследования пищевой и биологической ценности, микробиологических и органолептических свойств авторы пришли к заключению, что оба модифицированные способы сухого созревания обеспечили свойства, характерные для сырья традиционного сухого созревания. Однако, наличие упаковки дополнительно способствует улучшению товарного вида и гигиенического качества сырья, поэтому авторы рассматривают его как оптимальный для говядины с пониженной «мраморностью» [64].

Целью исследований М. Ahnstrom с соавторами явилась сравнительная оценка говядины сухого созревания традиционным способом без защитной упаковки и в проницаемых пакетах. Согласно полученным данным, при продолжительности созревания 14 и 21 сутки исследуемые образцы не отличались по таким показателям, как вкус, рН, массовая доля жира, усилие резания, потери при тепловой обработке. Но при этом для говядины, созревающей в проницаемых пакетах, установлен рост молочнокислых микроорганизмов, а также снижение потерь массы в результате испарения и в виде обрезок от зачистки [88].

Результаты исследований сухого созревания в проницаемых пакетах приведены в работах Х. Li с соавторами. Установлено, что для говядины сухого созревания в проницаемых пакетах потери в процессе созревания оказались выше,

чем для говядины, созревающей в вакуумных пакетах, в то время как потери при последующей кулинарной обработке, напротив, ниже. Различия выявлены для сырья после 21 суток созревания, тогда как через 14 суток отличий в сырье исследуемых способов созревания не было [160; 154]. Отсутствие различий в показателях массовой доли влаги и жира, рН говядины традиционной сухой выдержки и сухой в пакетах вплоть до 14 суток созревания подтверждается исследованиями.

Еще одной разновидностью следует считать комбинированное или ступенчатое созревание, сочетающее сухое и влажное созревание. Качество мяса в отрубках ступенчатого созревания, включающего сухое созревание в течение 10 суток с последующим созреванием в непроницаемых вакуумированных пакетах в течение 7 суток, изучала группа ученых из США. На основании результатов исследования прочностных свойств сырья (усилие резания по методу Уорнера-Брацлера) и гидратационной способности мяса авторы утверждают, что ступенчатое созревание в сочетании с криогенным замораживанием позволяет регулировать качество мяса в производственных условиях [116].

Бразильские ученые, исследуя комбинированный (ступенчатый) способ созревания говядины традиционного качества и «мраморной», рассматривают в качестве его преимуществ возможность сокращения площади для созревания и потерь массы. Альтернативная технология включала созревание в течение 14 суток при каждом из способов, при этом были исследованы 2 варианта последовательности их реализации: «влажное – сухое» и «сухое – влажное». Согласно заключению авторов, ни один из комбинированных способов не является равноценной альтернативой сухому созреванию, так как не обеспечивает адекватных ему вкусо-ароматических свойств. При этом потери для исследованных комбинированных способов оказались выше, чем при влажном. Поэтому, в качестве основной концепции созревания, рекомендуемой для удовлетворения потребности большинства населения, авторы рассматривают влажное созревание [100].

К положительным моментам сухого созревания в проницаемых пакетах относят выявленное снижение интенсивности окисления белков, которое, как из-

вестно, приводит к агрегации белков, тем самым функциональные свойства и пищевая ценность белков мяса улучшаются [172; 139].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что сухое созревание получает все большее применение, благодаря его позитивному влиянию на качество мяса, при этом определяющее влияние имеют параметры созревания, а его недостатки могут быть устранены модификацией способа с применением проницаемых защитных материалов.

### **1.3 Механизмы формирования свойств мяса сухого созревания**

Ключевыми эффектами сухого созревания являются усиление аромата мяса, который в иностранной литературе описывают как «говядина сухого возраста» и более нежная консистенция [191; 148]. Представляет интерес критическая оценка результатов этих исследований и установление механизмов формирования вкуса, аромата и улучшения консистенции.

Говядина сухого созревания – нишевый продукт, органолептические характеристики которого знакомы ограниченному кругу потребителей. Поэтому его интенсивный и характерный вкус для неподготовленного потребителя может быть менее предпочтительным, по сравнению со знакомым ему продуктом из сырья влажного созревания. Этим, а также несоответствующими условиями окружающей среды, применяемыми в процессе сухого созревания можно объяснить противоречивые результаты по изучению влияния сухой выдержки на вкусовые качества говядины.

Согласно исследованиям В. Sitz с соавторами, стейки из говядины влажного созревания получили более высокую оценку потребителей относительно аналогичного продукта из сырья сухой выдержки [81]. Исследованиями J. Berger выявлены предпочтения во вкусе и нежности стейков сухого созревания даже из сырья с пониженным уровнем мраморности [93]. С этим согласуются результаты другого исследования с привлечением потребителей Австралии и Японии, согласно которым при испытании корейки австралийской говядины сухого и комбинирован-

ного «сухого+влажного» созревания по потребительской панели Meat Standard Australia (MSA) значительно более высокие оценки за нежность, сочность, общую привлекательность и сбалансированные вкусовые качества получили образцы сухого созревания [103]. Результаты этого исследования показывают, что сухое созревание мяса дает мясной промышленности возможность представления продукта, как на внутреннем, так и внешнем рынках.

В тесте по выявлению потребительских предпочтений с участием 171 потребителя (48,5 % женщин и 51,5 % мужчин, преимущественно в возрасте от 41 до 65 лет) 67 % респондентов предпочли говядину сухого созревания. При этом 64 % потребителей отметили мясо сухого созревания как более нежное, по сравнению с сырьем влажного созревания, но не выявили существенной разницы во вкусе, нежности и сочности говядины сухого созревания в защитной упаковке и без нее. Это показало, что респонденты предпочитают говядину сухой выдержки вакуумной. Дополнительные вопросы показали, что половина потребителей (51%) не знали разницы между сухой и вакуумной выдержкой до участия в исследовании, а большинство (69 %) не знали, можно ли приобрести говядину сухой выдержки в магазине. На основании данного исследования авторы делают вывод о том, что производителям, реализующим говядину сухой выдержки, скорее всего, будет оказано предпочтение, если они проинформируют потребителей о способе выдержки говядины и как это влияет на качество мяса [80].

R.E. Campbell с соавторами пришли к выводу, что сухая выдержка минимально в течение 14 дней уже улучшает вкусовые характеристики мяса по сравнению с вакуумной выдержкой, и что развитие этих признаков в мясе достаточно для компенсации возрастающих затрат, связанных с сухой выдержкой [91].

В работе [107] оценивали вкусовые качества и ароматические соединения свиной корейки, подвергнутой трем различным способам послеубойного созревания: влажное созревание, традиционное сухое созревание, сухое созревание в сочетании с УФ-облучением для улучшения гигиенического качества сырья. Мета-

болический анализ выявил больше соединений, связанных со вкусом, в свинине сухой выдержки.

Как правило, появление характерного интенсивного вкуса и аромата наблюдается при длительности созревания более 28 суток, его формирование связывают с такими механизмами, как дегидратация, окисление, развитие микроорганизмов [178]. Дегидратация приводит к уменьшению массовой доли влаги в созревающем сырье и повышению концентрации вкусо-ароматических веществ. Внутримышечные липиды известны как важные предшественники вкусообразующих веществ. Их роль заключается в растворении и аккумуляции летучих соединений, образующихся во время созревания и последующей обработки, а также в образовании ароматических соединений в результате процесса окисления [159]. Поэтому для сухого созревания предпочтительны премиальные отруба говяжьих туш с повышенным содержанием внутримышечного жира [134; 122; 79]. Вместе с тем, сухое созревание создает существенную добавленную стоимость и для отрубов говядины с пониженным содержанием жировой ткани, улучшая тем самым их нежность, вкус и структуру, приближая их к сырью повышенного качества [90; 92]. Как правило, летучие ароматические компоненты, образующиеся при окислении внутримышечного жира, имеют низкую пороговую концентрацию, при которой проявляются ароматические свойства. Среди летучих компонентов, образующихся из жировой ткани, карбонильные соединения, альдегиды, свободные жирные кислоты, спирты и диолы [161]. Эти соединения являются прекурсорами ароматических веществ, образующихся в процессе тепловой обработки – варки, гриль-нагреве, жарении и др. С увеличением продолжительности сухого созревания интенсивность аромата кулинарной продукции повышается [196].

В работе [72] были охарактеризованы два основных механизма образования прекурсоров вкуса при сухой выдержке: обезвоживание и образование веществ, вызванное микробами. С использованием метаболического анализа в говядине сухого созревания выявлены более высокие концентрации таких предшественников аромата и вкуса, как свободные аминокислоты, редуцирующие сахара и ко-

роткоцепочечные пептиды, которые являются ключевыми химическими соединениями, связанными с реакциями Майяра, в то время как влияние свободных жирных кислот было оценено как незначительное. Профилирование микробиома доказало преобладание в мясе сухой выдержки *Pseudomonas spp.*, что потенциально способствует большему накоплению концентраций предшественников вкуса в дополнение к процессу обезвоживания во время сухой выдержки. *Bacillus spp.*, присутствующие в небольших количествах, потенциально могут способствовать образованию уникальных и сильно действующих предшественников вкуса. Дегидратация, хотя и оказала влияние на повышение общей концентрации предшественников вкуса, не повлияла на их относительное количество.

Y.N. Kim с соавторами приводят результаты исследования свойств говяжьей корейки в зависимости от технологии и параметров среды при созревании. Исследования выполнены при 4-х режимах сухого созревания при переменных значениях температур (1 или 3 °C) и скорости вентиляции воздуха в камере (0,2 и 0,5 м/с) в сравнении с корейкой влажного созревания. Длительность созревания в обоих случаях составляла 21 сутки. По результатам сенсорной и количественной оценки метаболитов, отвечающих за вкус мяса, включая предшественников вкуса, сделан вывод о предпочтительности корейки сухого созревания. Лучшие вкусовые свойства получены при условии созревания сырья при температуре 3 °C и скорости движения воздуха 0,2 м/с [106].

По результатам собственных исследований, Lee D. с соавторами связывают формирование и усиление аромата говядины сухого созревания с такими веществами, как пропанол, 2-метилбутан, 2-метилпропанал, 1-бутанамин, триметиламин, 2-метил-2-пропантиол и этилпропаноат. Эти вещества в значительных количествах были выявлены в говядине со сроком сухого созревания 28 суток. Согласно гипотезе авторов, накопление этих веществ обусловлено развитием процессов окисления липидов при воздействии активных форм кислорода и активностью микроорганизмов, в отличие от говядины влажного созревания в непроницаемых пакетах. С увеличением продолжительности сухого созревания различия в коли-

честве определяемых летучих ароматических веществ в сырье разной технологии созревания увеличиваются [104].

В ряде работ установлено участие в формировании вкуса, аромата говядины сухого созревания продуктов протеолиза миофибриллярных белков, включая низкомолекулярные пептиды и аминокислоты, которые действуют как водорастворимые предшественники аромата. Эти вещества вступают в реакцию с редуцирующими сахарами и вносят свой вклад во вкус мяса [177; 18; 38; 150; 198; 72]. Кроме того, свободные жирные кислоты, как продукты деградации липидов, приводят к образованию перекисей, которые в реакции с пептидами образуют ароматические соединения [201].

Характерный вкус мяса сухого созревания, квалифицируемый как вкус «умами», «ореховый», «вкус обжаренного в масле мяса» нарастает с увеличением свободных аминокислот и других предшественников вкуса говядины в результате развития протеолиза при длительном созревании.

Несмотря на растущий интерес исследователей и практиков к процессу сухого созревания, недостаточно изученным остается вопрос влияния его на цвет, процессы окисления липидов и белков мышечной ткани [65; 105; 140], биологическую ценность [119; 132].

Изменение видового состава микробных сообществ и визуальный рост плесени связывают с образованием более выраженных вкусо-ароматических свойств говядины сухого созревания. Эти характеристики формируются под действием протеолитических ферментов плесеней и дрожжей. Возможно, что чрезмерная циркуляция воздуха, которая приводит к преждевременному обезвоживанию внешнего слоя, может препятствовать росту плесени и обеспечивать менее выраженные органолептические свойства. Среди микроорганизмов в формировании вкусо-ароматических компонентов наиболее активны *Pilaira anomala* и *Debaryomyces hansenii* [128; 71; 89].

В профилировании состава вкусовых предшественников мясных продуктов сухой выдержки и выяснении механизмов, лежащих в основе процесса развития вкуса, большое значение отводится метаболомному анализу [72].

Одним из важнейших показателей качества мяса считается нежность, низкая оценка которой была определена как основная причина неудовлетворенности потребителей. Среди множества факторов, влияющих на нежность мяса, одним из определяющих является созревание в автолизе.

Согласно сравнительным тестам, говядина сухой выдержки превосходит говядину влажной выдержки по нежности и сочности, несмотря на большое количество испаряющейся влаги.

В формировании нежности сырья сухого созревания заметную роль играют ферменты. Протеолиз в послеубойный период – это мультиферментативный процесс, в развитии которого участвуют несколько внутриклеточных протеолитических систем. Кальпаин и катепсин в основном разрушают миофибриллярные белки, что приводит к увеличению содержания растворимого белка. Некоторые катепсины (В, L, Н) вместе с ферментами многофункциональной системы (протеасома, просома) ослабляют соединительную ткань [7; 35; 50; 59]. Особое значение в процессе длительного созревания имеет кальпаиновая система. Кальпаины представляют собой большое семейство внутриклеточных кальций-зависимых цистеиновых протеаз, которые оптимально активны при физиологическом рН, основной субстрат – миофибриллярные белки. Кальпаин-1 ( $\mu$ -кальпаин) и кальпаин-2 (М-кальпаин) проявляют активность при мили- и микроконцентрации кальция, 3–50 и 400–800 мкМ, соответственно [191]. Согласно данным M.J. Colle, кальпаин-1 сохраняет активность в течение первых 14 суток сухого созревания, в то время как кальпаин-2 в мышцах *longissimus lumborum* (длинная грудная мышца) и *semimembranosus* (полуперепончатая мышца) активизируется к 14 суткам созревания и во всех мышцах к 28 суткам созревания. Представленные данные позволяют утверждать, что как кальпаин-1, так и кальпаин-2 участвуют в протеолизе белков говядины в послеубойный период, при

этом кальпаин-1 отвечает за улучшение нежности на ранних стадиях автолиза, а кальпаин-2 – после 14 суток созревания [76].

На улучшение нежности в процессе сухого созревания оказывает влияние конечное рН мяса ( $pH_{24}$ ). Мясо со значением рН 5,8–6,1 более плотное, чем мясо с нормальным рН, равным 5,4–5,7. Поэтому продукт, предназначенный для сухой выдержки, должен быть получен из туш с предельным значением рН от 5,4 до 5,7. Мышцы с пороком «холодового сжатия», которое может наступить при интенсивном охлаждении при условии, что температура опускается ниже 15 °С, а рН остается выше 6,0, не рекомендованы для сухого созревания, так как при этом не достигается необходимого эффекта размягчения [190].

Процесс сухой выдержки значительно повлиял на значение рН мяса, которое во второй части процесса сухой выдержки (14–35 суток) увеличилось с 5,49 до 5,66. Эти значения способствовали увеличению способности мяса удерживать воду на 37,33 % и активации собственных ферментов (кальпаин, катепсин, коллагеназа). Это повлияло на процесс солубилизации белков и коллагена, и, как результат, привело к улучшению нежности.

Нежность мяса увеличивается по мере удлинения продолжительности выдержки, поэтому температура и продолжительность являются двумя главными факторами, необходимыми для получения мяса высокого качества.

Несомненный интерес представляет исследование стабильности свойств мяса сухого созревания в процессе последующей реализации и хранения в торговой сети. В этом направлении можно привести результаты исследования F.A. Ribeiro с соавторами в отношении стейков из говяжьей корейки сухого созревания при относительной влажности 85 и 70 % в течение 42 суток при +2 °С. Для контроля использовали мясо влажного созревания при относительной влажности воздуха 70 %. Сухое созревание приводило к снижению показателей светлоты ( $L^*$ ), красноты ( $a^*$ ) и синевы ( $b^*$ ) цвета, а также к увеличению окисления липидов по сравнению с аналогами влажного созревания ( $P < 0,05$ ). Больше обесцвечивание мяса сухого созревания наблюдалось при хранении его в охлаждаемых витринах в течение от 4 до

7 суток. Результаты показали, что при длительном хранении в розничной сети сухое созревание говядины потенциально снижает цветовую и липидную стабильность по сравнению с мясом влажного созревания, что сокращает срок хранения мяса в освещаемых витринах [77].

Таким образом, формирование характерных органолептических свойств мяса сухого созревания является совокупным результатом биохимических и химических процессов и зависит от продолжительности и температуры созревания.

#### **1.4 Микробиология говядины сухого созревания**

Важным вопросом сухого созревания является микробиологическая стабильность сырья, так как значения температуры и влажности послеубойной выдержки подходят для развития многих бактерий и грибков. На сегодняшний день имеется мало информации о микробном разнообразии и характеристиках говядины сухого созревания. Известно, что при сухой выдержке в течение длительного времени на поверхности мяса колонизируется большое количество микроорганизмов, образуется «корочка», при этом видовой состав микробного сообщества постоянно меняется [9]. Решающее значение имеет качество мяса перед выдержкой. При использовании мяса низкого микробиологического качества, могут быстро размножиться патогенные микроорганизмы и продуцировать токсины, устойчивые в процессе обработки.

Исследования J.C. Ribeiro доказывают, что в мясе сухого созревания количество кишечных палочек, аэробных мезофильных и психрофильных микроорганизмов, а также плесени и дрожжей значительно меньше, чем в мясе влажного созревания. При этом сальмонелла не была выделена ни из одного из исследуемых образцов, тогда как *L. monocytogenes*, энтеропатогенная кишечная палочка, а также шигелла, токсин-продуцирующая кишечная палочка и энтерогеморрагическая кишечная палочка были выделены только из говядины влажного созревания. По результатам исследования авторами сделан вывод о том, что процесс сухого созревания при его правильной и гигиеничной организации обеспечивает более вы-

сокое микробиологическое качество, чем влажного, и может снизить микробиологическую опасность за счет поверхностного обезвоживания мяса [142].

Выдержка в сухом состоянии может не только ограничить нежелательный рост бактерий, но и способствовать росту полезной микрофлоры. При сухом созревании температура и активность воды сырья ( $A_w$ ) снижены до значений, при которых плесени и дрожжи начинают конкурировать с бактериями. В целом, на поверхности говядины сухой выдержки могут расти различные дрожжи и плесневые грибки, в том числе *Thamnidium sp.*, *Pilaira anomala* и *D. hansenii* [87; 136].

S. Руу с соавторами изучали микробиоту говядины сухого созревания (40–60 суток, относительная влажность 75–80%). Установлено, что в процессе сухого созревания общее количество микроорганизмов увеличивалось в течение 50 суток, а в последующем – уменьшалось. На любой из стадий сухого созревания не выявлено патогенных микроорганизмов и колиформ, что позволило сделать вывод о биологической безопасности говядины сухого созревания (60 суток). Мало того, исследованные условия созревания способствовали угнетению потенциально опасных дрожжей и плесеней *Candida sp.*, *Cladosporium sp.*, *Rhodotorula sp.* на начальных стадиях, и формированию позитивной микрофлоры *Penicillium camemberti* и *Debaryomyces hansenii* на заключительных [87]. Эти микроорганизмы обнаруживаются в сырах и отвечают за формирование вкуса и аромата.

Вывод о ведущей роли грибов в формировании аромата говядины сухого созревания подтвержден в исследовании Н. Ох. Исследования выполнены применительно к следующим условиям: температура от 1 до 3 °С, относительная влажность 75 %, скорость движения воздуха от 0 до 5 м/с, продолжительность созревания 28 суток. Установлено, что доминирующей микрофлорой являются плесени и дрожжи, идентифицированные как *Pilaira anomala SMFM201611* и *Debaryomyces hansenii SMFM201707*. При исследовании их на говядине с пониженными технологическими свойствами была доказана высокая протеолитическая и липолитическая активность, способность продуцировать свободные аминокислоты и жирные кислоты, снижать прочностные свойства мяса, что подтверждает позитивную

роль этих микроорганизмов в повышении нежности и усилении вкуса и аромата говядины сухого созревания [136].

По данным S. Ryu и соавторов, в говядине сухой выдержки при температуре 1–4 °С и относительной влажности воздуха 80–90 % на 25-е сутки присутствует вид *Cladosporium*, но после 60-ти суток созревания он не выявлен [87]. К росту грибов *Mucor*, *Aspergillus* может привести нарушение санитарных условий и нестационарный режим сухого созревания [171; 90]. Однако нет доказательств, подтверждающих возможность образования микотоксинов данными микроорганизмами в условиях, свойственных сухому созреванию.

Под действием гидролитических ферментов некоторых микроорганизмов из различных компонентов мяса могут образовываться метаболиты, вызывающие появление прогорклого вкуса. Возможность использования видового состава микрофлоры как индикатора прогорклости исследована в работе S. Kim и соавторов [137]. Исследования выполнены для говядины длительного созревания процесса (17 недель или 119 суток) при температуре  $1,5 \pm 1$  °С и влажности  $82 \pm 5$  %. Идентификацию микроорганизмов выполняли с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени. Установлено, что количество небелкового азота и вторичных продуктов окисления увеличилось через 11 недель созревания одновременно с увеличением *Streptococcus spp.*, *Pantoea spp.* и *Pseudomonas spp.* Количественная ПЦР показала, что определенные значения содержания *Pantoea spp.* и *Streptococcus spp.* могут использоваться для определения прогорклости во время сухого созревания.

В исследовании [164] были получены данные относительно состава молочнокислых микроорганизмов в говядине сухого созревания. Установлено, что в составе микробиома вплоть до 30-и суток созревания более 50 % от общего количества обнаруженных бактерий составляли молочнокислые бактерии, в том числе продуцирующие бактериоцины, а затем их количество уменьшалось. На уровне рода молочнокислые микроорганизмы представлены *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *Streptococcus*.

Сухое созревание способствует росту на поверхности мяса полезной плесени тамнидиум (*Thamnidium spp.*), способной продуцировать протеолитические и коллагенолитические ферменты, способные гидролизовать белки мышечной и соединительной ткани.

Таким образом, результаты исследований микробиома свидетельствуют, что в условиях ограниченной влажности при соблюдении технологических и гигиенических условий микробный фон мясного сырья остается на низком уровне. При этом в микробиоте отсутствуют патогенные, токсичные плесени, тогда как доминирующая микрофлора участвует в формировании вкусо-ароматических свойств и консистенции сырья сухого созревания.

### **1.5 Заключение по обзору литературы**

Представленные в обзоре данные свидетельствуют о том, что в промышленных условиях используются различные способы созревания говядины, что позволяет регулировать ее потребительские и функционально-технологические свойства. Это может быть влажное, сухое или комбинированное созревание. Для реализации в торговых сетях, предприятиях общепита и для конечного потребителя, в основном, применяют влажное созревание. Однако данное сырье не имеет выраженных вкусо-ароматических свойств.

Такие свойства имеет, прежде всего, говядина сухого созревания. Сухому созреванию подвергается высококачественная говядина, в результате чего формируется продукт премиального сектора, с высокой добавленной стоимостью. Совокупность свойств, которые характеризуют качество, определяется условиями получения мяса и условиями его созревания.

Исследования в этом направлении позволят получить новые данные о направленности биохимических процессов при изменяющихся условиях организации процесса созревания, а также последующих стадиях хранения и переработки.

## ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Организация исследований

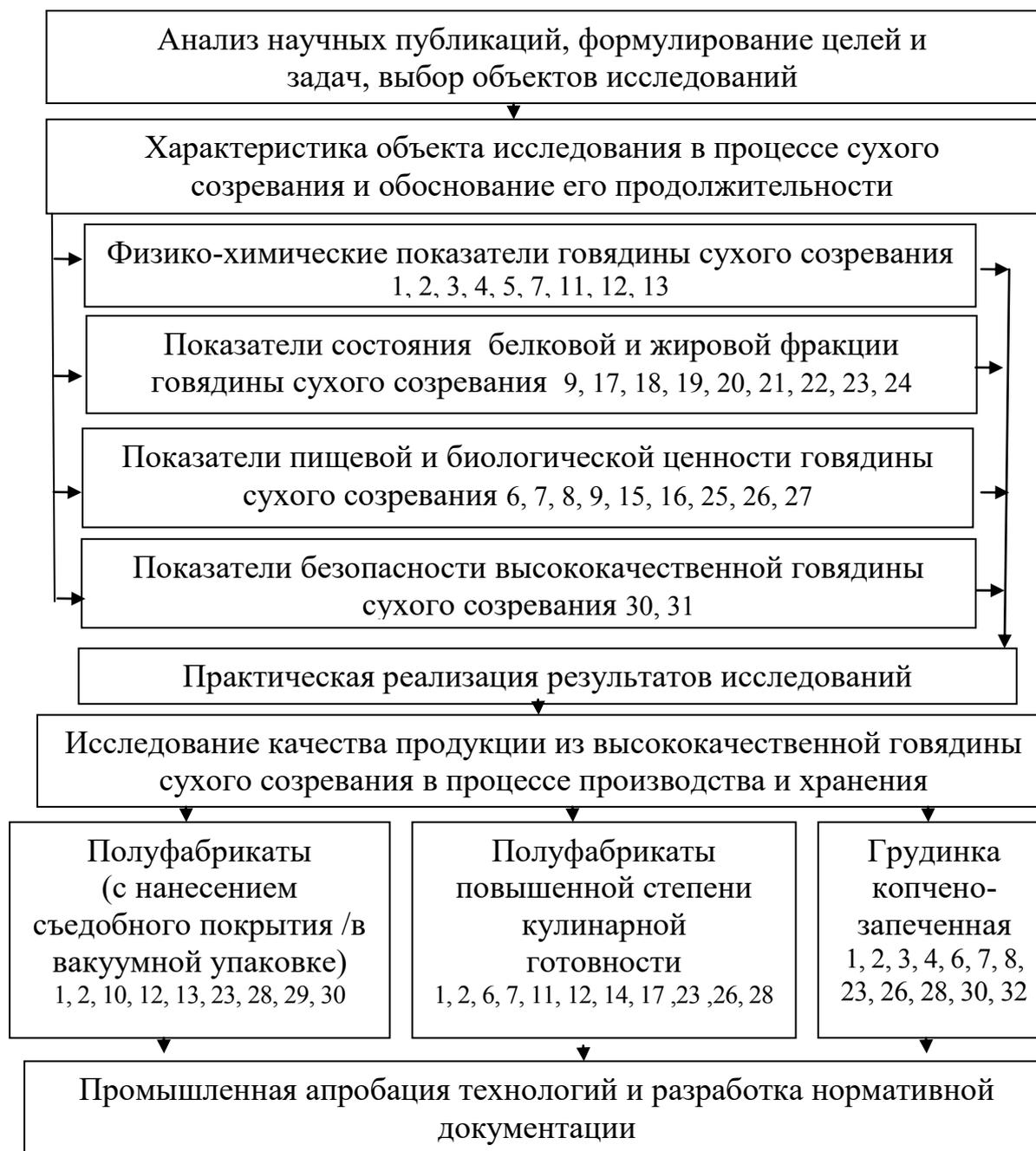
Работа выполнялась на кафедре технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» в три этапа, схема организации эксперимента представлена на Рисунке 1.

Сухому созреванию подвергали высококачественную говядину, полученную при переработке бычков породы герефорд сибирской селекции. При выборе объекта исследований учтены следующие факторы. Скот породы герефорд с канадской родословной адаптирован к условиям резко континентального климата, по распространенности среди отечественных мясных пород находится на втором месте, характеризуется высокой скоростью роста, доступностью для крупных производителей и фермерских хозяйств, высокой продуктивностью с характерным признаком мраморности.

Бычки для переработки до 12 месяцев выращивались на травяном откорме с дорациванием на зерновом рационе в течение 6 месяцев в условиях ограничения подвижности. Сырье для исследований получено из одной партии, средняя живая масса животных, подаваемых на переработку, составляла 540 кг.

Первичная переработка скота и созревание говядины выполнялись на предприятии компании «Мясной двор» в д. Уфимцево Кемеровской области – Кузбасса. Послеубойный выход составил в среднем 61%.

Сухое созревание сырья выполнялось в отрубях. Предварительно парные полутуши выдерживали в холодильной камере при температуре +4 °С в течение 24 часов и проводили визуальную оценку качества на соответствие требованиям, предъявляемым к высококачественной говядине в соответствии с ГОСТ 33818-2016. Оценку проводили на уровне крестцового позвонка и между 12 и 13 ребрами. По совокупности оцениваемых показателей высококачественная говядина соответствовала сырью первого класса.



1 – рН; 2 – потери массы; 3 – ВСС; 4 – усилие резания; 5 – нежность мяса; 6, 7, 8 – массовая доля белка, влаги, жира; 9 – растворимость белков; 10 – индекс протеолиза; 11 – активность воды; 12 – цветовые показатели; 13 – соотношение форм миоглобина; 14 – потребительская оценка по гедонической шкале; 15 – жирнокислотный состав; 16 – йодное число; 17 – гидрофобность поверхности мышечных белков; 18, 19 – содержание карбонильных и сульфгидрильных групп; 20 – перекисное число; 21 – анизидиновое число; 22 – общее число окисления; 23 – вторичные продукты окисления; 24 – фракционный состав белков; 25 – аминокислотный состав; 26 – массовая доля общего и растворимого коллагена; 27 – переваримость *in vitro*; 28 – органолептическая оценка; 29 – азот летучих оснований; 30 – микробиологические показатели; 31 – показатели безопасности; 32 – массовая доля хлорида натрия

Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента

Различные части говяжьей туши отличаются морфологическим и химическим составом, а, следовательно, технологическими свойствами и потребительскими характеристиками [40].

Для сухого созревания использовали костные отруба, выделенные из наиболее ценной поясничной части полутуши (short loin) и предназначенные для последующей разделки и изготовления полуфабрикатов. Масса костного поясничного отруба  $7,0 \pm 0,5$  кг. Для расширения ассортимента продукции из высококачественной говядины за счет использования менее ценных частей туши сухому созреванию подвергали также грудинку, содержащую поверхностную грудную (*Mm. pectorales superficiales*) и глубокую грудную (*M. pectoralis profundus*) мышцы. Ввиду особенностей состава это сырье требует улучшения. В выполненном исследовании для этого предлагается сухое созревание с последующей тепловой обработкой. Это позволит расширить возможности промышленной переработки сырья и повысить ее эффективность. Масса грудинки, в среднем 6 кг.

Созревание сырья выполняли в камере «Dry Aged DX 1000» (Германия), обеспечивающей постоянные параметры среды. Принятый режим сухого созревания: температура 0–1 °С, относительная влажность воздуха 74–75 %, скорость движения воздуха 0,5 м/с при его циркуляции через установленные фильтры.

На первом этапе изучали влияние продолжительности сухого созревания на физико-химические, биохимические, микробиологические показатели, а также пищевую и биологическую ценность высококачественной говядины. Цель этапа - обоснование продолжительности сухого созревания в зависимости от направления последующего использования.

На втором этапе изучали показатели качества продуктов из высококачественной говядины сухого созревания и стабильность их свойств при хранении с целью обоснования сроков годности, а именно, натуральных полуфабрикатов в зависимости от способа упаковки, полуфабрикатов повышенной степени кулинарной готовности в зависимости от способа тепловой обработки, грудинки копчено-запеченной.

Исследования включали определение физико-химических показателей и показателей, определяющих срок годности мясных продуктов, включая микробиологические и стабильности липидной фракции.

На третьем этапе выполняли промышленную апробацию результатов исследований, выработку опытных партий продукции,

Экспериментальные исследования высококачественной говядины различной степени сухого созревания и продукции из нее выполнялись в лаборатории кафедры технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «КемГУ», в аккредитованном испытательном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе», в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (КемИЛ ФГБУ «ВНИЗЖ»), аккредитованной испытательной лаборатории ГБУ КО «Промышленновская МРВЛ», научно-исследовательском институте биотехнологии НИУ (ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»). По результатам органолептической оценки выявлена степень удовлетворенности потребителями новыми видами продукции.

В рамках практической реализации результатов исследований разработана нормативная документация на продукцию из высококачественной говядины сухого созревания, выполнен расчет эффективности предлагаемых решений.

## **2.2 Объекты и методы исследования**

На первом этапе объектами исследований являлись отруба разной степени сухой выдержки. Исследуемые периоды контроля физико-химических, микробиологических показателей созревающего сырья (в сутках), потерь массы составили 7, 14, 21, 28, 35, 42 и 65. При отборе проб отруба зачищали от поверхностной корки, вырезали образцы массой до 250 г, которые упаковывали под вакуумом и хранили при температуре минус 18 °С до момента лабораторных испытаний.

На втором этапе объектами контроля являлись мясные продукты из говядины сухого созревания.

Объекты исследования – полуфабрикаты, предназначенные для реализации в охлажденном виде; полуфабрикаты, доведенные на предприятии-изготовителе до высокой степени кулинарной готовности, грудинка копчено-запеченная.

Для натуральных охлажденных полуфабрикатов исследованы два способа упаковки: нанесение съедобного покрытия и вакуумная упаковка в непроницаемые пакеты с предварительным нанесением съедобного покрытия и без него. Состав съедобного проницаемого покрытия включал хитозан, желатин в соотношении 1:1, 0,2 % дигидрокверцетина и растворитель, в качестве которого использован 2%-ный раствор молочной кислоты. Активными компонентами покрытия являются хитозан и дигидрокверцетин. Введение желатина предназначено для улучшения текучести покрытия, равномерности и непрерывности его распределения на поверхности мяса, что создает дополнительный барьер для кислорода, а, следовательно, развития порчи. Соотношение хитозана и желатина, вид и концентрация растворителя установлены по результатам определения кинематической вязкости и pH. Для используемого в работе покрытия кинематическая вязкость равна 50,67 мм<sup>2</sup>/с, активная кислотность 5,43, покрытие стабильно при хранении.

Хитозан – балластное вещество, нетоксичное, биосовместимое со многими биополимерами, обладает пленкообразующей способностью, антимикробной и антиоксидантной активностью [55; 174]. При консервировании свежего мяса проявляет антимикробный эффект в отношении *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fragile*, а также золотистого стафилококка. В составе пленок и покрытий способен подавлять рост молочнокислых бактерий и *Enterobacteriaceae*. Хитозан влияет на сроки годности мяса и мясных продуктов в результате не только подавления роста микроорганизмов, но и ингибирования реакций окисления липидов [174; 86; 83].

Дигидрокверцетин – флавоноид, обладающий широким спектром биологической активности в сочетании с высоким профилем безопасности. Антиоксидантная активность обусловлена образованием хелатных соединений с ионами металлов переменной валентности, индуцирующих цепную реакцию окисления

липидов. Предыдущими исследованиями установлена активная концентрация для мясных продуктов, равная 0,02–0,08 % [19; 41; 51].

В рецептуре покрытия использован хитозан Chitosan 85 % DAC (Tauga (Shanghai Co, Ltd, Китай), степень деацетилирования 85 %. Для приготовления покрытия порошок хитозана добавляли в раствор кислоты при перемешивании и оставляли для набухания и растворения в статических условиях в течение суток при атмосферном давлении и температуре  $23 \pm 2$  °С. Затем при перемешивании на магнитной мешалке добавляли желатин и дигидрокверцетин. Полученные дисперсии хранили при температуре +4 °С.

Покрытие наносили на полуфабрикаты путем двукратного окунания в раствор на 1 минуту с промежуточным стеканием раствора и подсушиванием на воздухе нанесенного слоя покрытия.

При разработке технологии полуфабрикатов повышенной кулинарной готовности из сырья сухого созревания исследованы различные способы тепловой обработки: «су-вид» нагрев, нагрев на сухом гриле и их комбинация.

«Су-вид» нагрев полуфабриката, предварительно упакованного под вакуумом, выполняли на ротационном нагревателе Sous vide sirman Softcooker Y09 (Sirman, Италия). Полуфабрикаты упаковывали в барьерные пакеты «Амивак ВТ» на основе полиамида, полиэтилена и модифицированного полиолефина (Атлантис-Пак, Россия), вакуумирование пакетов выполняли на упаковочной машине Henkelman Marlin 50 (Голландия).

Грудинку изготавливали из грудной части и подвергали копчению-запеканию в термокамере Smoker.

Для решения поставленных задач в работе использованы следующие методы исследований.

*Активная кислотность (pH) (1)* определялась потенциометрическим методом с использованием портативного рН-метра Testo 205 (Testo, Германия) путем погружения электрода в толщу мышечной ткани на глубину не менее 3 см. За

окончательный результат принимали среднее арифметическое значение трех единичных измерений.

*Потери массы (2)* определяли прямым методом: взвешиванием образцов и расчетом величины потерь относительно исходной массы, %.

*Водосвязывающая способность (3)* – методом прессования, основанным на выделении воды испытуемым образцом при легком его прессовании, сорбции выделяющейся воды фильтровальной бумагой и определении количества отделившейся влаги по размеру площади пятна, оставляемого ею на фильтровальной бумаге [24].

*Усилие резания (4)* – с использованием прибора Уорнера-Брацлера измерением величины усилия, необходимого для разрезания образца правильной формы размером 10x20 мм при приложении нагрузки на режущий инструмент, лезвие которого (толщина –  $1 \cdot 10^{-3}$  м) установлено нормально скорости его перемещения, заточено под малым углом ( $15^\circ$ ), показания – по динамометру [4].

*Нежность мяса (5)* устанавливали методом прессования с измерением площади мясного пятна и расчетом ( $\text{см}^2/\text{г}$ ) по формуле [24]

$$H = \frac{S}{m} \quad (1)$$

где S – измеренная площадь,  $\text{см}^2$ ;

m - навеска, г.

*Массовая доля белка (6)* – арбитражным методом Кьельдаля [13].

*Массовая доля влаги (7)* – методом, основанным на высушивании навески до постоянной массы при температуре  $105 \pm 1$  °C [15].

*Массовая доля жира (8)* – методом Сокслета [14].

*Растворимость белков (9)* – методом Y.J. Li и соавторов определением общей растворимости белков и растворимости саркоплазматических белков [102]. Согласно методу, пробу гомогенизировали с 0,025 М раствором фосфата калия (рН 7,2), выдерживали при +4 °C в течение 12 ч и центрифугировали при 1500 об/мин в течение 20 мин. Для определения растворимости саркоплазматических белков об-

разец гомогенизировали в 2 мл 0,025 М холодного раствора фосфата калия (рН 7,2) с последующим выполнением этапов, описанных выше. Концентрацию экстрагированных белков (мкг/г мяса) определяли биуретовым методом путем измерения оптической плотности растворов на спектрофотометре при длине волны 540 нм [127]. Растворимость миофибриллярных белков рассчитывали как разницу между растворимостью общей и саркоплазматических белков.

*Индекс протеолиза (10)* рассчитывали как отношение небелкового азота к общему азоту, количество которых определяли методом Къельдаля, % [24].

*Активность воды (11)* – криоскопическим методом, на анализаторе активности воды АВК-4 (Россия, ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ») с определением криоскопической температуры и пересчетом в активность воды  $A_w$  по программе [49].

*Цветовые показатели (12)* - методом неразрушающего контроля в системе СIE [151]. Измерение интенсивности отраженного света выполняли на компараторе цвета шаровом (КЦ-3, Россия) по всему видимому диапазону длин волн (320...680 нм), калибровка прибора относительно абсолютно белого образца. Измерения выполняли при источнике света С, цветовая температура которого воспроизводит условия дневного освещения, на свежем срезе образца, нарезанного в направлении вдоль волокон, толщиной до 3 мм, диаметром не менее 3 см. Усреднение результата измерения обеспечивается изменением положения образца в момент измерения и повторностью измерения. Измеряемые параметры - коэффициенты цветности, отражающие долю основных цветов в измеряемом цвете: X – красного цвета; Y – зеленого; Z – синего, определяемые в автоматическом режиме. На основании полученных коэффициентов цветности рассчитывали показатели цвета в системе Lab по формулам:

светлота L:

$$L = 116 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right] - 16; \quad (2)$$

хроматические координаты: a – степень красноты, b – степень синевы:

$$a = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right], \quad (3)$$

$$b = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]; \quad (4)$$

насыщенность цвета или яркость:

$$S = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}; \quad (5)$$

цветовой тон:

$$H = \arctg \frac{b}{a}. \quad (6)$$

Соотношение форм миоглобина, %, (13) определяли спектрофотометрическим методом, измерением поглощения света водным раствором мясных экстрактов при длинах волн 503, 557 и 582 нм, характерных для метмиоглобина, дезокси-миоглобина и оксимиоглобина, соответственно, и в изобестической точке 525 нм с использованием спектрофотометра В-1100 (Россия). Подготовка образцов заключалась в гомогенизации пробы при 3000 об/мин в течение 60 с в холодном 0,04 М фосфатном буфере (рН 6,8, температура +4 °С,) и центрифугировании гомогената при 4500 об/мин в течение 30 мин.

Соотношение форм миоглобина: дезоксимиоглобина (MbD), оксимиоглобина (MbO), метмиоглобина (MbMet) рассчитывали с использованием модифицированного уравнения К. Krzywicki [183].

$$Mb = \frac{C_{MbD}}{C_{Mb}} = (-0,534 R_1 + 1,594 R_2 - 1,329) \times 100. \quad (7)$$

$$Mbo = \frac{C_{MbO}}{C_{Mb}} = (0,722 R_1 - 1,432 R_2 - 1,659 R_3 + 2,599) \times 100. \quad (8)$$

$$MetMb = \frac{C_{MetMb}}{C_{Mb}} = (-0,159 R_1 - 0,085 R_2 + 1,262 R_3 - 0,520) \times 100. \quad (9)$$

$$R_1 = \frac{A_{582}}{A_{525}}; \quad R_2 = \frac{A_{557}}{A_{525}}; \quad R_3 = \frac{A_{503}}{A_{525}}.$$

*Потребительская оценка продукции (14)* проводилась с использованием гедонической шкалы желательности по ГОСТ ISO 11136–2017 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по проведению гедонических испытаний потребителями в контролируемой зоне» с привлечением в качестве экспертов потребителей.

*Жирнокислотный состав (15)* устанавливали методом газовой хроматографии с определением качественного и количественного состава смеси жирных кислот в виде метиловых эфиров, полученных по ГОСТ 31665, и пробоподготовкой в соответствии с МР 4.1.02213 [12].

*Йодное число внутримышечной жировой ткани (16)* – расчетным методом на основании результатов определения жирнокислотного состава [1].

*Гидрофобность поверхности миофибриллярных белков (17)* определяли методом I. Chelh и соавторов, основанным на взаимодействии гидрофобного хромофора бромфеноловый синий (БФС) с миофибриллярными белками и разделении свободного и связанного БФС центрифугированием. Количество связанного БФС определяют по величине поглощения света белковым экстрактом при длине волны 595 нм и рассматривают как показатель гидрофобности белка [73].

*Содержание карбонильных групп (нМ/мг белка) (18)* – методом, основанным на взаимодействии окисленных аминокислотных остатков с добавленным реактивом 2,4-динитрофенилгидразином с образованием 2,4-динитрофенилгидразонов в течение 1 часа при комнатной температуре, с последующим осаждением миофибриллярных белков 20%-м раствором ТХУ [152]. Содержание карбонильных групп регистрировали спектрофотометрически измерением оптической плотности растворов при длине волны 370 нм. Концентрацию белка в гомогенате контролировали измерением оптической плотности при 280 нм. Измерения выполнены на спектрофотометре УФ-1100 (Россия).

*Содержание сульфгидрильных групп в миофибриллярных белках (мкмоль/г белка) (19)* – калориметрическим методом путем измерения величины поглоще-

ния света раствором миофибриллярных белков при длине волны 412 нм, содержание сульфгидрильных групп выражали в мкмоль/г белка [167].

В методах определения гидрофобности белка, карбонильных и сульфгидрильных групп экстракцию миофибриллярных белков проводили по методу Saeki последовательно буферными растворами на основе Tris-HCl и KCl с pH 7,5 и 7,0. Концентрацию белка определяли с использованием биуретового реактива (540 нм) [127].

*Перекисное число (20)* устанавливали по ГОСТ Р 51487-99 методом, основанным на способности перекисей окислять йодид калия в кислой среде с освобождением молекулярного йода, который количественно определяют титрованием раствором тиосульфата натрия с использованием крахмала в качестве индикатора.

*Анизидиновое число (21)* – по ГОСТ 31756 методом, основанным на измерении оптической плотности анализируемого раствора после реакции с уксуснокислым раствором п-анизидина. Измерение проводили при длине волны 350 нм.

*Общее число окисления (TV) (22)* – расчетным методом по уравнению:

$$TV = 2 \times ПЧ + АЧ. \quad (10)$$

*Количество вторичных продуктов окисления (23)* – спектрофотометрическим методом (ГОСТ Р 55810-2013) путем определения веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Маркер окисления – малоновый альдегид (МА), образующийся при окислении жирных кислот, выделение альдегида из пробы выполнялось дистилляционным методом из подкисленной среды. Измерение окраски, образующейся в результате взаимодействия малонового альдегида с тиобарбитуровой кислотой, при длине волны 535 нм В-1100 (Россия).

*Фракционный состав белков (24)* – методом нативного вертикального электрофореза в пластине ПААГ с использованием камеры Mini-Protean Tetra System. Электрофоретическая подвижность белка в нативном состоянии зависит одновременно и от его суммарного заряда, и от молекулярной массы, и от пространственной конфигурации полипептидной цепи.

Для приготовления гелей использовали 30%-й раствор акриламида/метиленбис-акриламида. Буфер для приготовления концентрирующего геля содержал

0,625 М Трис-НСl, рН 6,8. Для приготовления разделяющего геля использовали 1,5 М Трис-НСl буфер, рН 8,8.

Электрофорез выполняли при постоянной силе тока 16 мА для прохождения концентрирующего геля и 18–20 мА – для разделяющего. По окончании электрофореза гель окрашивали в течение 30–60 мин в растворе, содержащем этанол, ледяную уксусную кислоту, краситель кумасси R250. Маркер белковый фореze Unstained Protein Standard, Broad Range (10–200 kDa) (BioLabs).

*Аминокислотный состав (25)* определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (МВИ МН 1363-2000) с использованием хроматографа жидкостного Shimadzu LC-20 Prominence с диодно-матричным детектором Shimadzu SPD20МА с разделением аминокислот на колонке Kromasil C-18 250x4,6 мм, условия проведения: давление 752 мм рт ст., температура 24 °С, 40 %.

*Массовая доля коллагена (26)* определялась методом, основанным на выделении L-оксипролина при кислотном гидролизе пробы, окислении его хлорамин-ом-Б, проведении цветной реакции продуктов окисления с *п*-диметиламинобензальдегидом и образованием комплексного соединения, интенсивность окраски которого измеряется при длине волны 558 нм, для пересчета на содержание коллагена использован коэффициент, равный 8,0 [16].

Для определения количества растворимого коллагена выполняют его экстракцию из пробы, подвергнутой тепловой обработке, раствором Рингера с последующим нагреванием и центрифугированием. Центрифугат и осадок подвергают кислотному гидролизу с последующим определением оксипролина, пересчет на коллаген с использованием коэффициента 8 [150].

*Переваримость белков пищеварительными ферментами* в опытах *in vitro* (27). Метод заключается в последовательном воздействии на белковые вещества исследуемого объекта системой протеиназ, состоящей из пепсина и трипсина, при непрерывном удалении продуктов гидролиза из зоны реакции диализом. Количество низкомолекулярных продуктов гидролиза определяли по тирозину [24].

*Органолептическая оценка (28)* проводилась по ГОСТ 9959-2015 [17].

*Азот летучих оснований (29)* – методом микродиффузии [182].

*Микробиологические показатели (30)* определяли в аккредитованной лаборатории с определением количества аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) по ГОСТ 10444.15, патогенных микроорганизмов бактерий рода *Salmonella* (ГОСТ 31659-2012) и *L. monocytogenes* (ГОСТ 32031-2012), бактерий группы кишечной палочки (БГКП) по ГОСТ 31747-2012, бактерий рода *Proteus* (ГОСТ 28560-90), дрожжей и плесневых грибов (ГОСТ 10444.12-2013). Для полуфабрикатов, упакованных под вакуумом, в процессе хранения контролировали указанные выше микроорганизмы, а также молочно-кислые микроорганизмы по ГОСТ 10444.11-2013 (26) и *Cl. perfringens* по ГОСТ 10444.9-98

*Гигиенические показатели сырья (31)* устанавливали в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2013 «О безопасности пищевой продукции» в аккредитованной лаборатории по утвержденным методикам исследований.

*Статистическая обработка результатов.* Экспериментальные данные получены по 5 сериям измерений, проверенных на однородность. Повторяемость измерений каждого из показателей внутри серии трехкратная. Обработку данных проводили с помощью стандартных пакетов программ Microsoft Excel. Однородность выборочных эффектов проверяли по t-критерию Стьюдента. Различия между средними значениями считались достоверными с доверительной вероятностью  $P \leq 0,05$ . В основном данные представлены в формате арифметического среднего значения с учетом стандартного отклонения.

## **ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУХОГО СОЗРЕВАНИЯ**

### **3.1 Исследование физико-химических, структурно-механических показателей и потерь массы высококачественной говядины при сухом созревании**

Важным показателем, характеризующим изменение качества мяса, является рН. На основании этого показателя можно оценить характер автолиза, а также гидрофильные свойства белков мяса, а, следовательно, потери. Этот показатель оказывает влияние на стабильность гемовых пигментов и цвет мяса [115]. Кроме того, изменение значения рН позволяет косвенно судить о развитии порчи, так как продукты метаболизма микроорганизмов, включая амины и другие основные соединения, образующиеся в результате деградации аминокислот, приводят к смещению рН в щелочную область. Следует отметить, что при сухом созревании исключается защитное действие молочной кислоты, как метаболита молочнокислой микрофлоры, развивающейся в анаэробных условиях. Порогового значения рН, как индикатора микробной порчи при сухом созревании нет, но в качестве рекомендуемого можно рассматривать значение 6,2 [85].

Для контроля характера автолиза в каждой партии парного сырья (1 час после убоя), и через 24 часа выдержки измеряли рН с тем, чтобы исключить говядину DFD-качества, так как это может привести к дефектам вкуса созревающего сырья [6]. Результаты измерения рН отрубов поясничной части высококачественной говядины на стадии подготовки и сухого созревания приведены на Рисунке 2.

В исследуемых партиях сырья в течение 24 часов после автолиза значение активной реакции среды, в среднем, снизилось с 7,18 до 5,62 (погрешность измерения 0,06). Полученные значения свидетельствуют о высокой упитанности скота, от которого было получено сырье, и традиционном характере автолиза.

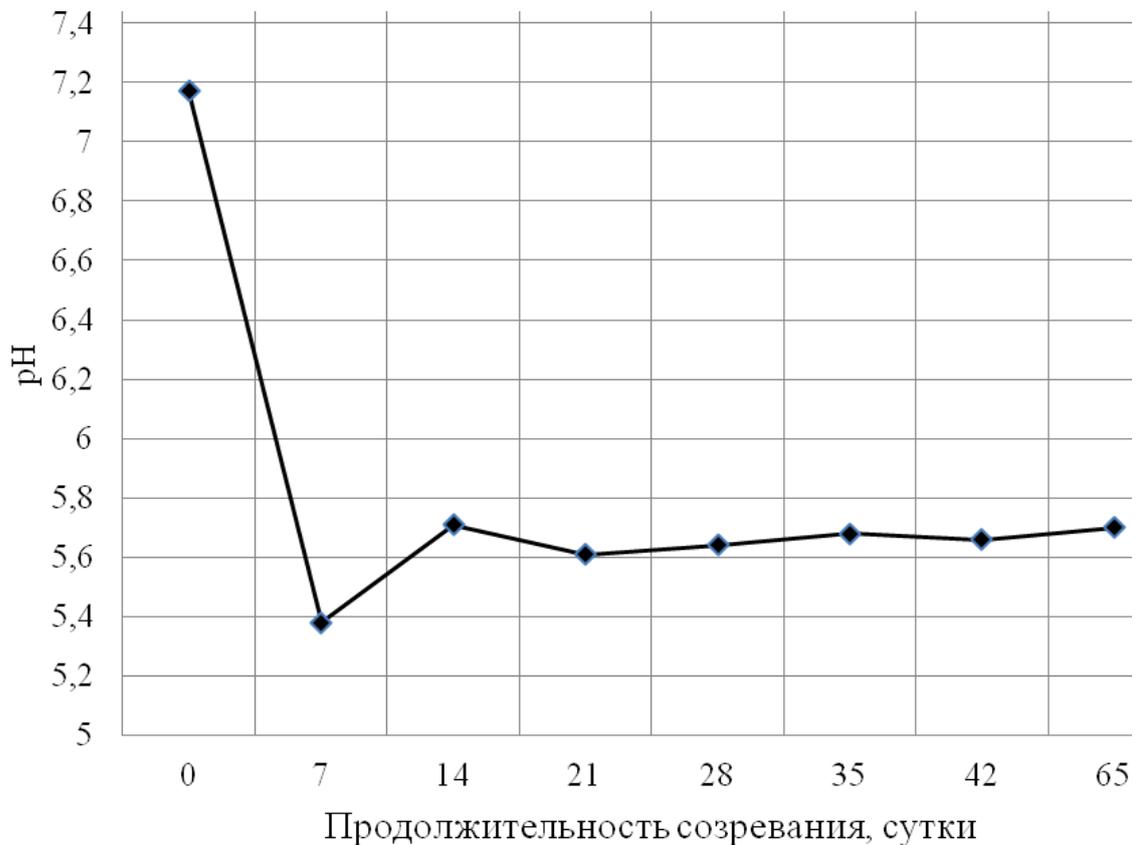


Рисунок 2 – Изменение pH говядины в процессе сухого созревания

При контроле pH сырья в процессе сухого созревания получены следующие результаты. В начальной стадии созревания вплоть до 7 суток значение pH мяса снижалось, достигая минимального значения 5,38. После 7 суток выдержки и до окончания исследуемой продолжительности созревания (65 суток) значение pH, в целом, увеличилось от 5,38 до 5,66. Максимальный темп прироста показателя характерен для периода от 7 до 14 суток, в последующем значение pH стабилизировалось на уровне 5,61–5,66. Такая динамика показателя pH косвенно указывает на микробиологическую стабильность продукта в течение всего исследуемого периода сухого созревания. Выявленное незначительное, но стабильное увеличение pH может быть связано с образованием продуктов протеолиза мышечных белков [99].

Для характеристики гидрофильных свойств мышечных белков говядины контролировали темп снижения массовой доли влаги (Рисунок 3) и величину ВСС (Таблица 1) в процессе сухого созревания.

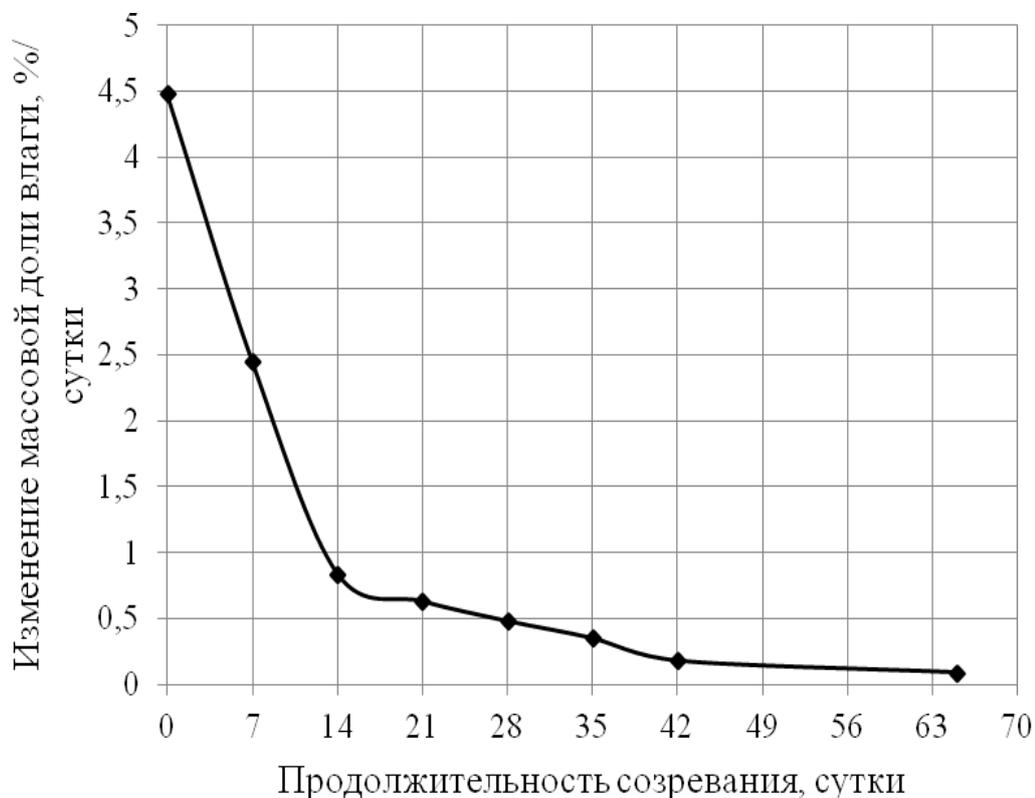


Рисунок 3 – Скорость испарения влаги в процессе сухого созревания

Перенос влаги в мясе сухой выдержки происходит двумя путями: перемещение из внутренних слоев к поверхности мяса путем диффузии и по системе капилляров, второй – испарение влаги с поверхности мяса. Решающее влияние на величину потерь и скорость процесса оказывает внутренний перенос [6].

Согласно представленным данным, большой темп испарения влаги выявлен в период до 14 суток созревания, второй период потерь массы на графике соответствует интервалу от 14 до 42 суток. В выделенные периоды среднесуточный темп потери влаги (%/сутки) оценивается следующими значениями: 0,20, 0,05 и 0,04. В период созревания от 42 до 65 суток значение среднесуточных потерь массы незначительно. Полученные данные свидетельствуют о том, что по мере испарения влаги и уменьшения общего влагосодержания прочность связи оставшейся

влаги увеличивается, что приводит к замедлению испарения. Можно говорить о том, что при созревании более 28 суток различия в темпе снижения влаги незначительны.

Полученные данные можно объяснить, прежде всего, замедлением внутреннего массопереноса в результате развития протеолиза и, как следствие, изменения структуры мышечных клеток. Как следует из полученных данных, конечное значение рН не оказало влияния на скорость испарения влаги при исследуемых параметрах сухого созревания.

Результаты определения скорости испарения влаги согласуются с данными определения водосвязывающей способности говядины на разных стадиях сухого созревания (Таблица 1).

Таблица 1 – Изменение физико-химических показателей высококачественной говядины в процессе сухого созревания

Продолжительность созревания, сутки	Массовая доля влаги, %	ВСС, % к массе навески	Активность воды
1	70,89±0,22	60,64±0,24	0,9980
14	66,12±0,14	62,18±0,15	0,9901
28	65,59±0,23	63,84±0,11	0,9882
35	65,17±0,30	66,43±0,16	0,9854
42	64,77±0,28	67,91±0,20	0,9805
65	64,19±0,18	66,61±0,23	0,9784

Следует отметить, что водосвязывающая способность является одним из критических параметров при определении конечного качества мяса сухого созревания с различных точек зрения: технологической и потребительской. Это объясняется тем, что показатель ВСС напрямую связан с потерями влаги при термической обработке и размораживании и, как следствие, экономическими потерями у потребителя. Установлено, что после завершения основных гликолитических изменений ВСС говядины повышается вплоть до 42 суток сухого созревания. В сы-

рье со сроком созревания 65 суток наметилась тенденция к снижению ВСС. Полученную зависимость следует объяснять снижением общего количества влаги и увеличением массовой доли белка, что приводит к изменению ионно-белкового взаимодействия.

В процессе сухого созревания был определен показатель активности воды  $A_w$ . Это интегральная характеристика, влияющая на развитие биохимических, химических и микробиологических процессов. Согласно полученным данным, снижение показателя активности воды, показывающего количество влаги, доступной для развития процессов порчи, непрерывно снижается. В большей степени это характерно для периода выдержки от 35 суток до 42 суток, даже при условии развития плотного поверхностного слоя и его упрочнения.

Одним из основных факторов приемлемости говядины потребителем является нежность, для определения которой применяют объективные и субъективные методы [68; 176], среди которых одним из наиболее информативных является метод определения усилия резания по Уорнеру Брацлеру. Этот показатель используется, в том числе, для классификации говяжьих мышц по нежности [74].

Результаты исследования структурно-механических показателей высококачественной говядины в зависимости от длительности сухого созревания приведены в Таблице 2.

Согласно полученным данным, наибольшему снижению прочностных свойств соответствует период с 14 до 35 суток созревания. Значение усилия резания сырья через 7, 14, 21, 28 и 35 суток сухого созревания относительно исходного составляет 91,9; 86,0; 72,5; 66,8 и 57,1 %, соответственно. При увеличении сухой выдержки более 35 суток тенденция к снижению прочностных свойств сохраняется, однако существенного снижения прочности не установлено.

Выявленное снижение прочностных свойств следует объяснять структурным распадом белков под действием эндогенных протеаз, таких как кальпаины и катепсины. Можно также предположить, что сухое созревание мясного сырья без защитной упаковки приводит к усилению окислительного разрушения и деграда-

ции белков, что также оказывает определенное положительное влияние на консистенцию, которая становится более нежной. Снижение интенсивности процесса мягчения при выдержке в течение 35 суток и далее до 65 суток можно объяснить снижением активности собственных ферментов и низкой микробной обсемененностью, что следует рассматривать как положительный факт.

Таблица 2 –Изменение прочностных свойств говядины в процессе сухого созревания

Продолжительность, сутки	Усилие резания Н/м <sup>2</sup>	Пластичность, см <sup>2</sup> /г
1 (контроль)	42,2±1,12	9,37±0,63
7	38,8±1,63	10,50±0,64
14	36,3±0,89	12,17±0,44
21	30,6±1,64	12,67±0,16
28	28,2±1,14	13,27±0,74
35	24,1±0,98	13,70±0,13
42	23,9±1,27	13,16±0,17
65	24,6±1,49	12,63±0,51

Пластичность характеризует способность материала сопротивляться изменению формы под внешним воздействием. Как следует из полученных данных, положительная динамика показателя установлена для говядины со сроком сухого созревания до 35 суток, при увеличении выдержки свыше указанного срока значение показателя стабилизируется на одном уровне.

Продолжительность сухого созревания во многом определяется потерями, которые могут измеряться на разных этапах, а именно, при созревании, при зачистке от поверхностного упроченного слоя («корки»), при тепловой обработке созревшего сырья.

На Рисунке 4 приведены результаты определения потерь, согласно которым вплоть до 7 суток созревания потери массы отрубков вследствие испарения влаги

составляют в среднем до 2,9 %. В последующем они пропорционально изменяются и достигают к 35 суткам созревания 10,3 %. Прогрессирующее увеличение потерь происходит в период созревания от 35 до 42 суток. Так к 35 суткам созревания они составляют 10,3 %, а к 42 суткам увеличиваются до 14,3 %. Наибольшая величина потерь выявлена через 65 суток сухой выдержки и составляет 17,8 %.

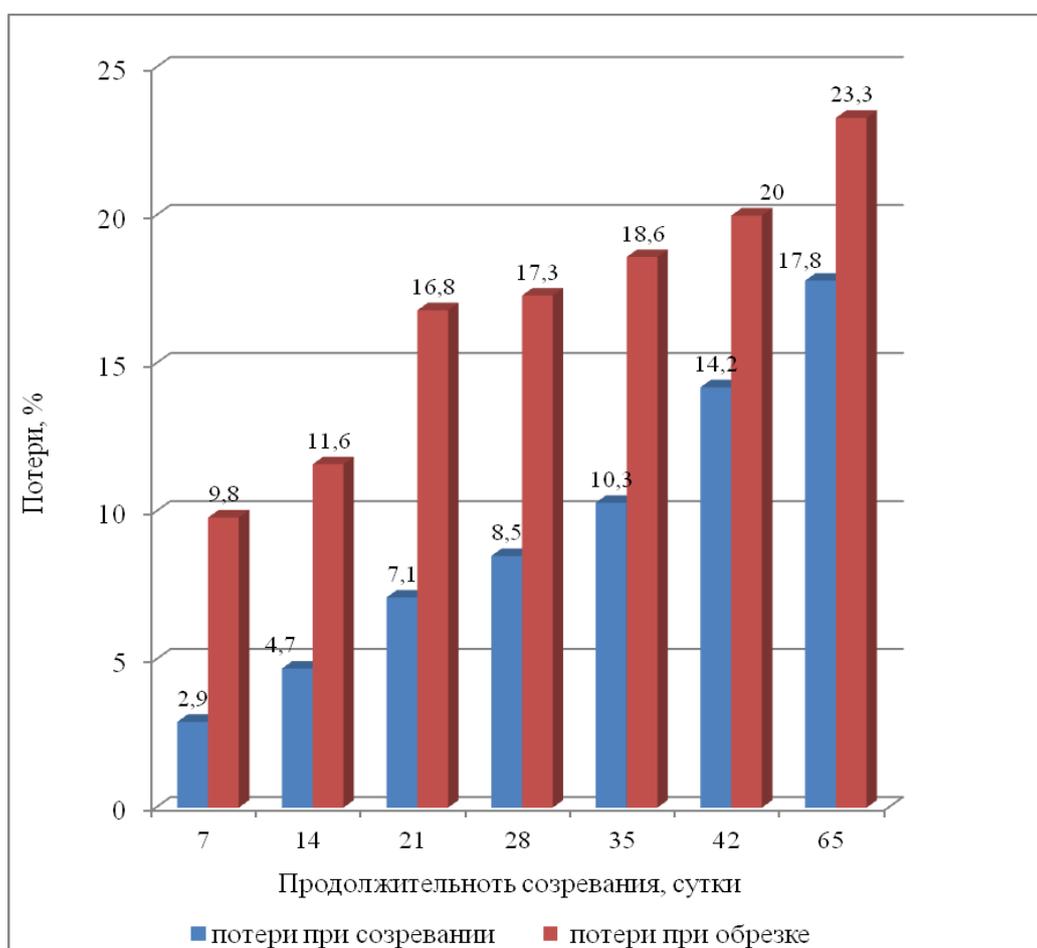


Рисунок 4 – Влияние продолжительности сухого созревания на величину потерь

Значения потерь от зачистки отрубков при выделении сырья, предназначенного для переработки и реализации, оказываются большими, по сравнению с потерями при созревании. Из полученных данных следует, что достаточно развитая поверхностная корка формируется уже через 21 сутки созревания. Общие потери от зачистки составляют 16,8; 17,3 и 18,6 %, при длительности созревания отрубков 21, 28 и 35 суток соответственно. Для отрубков с длительностью созревания 42 и

65 суток потери от зачистки корки сопоставимы с этими данными и составляют 20,0 % и 23,3 % соответственно.

В целом суммарные потери при увеличении продолжительности сухой выдержки на каждые 7 суток, составили 12,7; 16,3; 23,9; 25,8; 29,1; 34,2% соответственно. При длительности выдержки отрубков 65 суток суммарные потери от выдержки и зачистки составляют 41,1 %. Из этого следует, что с экономической точки зрения сопоставимы интервалы выдержки 21–28 суток и 35–42 суток, при этом более предпочтителен первый.

Для оценки влияния продолжительности созревания на потери при тепловой обработке образцы массой 200 г, выделенные после зачистки отрубков, подвергали варке в воде до температуры в центре  $(70\pm 2)$  °С и немедленно охлаждали до +4 °С. Результаты определения приведены на Рисунке 5.

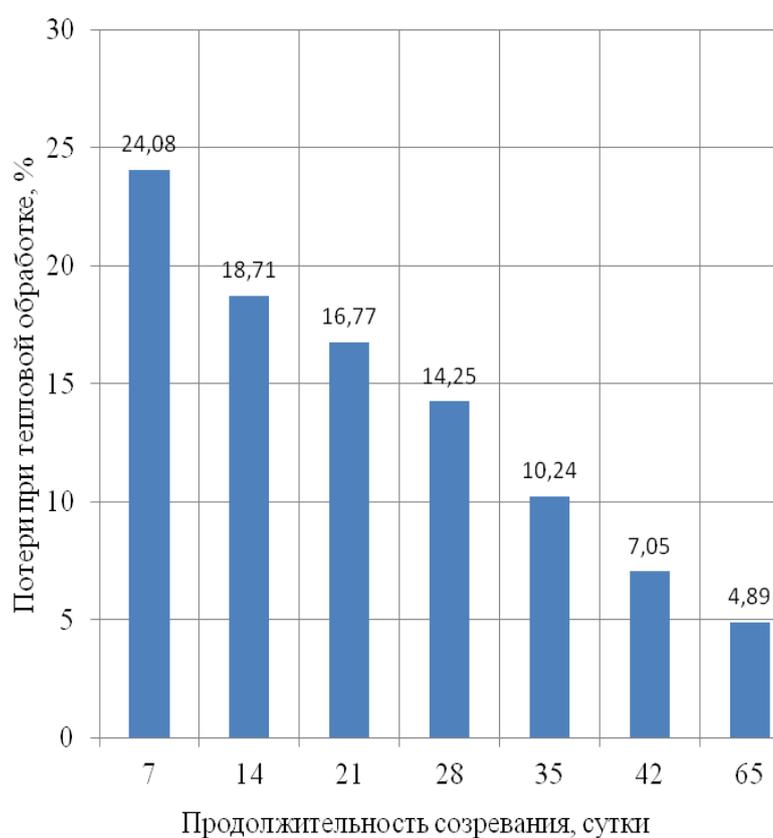


Рисунок 5 – Влияние продолжительности созревания на потери при варке

Полученные данные позволяют утверждать, что потери при варке (%) в сырье сухой выдержке снижаются с увеличением длительности созревания, демон-

стрируя значительные различия между собой ( $p < 0,05$ ). Наиболее низкие потери характерны для сырья со сроком созревания 35 суток и более.

Полученные данные согласуются с результатами определения общей влаги и водосвязывающей способности и подтверждают, что в результате испарения свободной влаги и увеличения прочности связи оставшейся влаги потери при варке существенно снижаются.

В целом по результатам изучения физико-химических показателей наиболее рациональной продолжительностью сухого созревания является 35 суток.

### **3.2 Влияние сухого созревания на цвет высококачественной говядины**

Цвет мяса – один из важных критериев оценки качества мяса, он влияет на технологические свойства сырья, его органолептическую оценку, развитие химических процессов, прежде всего, окисление липидов и другие.

В посмертных мышцах гемовые белки, митохондрии, ферменты, потребляющие кислород, микроорганизмы и окисление липидов конкурируют за доступный кислород. При этом одни процессы способствуют формированию желательной ярко-красной окраски, тогда как другие, напротив, снижают восстановительную активность эндогенных систем, что приводит к образованию метмиоглобина. в результате действия разнонаправленных факторов формируется результирующая окраска свежего мяса. В процессе послеубойного созревания активность восстановительной системы мяса снижается, поэтому следует ожидать увеличения скорости окислительных изменений белков мяса, отвечающих за цвет. В этой связи несомненный интерес представляет изучение изменения пигментов мяса в процессе длительного сухого созревания без защитной упаковки. При исследовании влияния продолжительности сухого созревания на изменение цвета высококачественной говядины использованы методы неразрушающего и химического контроля [57; 58].

Таблица 3 – Влияние продолжительности сухого созревания на цвет высококачественной говядины

Показатель	Продолжительность созревания, сутки							
	1	7	14	21	28	35	42	65
Светлота, L	39,87±0,57	39,05±0,24	38,89±0,74	39,04±0,55	38,57±0,78	38,77±0,71	38,12±0,64	37,11±0,39
Краснота, a	20,14±0,61	20,71±0,36	21,18±0,8	22,15±0,63	24,18±0,26	24,56±0,37	24,15±0,33	23,29±0,84
Синева, b	10,14	10,93±0,63	10,25±0,31	10,64±0,17	11,17±0,43	11,87±0,84	13,07±0,27	14,26±0,80
Степень красноты a/b	1,99	1,89	2,07	2,08	2,16	2,07	1,85	1,63
Насыщенность, S	22,55±0,17	23,42±0,23	23,52±0,15	24,57±0,7	26,64±0,31	27,28±0,11	27,46±0,41	27,31±0,12
Цветовой тон, H	0,4663± 0,053	0,4856± 0,031	0,4507± 0,012	0,4478± 0,027	0,4328± 0,033	0,4502± 0,024	0,4961± 0,031	0,5493± 0,022
Полные цветовые различия, ΔE	–	1,27	1,43	2,23	4,37	4,87	5,81	5,87

В Таблице 3 приведены показатели цвета говядины на разных стадиях сухого созревания в системе CIE Lab. В цветовом пространстве изменение светлоты (L) характеризует интенсивность цвета, обусловленную концентрацией пигментов, но не отражает развитие процессов их окисления. Это позволяют оценить хроматические координаты, отражающие долю «красноты» (a) и долю «синевы» (b) в цветовом стимуле образца.

Как следует из полученных данных, исходное значение светлоты для высококачественной говядины от бычков породы сибирский герфорд составляет в среднем 39,87, что указывает на высокое содержание в ней пигментов. При сухом созревании в течение 21 суток значения этого показателя изменяются незначительно. Для сырья с большим сроком сухого созревания наблюдается тенденция к снижению показателя светлоты, что следует связывать с уменьшением количества влаги и увеличением содержания сухих веществ, в том числе пигментов.

В то же время выявлены существенные изменения в хроматических координатах, прежде всего значение «красноты».

Для исходного сырья «краснота» составляет 20,14 и остается в пределах погрешности метода через 7 суток созревания. Изменения в значении показателя красноты становятся более выраженными через 21 сутки созревания, достигая значений 22,15, и в последующем эта координата постоянно увеличивается. В период сухого созревания от 28 до 65 суток показатель находится в пределах 24,18...23,29. Выявленную зависимость хроматической координаты «a» следует связывать с изменением окислительно-восстановительного состояния миоглобина.

Зависимость «синевы» цветового стимула говядины от продолжительности сухой выдержки заключается в стабилизации показателя в период созревания до 21 суток в пределах 10,14...10,64 а затем она несколько повышается, достигая максимума, равного 14,26, для сырья со сроком созревания 65 суток. Повышение обеих хроматических координат приводит к тому, что цветовой тон или цветовой угол остаются в пределах красной области цветового пространства. При этом цвет сырья со сроком созревания от 21 до 42 суток характеризуется большей насы-

ценностью красного цвета, чем исходное и сырье, выдержанное в условиях сухого созревания 14 суток.

Следует отметить, что изменения хроматических координат не привели к ухудшению результирующего цвета говядины даже при условии увеличения длительности сухого созревания до максимальных 65 суток.

Соотношение координат дает представление об изменении степени красноты. Установлено, что степень красноты сырья начинает снижаться через 28 суток созревания, при этом для сырья со сроком созревания 35 суток показатель сопоставим для говядины ранних сроков созревания. Существенное снижение степени красноты характерно для сырья со сроком созревания 42 суток и далее 65 суток, что вероятно можно объяснить увеличением доли метмиоглобина.

Вариации в исследуемых цветовых показателях и их влияние на результирующий цвет мяса можно выразить через интегральный показатель «полные цветовые различия ( $\Delta E$ )». Считается, что человеческий глаз не способен выявлять различия между сравниваемыми образцами при значении  $\Delta E$  менее 3,0, для красного спектра порог цветовых различий повышается до 4,0. [184].

Как следует из расчетных данных  $\Delta E$ , цвет исходного сырья и говядины со сроком сухого созревания 7, 14 и 21 сутки практически не различается между собой. При увеличении продолжительности до 28 и 35 суток полные цветовые различия увеличиваются, но при этом сопоставимы между собой. Заметные различия в цвете проявляются только для говядины со сроком сухого созревания 42 суток и 65 суток.

Таким образом, по результатам объективного анализа цветовых показателей, воспроизводящих условия восприятия окраски глазом человека, можно утверждать, что сухая выдержка не оказывает негативного влияния на цвет мяса при любом из исследованных сроков созревания, вплоть до 65 суток. Полученные зависимости следует объяснять совокупностью факторов, включая повышение рН, ингибирующее окисление миоглобина, уплотнение микроструктуры мяса и свободной влаги, что приводит к снижению рассеянного и отраженного света, влияющих на результат измерения.

Для подтверждения полученных зависимостей изменения цвета говядины в процессе сухого созревания определяли соотношение форм миоглобина, которое зависит от наличия кислорода, диффузии кислорода в мясо и скорости потребления кислорода митохондриями. Результаты определения соотношения форм миоглобина на разных стадиях сухого созревания приведены на Рисунке 6.

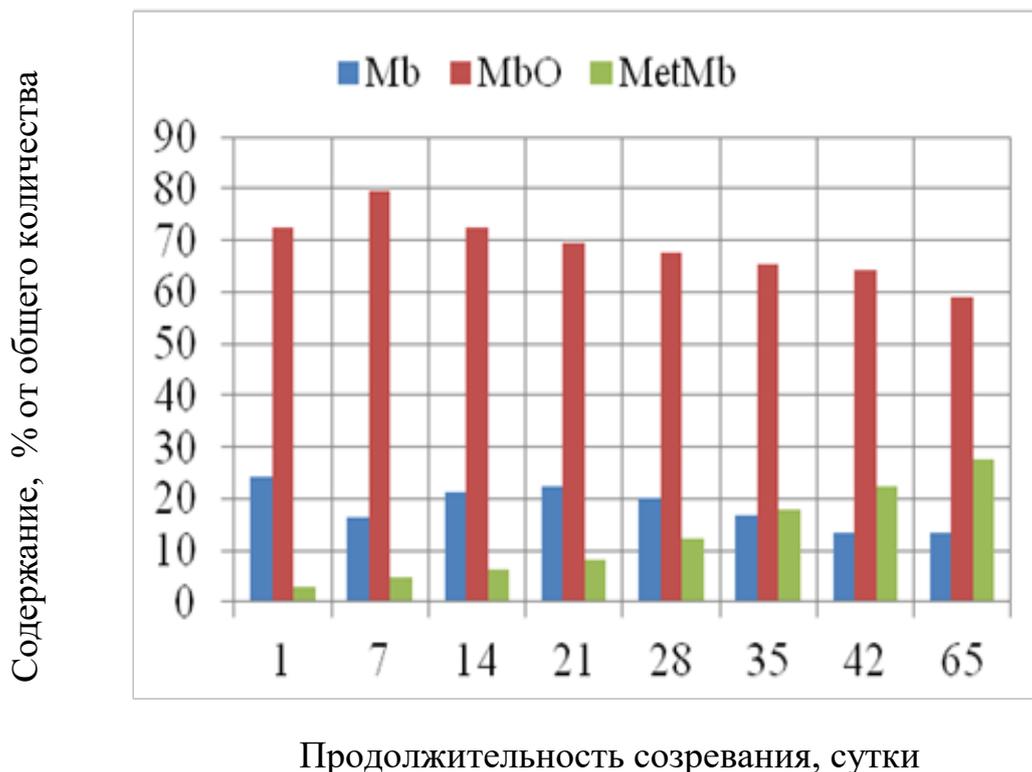


Рисунок 6 – Изменение соотношения форм пигментов высококачественной говядины в процессе сухого созревания

Установлено, что по мере увеличения продолжительности сухого созревания в говядине нарастают окислительные изменения, однако стабильность цвета остается высокой. Об этом свидетельствует снижение доли восстановленного миоглобина при увеличении содержания окси- и метмиоглобина.

Процессы окисления начинают проявляться через 7 суток созревания, что следует объяснять снижением и интенсивности биохимических процессов в митохондриях, и способности мяса к восстановлению окисленных пигментов. Повышение содержания окисленного миоглобина оказывает положительное влияние на

качество цвета, который воспринимается как более яркий. Окисление пигментов с образованием необратимо окисленной формы выявлено при длительности сухого созревания более 35 суток, при этом количество метмиоглобина повышается с 18,0 до 27,6 %. Вместе с тем следует отметить, что пороговое значение в 40 % метмиоглобина, для которого характерно повышение интенсивности коричневого оттенка не было достигнуто в пределах исследованного срока созревания.

Следует отметить, что полученные зависимости изменения форм пигментов косвенно указывают на микробиологическую стабильность говядины длительных сроков сухого созревания.

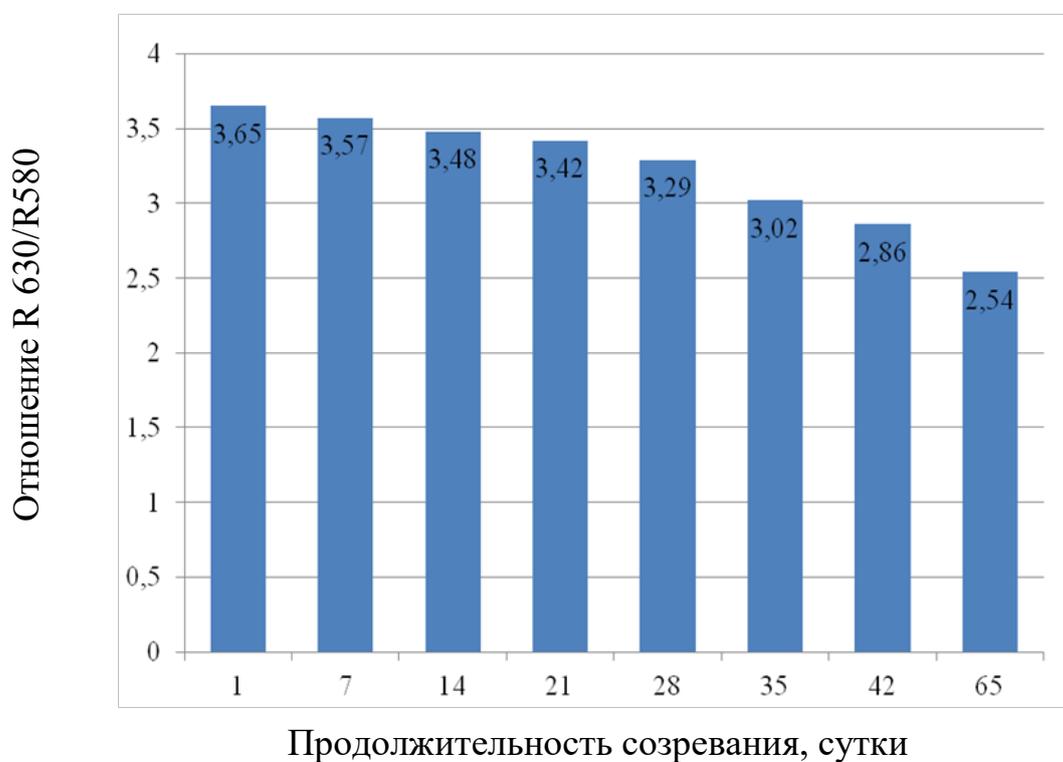


Рисунок 7 – Влияние продолжительности сухого созревания на соотношение мет- и оксимиоглобина (R630/R580)

Образование коричневого цвета на поверхности мяса можно оценить, используя коэффициент отражения при 630/580 нм, отражающего соотношение кси- и метмиоглобина. Развитие окисления приводит к уменьшению разницы в значениях коэффициентов отражения при 630 нм и 580 нм уменьшается, при значении отношения, равном 1, на поверхности мяса присутствует только метмиоглобин

[189]. Поэтому отношение коэффициентов отражения 630/580 нм используется в качестве косвенного показателя образования метмиоглобина (покоричневения) на поверхности мяса.

На Рисунке 7 приведены экспериментальные значения коэффициентов отражения 630/580 нм. Эти результаты подтверждают полученные зависимости в соотношении форм миоглобина и свидетельствуют о незначительных вариациях окраски говядины со сроком сухого созревания до 35 суток, в пределах которого отношение коэффициентов в области мет- и оксимиоглобина изменяется от начального 3,65 до 3,02. В последующем это отношение снижается, но остается в значениях, подтверждающих низкое значение метмиоглобина.

Таким образом, результаты разрушающего и неразрушающего контроля цвета согласуются между собой и доказывают, что мясо сохраняет высокое качество цвета в процессе сухого созревания, в том числе при максимальной продолжительности в 65 суток.

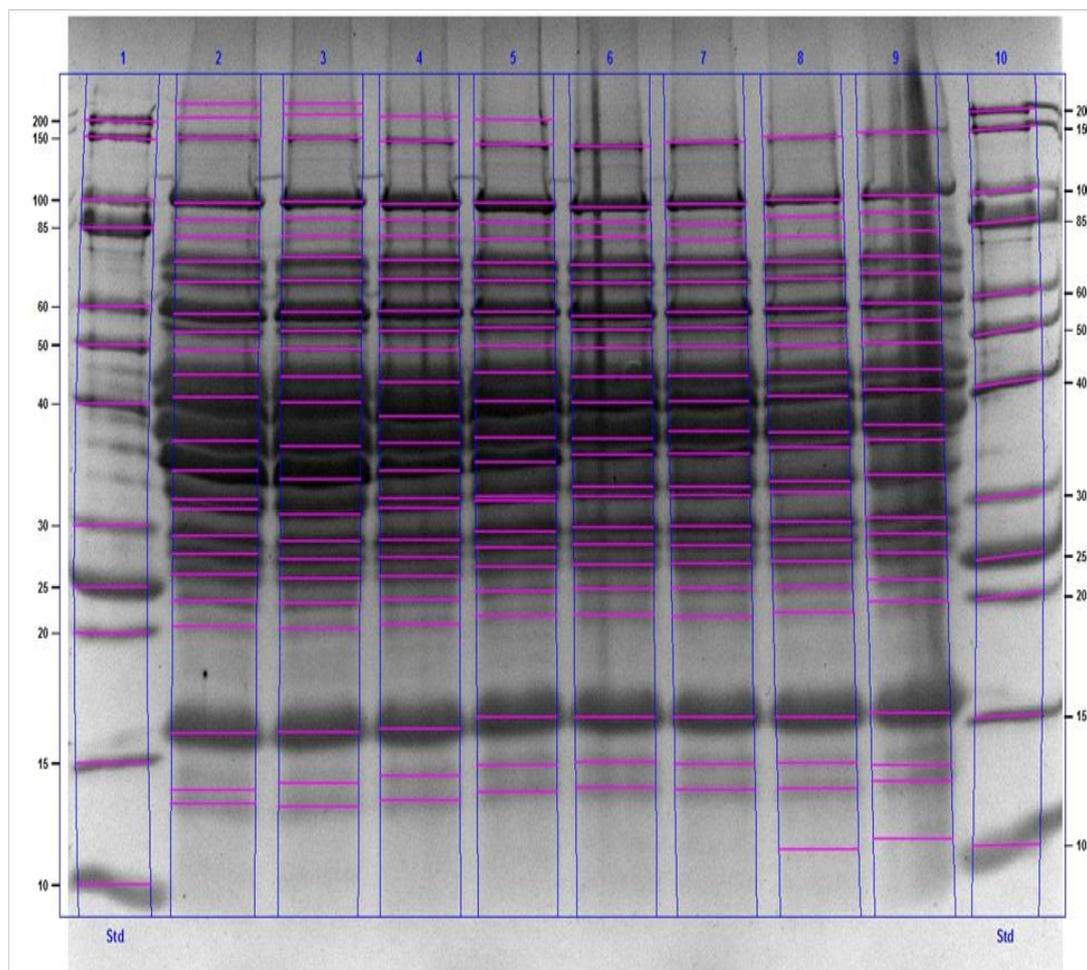
### **3.3 Исследование изменений белков высококачественной говядины в процессе сухого созревания**

В сырье, созревающим без защитной упаковки, активные формы кислорода вызывают перекисное окисление липидов, что, в свою очередь, может привести к развитию окислительных изменений в миофибриллярных белках. Окислению способствует протеолиз белков с образованием свободных аминокислот, в том числе чувствительных к окислению, с образованием карбонильных производных. Развитие процессов окисления белков и протеолиза сопровождается изменением вторичной структуры и гидрофобности поверхности, что может повлиять на функциональные свойства и пищевое качество белка.

Следует отметить, что исследования процессов протеолиза и окисления белков в их взаимосвязи крайне ограничены, в том числе применительно к процессу сухого созревания. Поэтому представляют несомненный интерес, так как позволяют расширить область научных знаний.

С учетом полученных ранее данных, исследования фракционного состава белков выполнены для сырья со сроком созревания 21, 32 и 42 суток в сравнении контрольным образцом, за который принято сырье после 1 суток автолиза.

Результаты исследования протеолиза определением фракционного состава белков высококачественной говядины в зависимости от срока сухой выдержки приведены на Рисунке 8, в Таблице 4, анализ данных и его результаты на Рисунке 9.



1, 10 – маркеры; 2, 3 – контрольный образец; 4, 5 – 21 сутки созревания;  
6, 7 – 35 суток созревания; 8, 9 – 42 суток созревания

Рисунок 8 – Электрофореграмма фракционирования белков высококачественной говядины сухого созревания

Таблица 4 – Фракционный состав белков высококачественной говядины в зависимости от длительности сухого созревания

Фракционный состав белков высококачественной говядины со сроком выдержки, суток											
1 (контроль)			21			35			42		
По- лоса	Молеку- лярная масса	Доля, %	По- лоса	Молеку- лярная масса	Доля, %	По- лоса	Молеку- лярная масса	Доля, %	По- лоса	Молеку- лярная масса	Доля, %
1	250	0,63	1	200	0,44	1	137	4,00	1	144	1,40
2	200	0,29	2	144	2,68	2	93	9,29	2	96	7,68
3	149	3,83	3	96	4,28	3	86	0,61	3	88	0,62
4	98	10,67	4	88	0,56	4	80	0,10	4	79	0,20
5	88	0,87	5	81	0,40	5	70	5,34	5	70	6,19
6	81	0,59	6	72	2,59	6	64	3,30	6	65	4,53
7	73	5,04	7	67	1,60	7	55	8,29	7	56	7,50
8	66	3,67	8	57	2,86	8	52	1,97	8	52	2,50
9	57	9,10	9	52	2,21	9	48	0,41	9	47	0,58
10	53	2,69	10	48	0,46	10	42	5,75	10	42	6,90
11	49	0,42	11	42	9,11	11	39	4,84	11	39	3,26
12	44	5,18	12	38	10,70	12	36	5,56	12	36	6,98



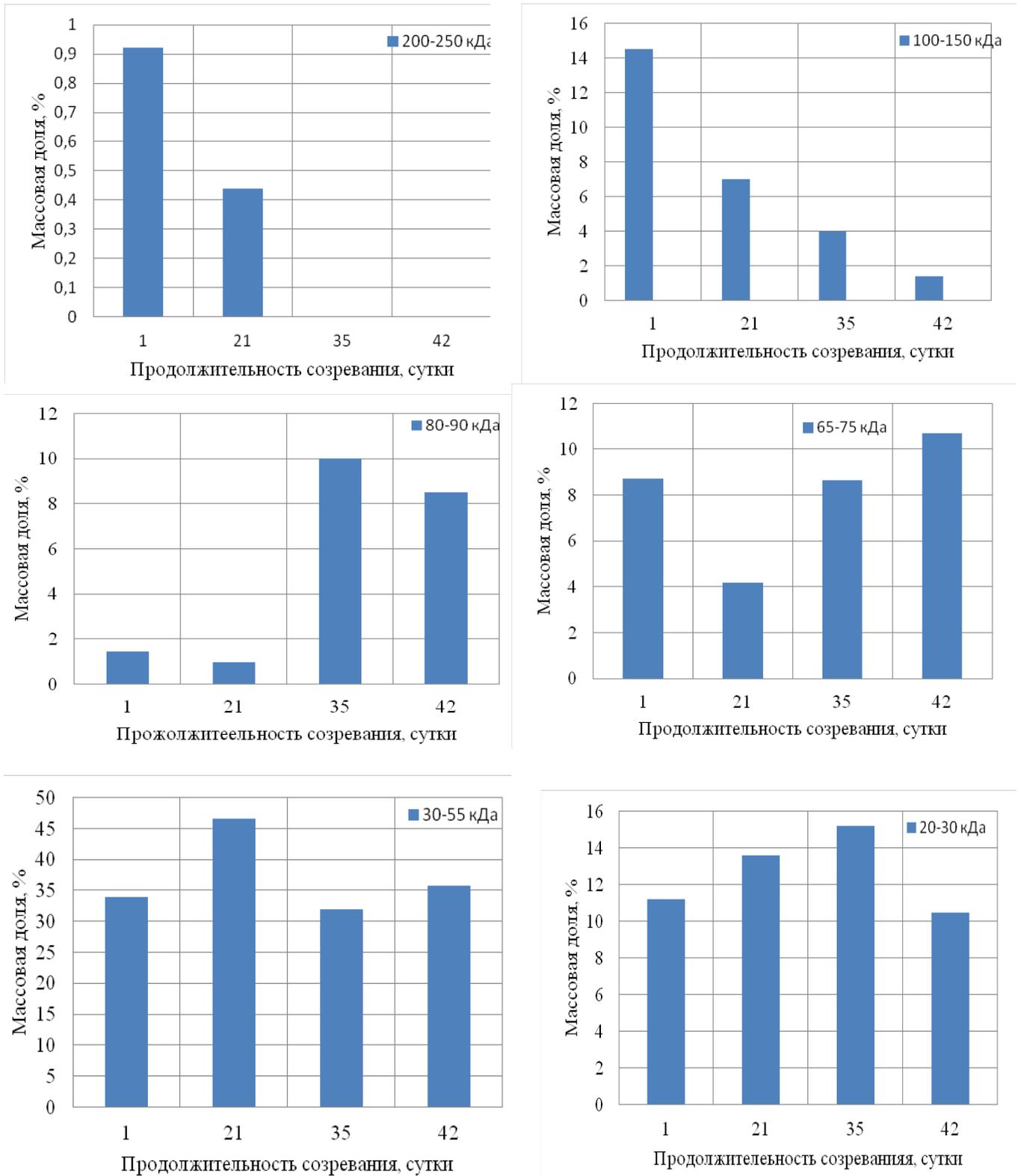


Рисунок 9 – Распределение фракционного состава белков высококачественной говядины в зависимости от продолжительности сухого созревания

Анализ денситометрического профиля позволяет сделать следующие выводы. В образце говядины, направляемой на сухое созревание (контрольный обра-

зец), идентифицированы полосы с молекулярной массой 250–200 кДа, которые относятся к миофибриллярным белкам, и, предположительно, соответствуют тяжелым цепям миозина и парамиозину [27]. В сырье со сроком сухого созревания 21 сутки доля фракции белков с такой молекулярной массой уменьшается до 0,44 %, а в последующем они не идентифицируются, что следует объяснять распадом высокомолекулярных миофибриллярных белков.

Во всех исследуемых образцах говядины сухого созревания выявлены фракции белков с молекулярной массой 150–100 кДа, однако с увеличением продолжительности выдержки их количество снижалось от 14,5 % на начало созревания, до 6,96 % через 21 сутки созревания и далее до 4,0 и 1,4 % через 35 и 42 суток созревания соответственно. Следует отметить, что для сырья со сроками сухого созревания более 21 суток преобладали фракции молекулярной массой около 100 кДа, тогда как фракции массой 150 кДа не выявлены. Наиболее вероятно эти фракции следует рассматривать как растворимые продукты распада высокомолекулярных миофибриллярных белков, а также С-белка и актинина, участвующего в образовании поперечных связей между тонкими филаментами миофибрилл [125; 130]. Уменьшение количества белков этой фракции свидетельствует о нарушении структурной целостности миофибрилл, что приводит к повышению нежности мяса.

По мере увеличения продолжительности созревания выявлены значительные изменения в содержании фракций белков с молекулярной массой 80–90 кДа. Так в говядине со сроком сухого созревания до 21 суток содержание фракции белков с такой молекулярной массой составило 0,96 % и было сопоставимо с содержанием в исходном сырье (1,46 %). Однако по истечении 35 и 42 суток созревания относительное содержание белков этой фракции увеличилось до 10,0 и 8,5 %, соответственно. Увеличение количества белков с молекулярной массой более 70 кДа, наиболее вероятно, свидетельствует о протеолитических изменениях в актомиозиновом комплексе с увеличением свободных миозина и актина.

Также установлено повышение доли фракций белков с молекулярной массой 65–75 кДа. В контролируемые периоды сухого созревания их количество составил

8,71 % (контрольный образец), 4,46, 8,84 и 10,64 % через 21 сутки, 35 суток и 42 суток, соответственно. Из приведенных данных следует, что количество белков этих фракций через 35 и 42 суток созревания увеличилось в 2,1 и 2,6 раза относительно сырья со сроком созревания 21 сутки, соответственно. Интенсивность полос, характеризующих фракцию белков с молекулярной массой 30–55 кДа сопоставима для сырья исследуемых сроков созревания. Вместе с тем для сырья со сроками созревания 35 и 42 суток характерно увеличение интенсивности полос в области 55 кДа. Изменения в этой области следует связывать с деградацией белков цитоскелета, таких как десмина и небулина, состояние и количество которых влияет на прочностные характеристики мяса.

Отличительной особенностью электрофореграмм образцов говядины сухого созревания является повышение фрагментов белков с молекулярной массой от 27 до 30 кДа. Их количество для исходного сырья составляет 7,83 %, для сырья со сроком сухого созревания 21 сутки, 35 суток и 42 суток – 12,51, 13,79 и 8,97 % соответственно. Увеличение этих фракций белков относительно исходного сырья оценивается в 1,60, 1,98 раз и 1,10 раз через 21 сутки, 35 суток и 42 суток сухого созревания, соответственно (Таблица 4). Появление фрагментов массой 27–30 кДа следует объяснять изменением регуляторных миофибриллярных белков, в частности тропомиозина и тропонина, с появлением фрагментов Т-тропонина. Снижение доли фракций белков массой 27–30 кДа на более поздних сроках созревания может быть обусловлено взаимодействием их с другими компонентами сырья.

Появление белковых полос в зоне ниже 20 кДа свидетельствует о накоплении низкомолекулярных фрагментов и является результатом деградации основных мажорных белков. Содержание (масс.%) низкомолекулярных фракций составляет в исходном сырье 29,84 %, в сырье с исследуемыми сроками созревания 26,60, 28,81 и 32,66 %. Эти данные указывают на то, что процесс глубокой деградации белков высококачественной говядины с накоплением низкомолекулярных фракций происходит при длительности сухого созревания 42 суток и более. При этом изменение фракционного состава белков в процессе сухого созревания высо-

кокачественной говядины обусловлено, главным образом, распадом белков цитоскелета и регуляторных, тогда как сократительные белки подвергаются меньшей фрагментации. Это согласуется с известными данными, согласно которым при созревании мяса основная роль отводится кальпаиновой ферментной системе, проявляющей активность в отношении таких белков, как небулин,  $\alpha$ -актинин, тропонин, тропомиозин, С-белок, десмозин.

Исследования фракционного состава белков высококачественной говядины сухого созревания согласуются с результатами определения усилия резания, согласно которым прочностные свойства снижаются вплоть до 35–42 суток выдержки, а далее стабилизируются.

Таким образом, исследование протеолиза белков высококачественной говядины сухого созревания позволяет сделать вывод о том, что с точки зрения изменения белков, влияющих на нежность мяса, продолжительность сухой выдержки должна составлять не менее 35 суток.

Одним из наименее изученных вопросов процесса послеубойного сухого созревания является окисление мышечных белков. Окисление белков происходит под действием активных форм кислорода, специфическими инициаторами окисления в мышечной системе выступают также миоглобин и его производные, продукты окисления липидов, в частности альдегиды. Окисление белков сопровождается различными модификациями нативной структуры белка, включая денатурацию белковых молекул, разворачивание и пептизацию, полимеризацию с образованием белок–белковых и белок–липидных комплексов, образование S–S-мостиков, изменение гидратации и растворимости белков.

Устойчивость белков к окислению зависит от аминокислотного состава, к окислению наиболее чувствительны такие аминокислоты, как цистеин, тирозин, фенилаланин, триптофан, гистидин, пролин, аргинин, лизин и метионин, в том числе к окислению, катализируемому металлами переменной валентности.

Указанные изменения влияют на функциональные свойства белков и их доступность действию ферментов. Принимая во внимание длительность процесса су-

хого созревания, которое сопровождается окислительными изменениями липидов, повышением концентрации сухих веществ, включая гемовые пигменты, исследования степени окислительных изменений белков в таких условиях представляет несомненный интерес, тем более, что такие исследования ограничены.

Степень окисления оценивали по количеству карбонильных соединений, которые являются результатом окислительных модификаций различных аминокислот, и сульфгидрильных групп (Рисунок 10).

Установлено, что в процессе сухого созревания количество карбонильных групп непрерывно увеличивается и происходит неравномерно. В период созревания от начала до 14 суток количество карбонильных соединений увеличилось с 1,6 нмоль/мг белка до 9,5 нмоль/мг белка, или в 5,9 раза, тогда как в период от 14 суток до 35 суток оно увеличилось до 17,9 нмоль/ мг белка или в 1,9 раза. При дальнейшем увеличении продолжительности сухого созревания наблюдается прогрессирующее увеличение числа определяемых карбонильных групп [57].

Увеличение скорости образования окисленных групп аминокислот в начальный момент созревания может быть объяснено достаточно высокой концентрацией активных форм кислорода. По мере образования уплотненного слоя количество диффундируемого в мышечную ткань кислорода снижается, что приводит к замедлению процесса. В увеличении карбонильных групп в сырье с более длительным сроком созревания, вероятно, большее значение начинают приобретать вторичные продукты окисления липидов, количество которых к этому времени увеличивается, а также железо гема.

Кроме того, в сырье с более длительными сроками созревания увеличивается количество свободных кислот, что также способствует образованию карбонильных соединений. К одним из наиболее реакционно-способных групп мышечных белков относятся сульфгидрильные. Уменьшение количества определяемых сульфгидрильных групп обусловлено образованием сульфоновых и дисульфидных групп, что влияет на функциональные свойства мяса.

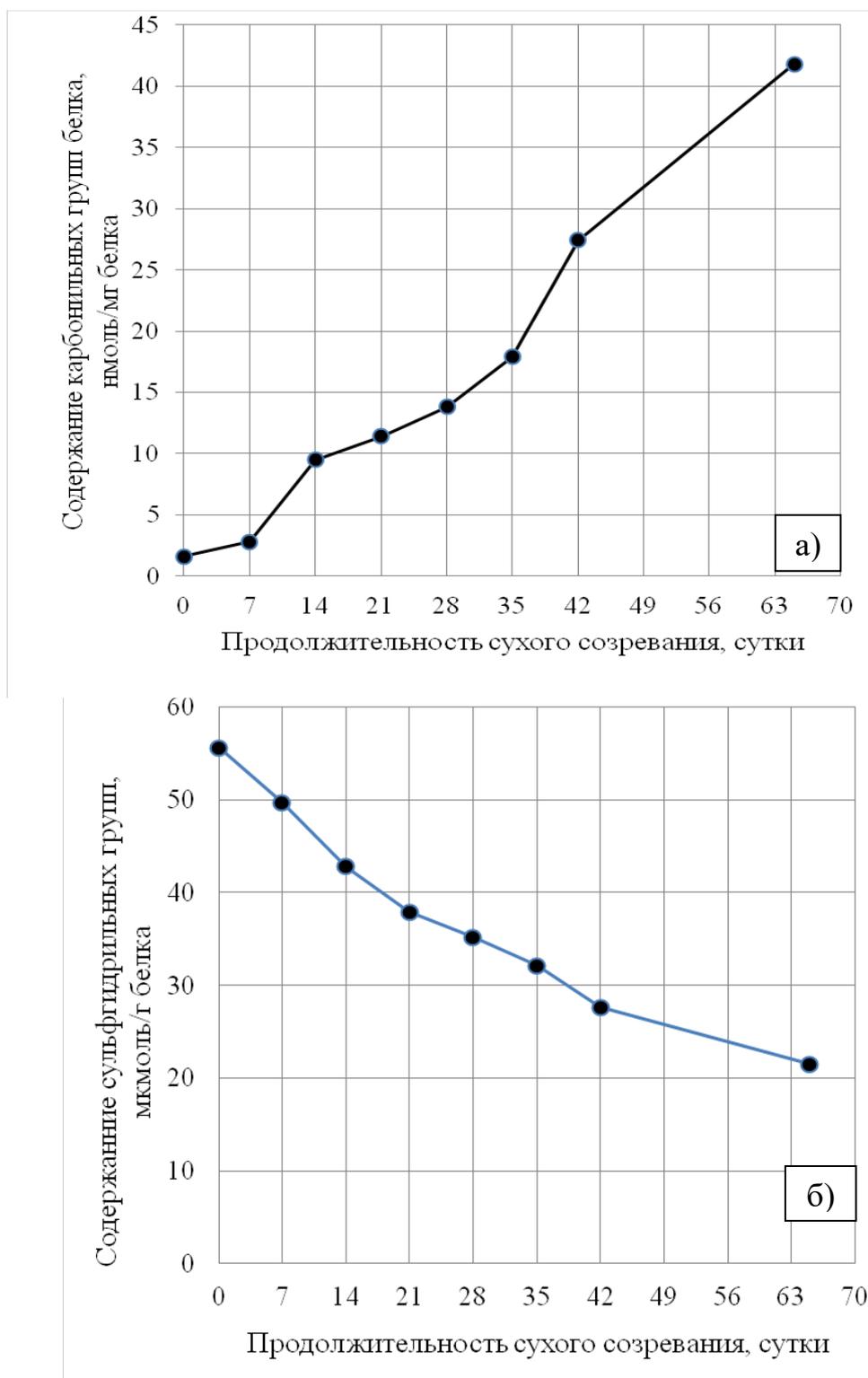


Рисунок 10 – Изменение содержания карбонильных (а) и сульфгидрильных (б) групп миофибриллярных белков говядины при сухом созревании

Динамика сульфгидрильных групп при сухом созревании высококачественной говядины (Рисунок 10) имеет практически линейную зависимость от продолжительности сухого созревания в период от начала процесса и до 42 суток. Сниже-

ние определяемых SH-групп в период созревания 0 до 42 суток через каждую неделю созревания относительно значений в предыдущий период составило 10,6 %, 13,9 %, 11,4 %, 7,1 %, 7,7% и 14,0%.

Полученные данные свидетельствуют о развитии процессов внутри- и межмолекулярного взаимодействия белков. Окисление белка в результате межмолекулярных и внутримолекулярных взаимодействий может, влиять на их конформацию и увеличить поверхностную гидрофобность. Для оценки влияния окисления белков и повышения степени гидрофобности на качество говядины сухого созревания были исследованы такие показатели как растворимость мышечных белков и гидрофобность миофибриллярных белков (Таблица 5).

Таблица 5 – Влияние сухого созревания на растворимость и гидрофобность мышечных белков

Созревание сутки	Растворимость белков, мг/г			Гидрофобность поверхности миофибриллярных белков*
	общая	саркоплазматических	миофибриллярных	
1	169,03	59,71	109,32	12,7
7	171,59	54,89	116,70	15,8
14	178,61	50,47	128,14	18,9
21	184,02	49,51	134,51	24,0
28	187,63	45,60	142,03	27,6
35	192,11	44,25	147,86	30,1
42	171,12	38,60	132,52	38,5
65	156,81	29,12	127,69	42,3
±S	1,04	1,84	1,07	4,1

Примечание \* – мкг связанного бромфенолового синего (БФС)

Установлено, что продолжительность сухого созревания оказывает влияние на растворимость мышечных белков, при этом зависимости, полученные для общей растворимости белков и отдельных фракций отличаются между собой. Увеличение продолжительности выдержки на каждые 7 суток в течение 5-и

недель приводит к повышению общей растворимости белков. Относительно исходного значения увеличение  $\epsilon$  составляет 1,51 %, 5,67 %, 8,87 %, 11,00 %, 13,65 % соответственно. Полученная зависимость обусловлена увеличением растворимости миофибриллярных белков, так как для саркоплазматических она, напротив, непрерывно снижается.

Положительная динамика в растворимости миофибриллярных белков в контролируемые периоды от начала до 35 суток созревания в относительных единицах составляет 6,75 %, 17,2 %, 23,04 %, 29,92 % и 5,25 % соответственно. При увеличении длительности сухого созревания до 42 суток и далее 65 суток растворимость общая, а также миофибриллярных белков начинает снижаться.

При этом общая растворимость белков сырья, созревающего в течение 42 суток, оказалась сопоставимой с показателем для незрелого сырья, а после 65 суток - ниже. В то же время при тенденции к снижению растворимости миофибриллярных белков сырья выдержанного более 42 суток, абсолютное значение показателя оказалось выше, чем в незрелом сырье. Выявленная зависимость в изменении растворимости саркоплазматических белков может быть объяснена потерей влаги и увеличением количества сухих веществ, в том числе солей, которые снижают их гидрофильные свойства [131].

Таким образом, при развитии процессов окисления белков степень их экстрагируемости и доступности остается достаточно высокой даже при длительном сроке сухого созревания, равном 65 суткам, что можно объяснить гидролитическими изменениями белков.

Структурные миофибриллярные белки оказывают большое влияние на нежность и влагоудерживающую способность мяса, поэтому, наряду с оценкой гидрофильности, выполнена оценка гидрофобности поверхности белка, которая позволяет судить о степени денатурационных изменений белков в процессе созревания.

Как следует из данных Таблицы 5, сухое созревание приводит к увеличению гидрофобности миофибриллярных белков. Изменение гидрофобности через каждые 7 суток созревания, относительно предыдущей стадии составляют 24,4;

19,6; 27,0; 15,0; 29,1; 27,9 и 9,9 %. Из этих данных следует, что снижение количества функциональных групп белков происходит достаточно равномерно по мере увеличения длительности созревания. При этом изменение поверхностного заряда миофибриллярных белков становится заметным уже после 14 суток созревания по отношению к последующим срокам выдержки.

Вместе с тем при длительности сухого созревания от 21 до 35 суток говорить о прогрессирующем влиянии длительности выдержки на изменение нативной структуры белка не приходится, показатель гидрофобности в этот период изменяется от 24,0 до 31,1 мг связанного БФС. При сухой выдержке более 35 суток денатурационные изменения становятся более выраженными.

Таким образом, по совокупности показателей, определяющих модификации мышечных белков, обусловленных их окислением, наиболее оптимальной является продолжительность сухого созревания не более 35 суток.

При оценке качества белковой составляющей говядины в процессе сухого созревания было изучено изменение коллагена определением его общего количества и растворимого коллагена (Таблица 6).

Таблица 6 – Изменение коллагена высококачественной говядины в процессе сухого созревания

Созревание, сутки	Общий коллаген, %	Растворимый коллаген, %
1	1,65	0,09
21	1,59	0,36
35	1,67	0,51
42	1,72	0,43
65	1,70	0,48

Установлено, что содержание коллагена по стадиям автолиза изменяется незначительно и полученные значения могут связаны с изменением общего количества сухих веществ. Количество растворимого коллагена начинает увеличиваться к 21 суткам сухого созревания, в растворимую форму переходит 23

% коллагена. В сырье со сроком сухого созревания 35 суток, 42 суток и 65 суток количество растворимого коллагена существенно не увеличивается, оставаясь в пределах от 25 до 30 % от общего количества белка соединительной ткани.

В этой связи при обосновании продолжительности сухой выдержки в зависимости от состояния белковой составляющей ориентироваться необходимо в первую очередь на мышечные белки и связанные с ними функционально-технологические свойства и показатели пищевой ценности.

### **3.4 Исследование влияния сухого созревания на стабильность липидов высококачественной говядины**

Липидная фракция оказывает существенное влияние на вкус и аромат мясного сырья, способствует повышению его нежности и сочности, определяет стабильность свойств при хранении, которое сопровождается деградацией жиров, прежде всего, в результате окисления. Окисление жиров приводит к изменению пищевой ценности и свойств мяса, при этом первоначальные изменения, как правило, приводят к ухудшению качества восприятия, что выражается в изменении цвета, структуры и появлении прогорклого запаха и вкуса, что влияет на приемлемость потребителем, а далее накоплением вредных и токсичных соединений. Окислительные реакции могут повлиять на способность мембран удерживать воду, приводя тем самым к потере влаги в процессе хранения и переработки.

Окислительным изменениям в наибольшей степени подвержены липиды, имеющие в своем составе двойные связи. С увеличением степени ненасыщенности скорость и интенсивность окисления увеличиваются, чему во многом способствуют гемовые пигменты мяса. С составом жирных кислот связывают, в том числе обесцвечивание мяса, при размещении его в освещаемых витринах. Следует ожидать, что условия выдержки и образование корочки на поверхности мяса при сухом созревании будут защищать мясные липиды от окислительных процессов и стабилизировать качество сырья даже при длительной выдержке.

Продукты окисления липидов можно разделить на две основные категории. Это первичные конечные продукты, включая гидропероксиды и сопряженные диены, и вторичные конечные продукты, включая малоновый диальдегид, изофураны, углеводороды, спирты, карбонилы, (альдегиды и кетоны), простагландин и изопростаны и др. Вторичные продукты – основная причина неприятного и прогорклого запаха [123]. На ранних стадиях окисления накапливаются первичные продукты окисления, а на более поздних – вторичные продукты при одновременном снижении первичных. Однако в действительности для разных субстратов и при разных условиях трудно определить, в какой стадии окисления он находится. Поэтому для всесторонней оценки процесса окисления предпочтительным является комбинированное измерение продуктов окисления обеих стадий.

Принятым методом контроля накопления первичных продуктов окисления является перекисное число (ПЧ), характеризующее количество гидроперекисей.

Среди вторичных продуктов, весьма разнообразных по составу, наиболее значимыми являются альдегиды, которые имеют низкий порог обоняния и поэтому вносят основной вклад в развитие запаха. При взаимодействии с белками они образуют вещества, также модифицирующие вкус и запах мяса. Поэтому для контроля вторичных продуктов окисления определяли анизидиновое число (АЧ), которое характеризует количество  $\alpha$ - и  $\beta$ -ненасыщенных альдегидов, в основном 2-алкенали и 2,4-диенали, и тиобарбитуровое число (ТБЧ), которое указывает на содержание продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, в частности малонового альдегида.

Результаты определения ПЧ, АЧ, общего числа окисления (TV) и ТБЧ в процессе сухого созревания высококачественной говядины в течение до 65 суток, приведены в Таблице 7.

Установлено, что в процессе сухого созревания высококачественной говядины без использования защитной упаковки при температуре близкой к 0 °С окисление липидов развивается непрерывно.

Таблица 7 – Показатели окислительной порчи жира высококачественной говядины в процессе сухого созревания

Созревание, сутки	ПЧ, ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг жира	АЧ, у.е.	TV (totox-число)	ТБЧ, мг МА/кг сы-рья
1	1,25±0,04	0,5	3,00	0,12±0,0038
7	1,83±0,02	0,8	4,46	0,16±0,0014
14	2,24±0,02	1,2	5,68	0,28±0,0061
21	3,87±0,03	1,9	9,64	0,42±0,0087
28	5,47±0,06	2,5	13,44	0,48±0,0081
35	6,15±0,01	2,8	15,10	0,52±0,0031
42	7,27±0,02	3,5	18,04	0,67±0,0032
65	8,12±0,03	4,2	20,44	0,98±0,0059

В период выдержки от 14 до 35 суток прирост количества первичных продуктов окисления на каждой из последующих стадий происходил неравномерно и составил 22,40 %, 72,77 %, 41,34 % и 12,43 % относительно предыдущей. Снижение скорости образования перекисей и ее стабилизация выявлено на 35 сутки сухой выдержки. Прирост гидроперекисей через 65 суток созревания относительно предыдущей стадии составил 11,69 %. Это согласуется с результатами определения жирнокислотного состава, согласно которым к 35 суткам и далее увеличивается доля полиненасыщенных кислот, склонных к окислению.

Вместе с тем следует отметить, что при любой из исследованных продолжительностей созревания значения перекисных чисел не достигают величины в 10 ммоль  $\frac{1}{2}$  O активного кислорода, что свидетельствует о достаточной стабильности липидной фракции высококачественной говядины в условиях длительной сухой выдержки, вплоть до максимальной, равной 65 суткам.

Длительный процесс сухого созревания сопровождается образованием непредельных альдегидов как следует из результатов определения анизидинового

числа. Увеличение анизидинового числа оценивается в 60,0 %, 50,0 %, 58,3 %, 31,6 %, 12,0 %, 25,0 % и 20,0 % при увеличении длительности созревания до 65 суток соответственно. Наибольший прирост этих продуктов окисления выявлен в период до 21 созревания, к 35 стука созревания он снижается, а затем вновь увеличивается. Применительно к жиру мясных продуктов этот показатель не имеет нормированного значения, вместе с тем, хорошим считается значение менее 3,0. Такие значения приходятся на период до 35 суток сухой выдержки.

Общая степень окисления жиров характеризуется общим числом окисления (totox-число). Это эмпирический параметр, соответствующий суммированию двух показателей с разными единицами измерения. Totox-число дает более полное представление об уровне окисления животных жиров как с точки зрения накопления первичных, так и вторичных продуктов окисления. В целом значение показателя за весь исследованный период созревания изменялось от 3,00 до 20,44, значения от 12,92 и выше соответствуют периоду более 28 суток созревания.

Из результатов определения анизидинового числа и общей степени окисления следует, что при исследуемых режимах наиболее приемлемая продолжительность сухого созревания составляет 35 суток.

Для окончательного суждения о степени изменения липидов говядины при сухом созревании и его оптимальной продолжительности контролировали тиобарбитуровое число. Увеличение показателя ТБЧ, как правило, свидетельствует о нарастании процессов окисления с образованием вторичных продуктов, влияющих на вкус, запах сырья, его безопасность [114]. Вместе с тем уменьшение показателя ТБЧ в процессе длительного сухого созревания может свидетельствовать о снижении качества сырья в процессе созревания, так как может быть следствием чрезмерного роста микроорганизмов. Это объясняется тем, что реакция малонового альдегида и тиобарбитуровой кислоты может быть ингибирована аминами, которые образуются в результате превращений белков под действием микроорганизмов.

Как следует из полученных данных, к 14 суткам созревания значение ТБЧ составило 0,28 мг МА/кг. За последующие 18 суток созревания ТБЧ увеличивает-

ся и достигает 0,57 мг МА/кг к 35 суткам созревания. В сырье, выдержанном при принятых условиях су в течение 65 суток, величина ТБЧ составила 0,98 мг МА/кг.

Следует сказать, что для ТБЧ, как показателя вторичного окисления, нет законодательно установленного порогового значения. Однако по данным ряда авторов нежелательные оттенки аромата с появлением порока запаха в виде прогорклости проявляются при ТБЧ более 1 мг МА/кг мяса. По другим данным, для говядины сухого созревания предельным значением ТБЧ, на которое рекомендуется ориентироваться, является 2,0-2,28 мг МА/кг сырья [77, 121].

Согласно полученным данным, сухое созревание даже при длительности 65 суток не приводит к превышению содержания вторичных продуктов окисления. Исходя из этого, следует говорить о том, что с точки зрения стабильности липидной фракции, более целесообразным считается сухое созревание в течение не более 42 суток. Принимая во внимание содержание вторичных продуктов, оказывающих влияние на вкусо-ароматические свойства сырья, внутри этого интервала предпочтительнее 35 суток.

### **3.5 Исследование пищевой и биологической ценности высококачественной говядины длительного сухого созревания**

Мясо – важнейший продукт для человека, что обусловлено особенностями химического состава и высокой биологической ценностью. В процессе послеубойного созревания изменениям подвергаются все основные компоненты сырья, что оказывает влияние на пищевую и биологическую ценность, для характеристики которой определяли химический состав, аминокислотный и жирнокислотный состав и их соответствие показателям биологической ценности, усвояемость белков в условиях *in vitro*.

Результаты исследования химического состава говядины от бычков породы герефорд по стадиям сухого созревания приведены в Таблице 8.

Таблица 8 – Влияние продолжительности сухого созревания на химический состав высококачественной говядины

Сухое созревание, сутки	Массовая доля, %				Отношение	
	влаги	белка	жира	зола	влага: белок	белок: жир
1	70,83	19,78	6,92	1,07	3,58	2,86
7	66,81	20,58	10,86	1,15	3,25	1,90
14	65,44	21,07	11,18	1,17	3,11	1,88
21	65,12	21,34	11,77	1,18	3,05	1,81
28	64,59	21,58	12,64	1,21	2,99	1,71
35	64,08	21,73	13,24	1,18	2,95	1,64
42	63,16	21,64	13,66	1,25	2,92	1,58
65	62,05	20,82	14,07	1,27	2,98	1,48
±S, P <0,05	0,68	0,74	0,81	0,11	–	–

Согласно полученным данным, с увеличением продолжительности сухого созревания в сырье снижается массовая доля влаги. Наибольшее снижение выявлено в период до 7 суток сухой выдержки, при этом количество общей влаги снизилось на 4,02 %. В последующем снижение показателя существенно замедлилось, что следует объяснять формированием уплотненного поверхностного слоя. В результате изменения влаги увеличивается содержание сухого остатка, и, как следствие, относительное содержание белка, жира и минеральных веществ.

Установлено, что содержание белка увеличивалось вплоть до 35 суток созревания, хотя говорить о значительном повышении показателя не приходится. В целом к 35 и 42 суткам сухого созревания массовая доля белка увеличилась от 19,78 % в исходном сырье до 21,73 % и 21,64 % соответственно. При увеличении продолжительности сухой выдержки до 65 суток наметилась тенденция к снижению массовой доли белка, которая на момент окончания исследуемого периода

созревания составила 20,82 %. Полученную зависимость можно объяснить, в том числе развитием протеолиза [22].

На фоне увеличения массовой доли белка выявлено увеличение массовой доли жира, в целом, за весь период сухого созревания она увеличилась в 2,0 раза.

По результатам определения химического состава установлены технологически значимые соотношения: вода– белок, белок–жир. Следует отметить, что соотношение воды к белку известно как число Федера (Federzahl), в мясном сырье достаточно постоянно и составляет в среднем около 3,6–3,7. В сырье сухого созревания это соотношение, изменяется от 3,77 в начале процесса до 2,98 для сырья со сроком созревания 65 суток. Следует отметить, что соотношение практически не изменяется для сырья после 21 суток созревания. Полученные данные указывают на повышение плотности сырья и его функциональных свойств.

Качественные показатели мяса во многом зависят от отношения белка к жиру, с повышением доли белка качество мяса повышается. Для говядины со сроком сухого созревания от 14 суток до 42 суток этот показатель изменяется в пределах 2,18–1,48, прогрессирующее снижение показателя выявлено после 35 суток созревания.

Наряду с увеличением основных компонентов, при сухом созревании увеличивается количество минеральных веществ, среди которых присутствуют биологически значимые.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при сухом созревании можно регулировать пищевую ценность и соотношение основных компонентов, при этом лучшие показатели соответствуют 28-35 суткам.

Наряду с определением общего химического состава выполнена оценка пищевого качества жировой и белковой составляющей. Следует отметить, что исследования жирнокислотного состава говядины с высоким содержанием внутримышечного жира представлены недостаточно, особенно в отношении процесса сухого созревания при продолжительности более 28 суток, поэтому представляют несомненный интерес. Это объясняется тем, что жирнокислотный профиль ока-

зывает влияние на вкусо-ароматические свойства сырья, срок годности, технологические свойства.

Жирнокислотный состав высококачественной говядины от сибирского герефорда и его изменения при сухом созревании на трех этапах созревания, а именно, 14, 35 и 65 суток приведены в Таблице 9.

Таблица 9 – Жирнокислотный состав говядины сухого созревания

Жирная кислота	Содержание, % к общему количеству при созревании в течение		
	14 суток	35 суток	65 суток
1	2	3	4
<i>Насыщенные жирные кислоты (НЖК)</i>			
Масляная (бутановая) C4:0	<0,1	<0,1	<0,1
Капроновая (гексановая) C6:0	<0,1	<0,1	<0,1
Каприловая (октановая) C8:0	<0,1	<0,1	<0,1
Каприновая (декановая) C10:0	<0,1	0,1±0,4	0,1±0,4
Дециловая C10:1	<0,1	<0,1	<0,1
Ундециловая (ундекановая) C11:0	<0,1	<0,1	<0,1
Лауриновая (додекановая) C12:0	<0,1	<0,1	0,1±0,4
Тридециловая (тридекановая) C13:0	<0,1	<0,1	<0,1
Миристиновая (тетрадекановая) C14:0	2,9±0,4	2,8±0,4	3,5±0,4
Пентадециловая (пентадекановая) C15:0	0,3±0,4	0,4±0,4	0,9±0,4
Пальмитиновая (гексадекановая) C16:0	29,9±2,1	27,9±0,4	29,9±2,1
Маргариновая (гептадекановая) C17:0	0,9±0,4	1,1±0,4	1,7±0,4
Стеариновая (октадекановая) C18:0	13,3±0,9	21,4±1,5	22,5±1,6
Арахиновая (эйкозановая) C20:0	<0,1	0,2±0,4	0,2±0,4
Генэйкоциловая (генэйкозановая) C21:0	<0,1	<0,1	<0,1
Бегеновая (докохановая) C22:0	<0,1	0,1±0,4	0,1±0,4
Лигноцериновая (тетракозановая) C24:0	<0,1	<0,1	<0,1
<i>Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)</i>			
Миристолеиновая (цис-9-тетрадеценивая) C14:1	0,5±0,4	0,4±0,4	0,4±0,4
Пентадеценивая (цис-10-пентадеценивая) C15:1	<0,1	<0,1	<0,1
Пальмитолеиновая (цис-9-гексадеценивая) C16:1	4,5±0,4	2,3±0,4	2,3±0,4

Продолжение Таблицы 9

1	2	3	4
Маргариноолеиновая (гептадеценовая) C17:1	0,7±0,4	0,5±0,4	0,6±0,4
Олеиновая (цис-9-октадеценовая) C18:1	43,1±2,1	38,7±2,1	30,5±2,1
Элаидиновая (транс-9-октадеценовая) C18:1	0,2±0,4	0,5±0,4	0,2±0,4
Вакценовая (транс-11-октадеценовая) C18:1	0,5±0,4	0,9±0,4	2,7±0,4
Вакценовая (цис-11-октадеценовая) C18:1	1,8±0,4	1,0±0,4	0,9±0,4
Эйкозеновая (гондоидиновая) C20:1	0,2±0,4	0,1±0,4	0,1±0,4
Эруковая (цис-13-докозеновая) C22:1	<0,1	<0,1	<0,1
Нервоновая (селахолевая) C24:1	<0,1	<0,1	<0,1
<i>Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)</i>			
Линолевая (цис, цис-9,12 октадекадиеновая) C18:2	0,7±0,4	1,1±0,4	1,6±0,4
Линоэладиковая C18:2	0,1±0,4	0,1±0,4	0,1±0,4
α-Линоленовая (цис, цис, цис-9,12,15-октадекатриеновая) C18:3	0,4±0,4	0,4±0,4	1,1±0,4
γ-линоленовая (цис, цис, цис-6,9,12-октадекатриеновая) C18:3	<0,1	<0,1	<0,1
Эйкозодиеновая (цис, цис-11,14-эйкозодиеновая) C20:2	<0,1	<0,1	<0,1
Эйкозотриеновая (цис, цис, цис-8,11,14-эйкозотриеновая) C20:3 n6	<0,1	<0,1	<0,1
Эйкозатриеновая (цис, цис, цис-11,14,17-эйкозатриеновая) C20:3 n3	<0,1	<0,1	<0,1
Арахидоновая (цис-5,8,11,14-эйкозатетраеновая) C20:4	<0,1	<0,1	<0,1
Эйкозопентаеновая (тимнодоновая) C 20:5	<0,1	<0,1	<0,1
Докозодиеновая (цис, цис,-13,16-докозодиеновая) C22:2	<0,1	<0,1	0,2±0,4
Цевроновая (докозагексаеновая) C22:6	<0,1	<0,1	<0,1
Андреновая (докозатетраеновая) C22:4	<0,1	<0,1	<0,1
Клупанодоновая (докозопентаеновая) C22:5	<0,1	<0,1	<0,1
∑ НЖК	47,3	54,0	59,0
∑ МНЖК	51,5	44,4	37,7
∑ ПНЖК	1,2	1,6	3,0
МНЖК/НЖК	1,09	0,82	0,64

Продолжение Таблицы 9

1	2	3	4
n6	0,8	1,2	1,7
n3	0,4	0,4	1,1
n6/ n3	2,0	3,0	1,54
AI	0,79	0,85	1,08
ИТ	1,57	1,93	2,29

Установлено, что в составе жирных кислот говядины от бычков герефордской породы зернового откорма мононенасыщенных кислот больше, чем насыщенных - 51,50 % и 47,35 %, соответственно. Эти данные отличаются от известных, согласно которым соотношение насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот в говядине сопоставимы и могут быть объяснены более высоким содержанием внутримышечного жира, в котором высока доля ненасыщенных кислот.

Увеличение продолжительности сухого созревания до 35 и далее 42 суток приводит к увеличению доли насыщенных (НЖК) и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), при снижении мононенасыщенных (МНЖК) кислот. Отношение МНЖК/НЖК уменьшается от 1,09 до 0,82 и 0,64, соответственно. Прирост НЖК связан с увеличением содержания пальмитиновой и стеариновой кислот, которые преобладают в составе жира говядины, а также миристиновой и маргариновой. В незначительных количествах выявлены кислоты каприновая и арахидиновая. На любой из стадий сухого созревания среди насыщенных жирных кислот не выявлены низкомолекулярные жирные кислоты с числом углеродных атомов C4...C8 [57].

Среди мононенасыщенных жирных кислот преобладает олеиновая, содержание которой в сырье со сроком сухой выдержки 14 суток составляет 43,1 %, а к 35 суткам созревания уменьшается до 38,7 %. Через 65 суток сухого созревания доля кислоты уменьшается до 30,5 %, что может быть связано с окислением МНЖК. Это находит свое отражение в соотношении МНЖК : НЖК, которое в исследованные периоды сухого созревания говядины снижается от 1,09 до 0,82 и 0,64, соответственно.

Соотношение ПНЖК : НЖК через 14 суток, 28 суток и 65 суток сухого созревания составило 0,02, 0,03 и 0,05, что с точки зрения рационального питания существенно ниже рекомендуемого, равного 0,4. Однако следует отметить, что с увеличением продолжительности сухой выдержки соотношение названных кислот улучшается. Прирост полиненасыщенных жирных кислот происходит, главным образом, при сухом созревании более 35 суток. Выявленное увеличение ПНЖК происходит за счет  $\alpha$ -линоленовой кислоты (C18:3). С повышенным содержанием этой кислоты связывают появление неприятных привкусов при тепловой обработке сырья, обусловленного ее взаимодействием с летучими соединениями.

Для характеристики пищевого качества жировой ткани говядины сухого созревания использовано соотношение n-6/n-3 жирных кислот, индекс атерогенности (А) как показатель, указывающий на соотношение суммы насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, индекс тромбогенности (ИТ), который определяется соотношением протромбогенных (насыщенных жирных кислот) и антитромбогенных (моно и полиненасыщенные жирные кислоты). Индексы рассчитывались в соответствии с уравнением T.L. Ulbricht, D.A. Southgate [189], имеющем вид:

$$AI = \frac{(12:0+14:0 \times 4+16:0)}{(МНЖК+n-6 ПНЖК+n-3 ПНЖК)} \quad (11)$$

$$ИТ = \frac{(14:0 + 16:0 + 18:0)}{(0,5 \times МНЖК + 0,5 \times n - 6 ПНЖК + 3 \times n - c ПНЖК) + \left(\frac{n - 6 ПНЖК}{n - 3 ПНЖК}\right)} \quad (12)$$

Результаты расчетов приведены в Таблице 9. Из расчетных данных следует, что соотношение n6/n3 жирных кислот в говядине особенно после 35 суток созревания близко к оптимальному (4,0), при увеличении срока созревания до 65 суток отношение снижается до 1,54. Среди жирных кислот одними из наиболее атерогенных агентов являются миристиновая и пальмитиновая, тогда как стеариновая считается нейтральной в отношении атерогенности, но вместо этого считается тромбогенной [151]. Установлено, что содержание миристиновой кислоты к 35 суткам созревания снижается, а к 65 увеличивается, тогда как пальмитиновой кислоты по

стадиям созревания практически не изменяется. В то же время доля стеариновой кислоты по стадиям созревания увеличивается, особенно в период до 35 суток созревания. Из полученных данных следует, что с увеличением продолжительности сухого созревания значения индексов повышаются.

Ненасыщенность жира характеризует йодное число, значения показателей по стадиям созревания приведено в Таблице 10.

Таблица 10 – Значения йодных чисел жировой фракции высококачественной говядины в зависимости от длительности сухого созревания

Кислота	Говядина со сроком созревания, суток					
	14	35	65	14	35	65
	массовая доля, %			йодное число		
Пальмитоолеиновая 16:1	4,5	2,3	2,3	43,04	34,21	38,56
Олеиновая 18:1	43,1	30,5	38,7			
Линолевая 18:2	0,7	1,6	1,1			
α-линоленовая 18:3	0,1	1,1	0,4			
Эйкозеновая 20:1	0,2	0,1	0,1			
Эруковая 22:1	0,1	0,1	0,1			

Полученные данные подтверждают, что с увеличением продолжительности сухого созревания степень ненасыщенности жировой части высококачественной говядины снижается при созревании до 35 суток, но в последующем начинает повышаться, однако не достигает значения исходного сырья.

В целом полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что сухая выдержка не приводит к улучшению показателей биологической ценности липидной фракции говядины, которые и для исходного сырья существенно отличались от оптимальных, но способствует повышению устойчивости липидов к окислению.

Для характеристики биологической ценности белковой составляющей был изучен аминокислотный состав на начало созревания и через 42 суток выдержки (Таблица 11).

Таблица 11 – Аминокислотный состав высококачественной говядины сухого созревания

Аминокислота	Эталон ФАО/ВОЗ, г/100 г белка	Содержание аминокислот %, при созревании	
		1 сутки	42 суток
Аспарагиновая кислота	–	6,23±1,4	5,68±1,3
Глутаминовая кислота	–	10,53±2,4	12,98±1,3
Оксипролин	–	1,32±0,3	0,87±0,2
Серин	–	1,77±0,4	1,05±0,2
Глицин	–	2,92±0,6	2,88±0,6
Гистидин	1,6	5,01±1,1	5,33±1,2
Аргинин	–	4,86±1,1	4,66±1,1
Триптофан	0,66	1,31±0,3	1,23±0,2
Треонин	2,5	4,06±0,9	3,95±0,9
Аланин	–	6,64±1,5	4,40±1,0
Пролин	–	5,43±1,2	3,81±0,8
Тирозин	–	5,08±1,1	5,02±1,1
Метионин	2,3	2,71±0,6	3,32±0,7
Цистин		1,58±0,4	1,34±0,2
Валин	4,0	3,03±0,7	3,30±0,3
Изолейцин	3,0	2,78±0,6	3,72±0,8
Лейцин	6,1	5,02±1,0	7,97±1,6
Фенилаланин	4,1	7,17±1,6	7,63±1,7
Лизин	4,8	5,45±1,2	5,47±1,2
Итого незаменимых:	29,06	38,12	43,28

Из экспериментальных данных следует, что сырье, которое поставили на созревание, характеризуется высокой пищевой ценностью. Общее количество незаменимых аминокислот составляет 38,12 г/100 г белка, в эталонном - 29,06 г/100

г белка [25]. Выдержка в течение 42 суток приводит к повышению биологической ценности. Суммарное количество незаменимых аминокислот увеличилось до 43,28 г/100 г белка. Прирост незаменимых аминокислот происходит за счет изолейцина, лейцина, метионина, фенилаланина, гистидина. В то же время содержание триптофана, треонина, тирозина несколько снижается в процессе созревания. Общее количество аминокислот по истечении 42 суток созревания сопоставимо со значением на начало процесса.

Аминокислоты, наряду с другими продуктами, участвуют в формировании вкуса и аромата мяса. При этом аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота отвечают за формирование мясного вкуса, аминокислоты глицин, аланин, треонин, серин и пролин участвуют в формировании сладкого вкуса. Особые вкусо-ароматические свойства придают такие аминокислоты, как метионин, лизин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, тирозин, валин. Анализ изменения соотношения названных групп аминокислот позволяет сделать следующие выводы.

Общее количество аминокислот, отвечающих за мясной вкус, увеличилось с 16,76 до 18,66 г/100 г. Количество аминокислот, участвующих в формировании выраженных вкусо-ароматических свойств созревшего мяса увеличилось от начального 31,24 до 36,43 г/100 г белка. Одновременно, количество аминокислот, отвечающих за сладкий вкус, снизилось к 42 суткам созревания с 20,82 до 16,09 г/100 г белка.

Для характеристики пищевой ценности высококачественной говядины разных сроков сухого созревания выполнены тестовые исследования усвояемости белков в условиях *in vitro*, путем моделирования желудочного (пепсин, рН 2,2) и кишечного (трипсин, рН 8,4) пищеварения. Для переваривания использовали образцы, зачищенные от поверхностного слоя и запаянные в вакуумную пленку и подвергнутые варке на водяной бане до температуры кулинарной готовности ( $70 \pm 2^\circ\text{C}$ ). После охлаждения образцы гомогенизировали и помещали в «искусственный желудок». Степень гидролиза контролировали определением низкомолекулярных продуктов, прошедших через полупроницаемую мембрану (Таблица 12).

Таблица 12 – Степень переваримости белков высококачественной говядины в зависимости от степени сухого созревания

Созревание, сутки	Переваримость, мг тирозина/г белка при воздействии				
	пепсина		трипсина		суммарная
	1 час	3 часа	1 час	3 часа	
1	3,63±0,17	4,43±0,23	4,41±0,44	6,15±0,21	10,58±0,61
7	4,87±0,23	5,61±0,25	4,58±0,14	6,87±0,29	12,48±0,48
14	5,45±0,36	6,05±0,51	5,06±0,21	7,04±0,30	13,09±0,31
28	6,63±0,25	8,45±0,18	7,07±0,31	12,23±0,11	20,68±0,44
42	7,54±0,16	10,63±0,38	9,18±0,29	16,12±0,24	26,75±0,18
65	8,16±0,31	10,21±0,63	12,98±0,30	17,33±0,26	27,54±0,23

Эти данные свидетельствуют о повышении доступности белков говядины сухого созревания действию пищеварительных ферментов с увеличением длительности послеубойной выдержки. Так, для говядины, созревающей 7 суток, общее количество продуктов гидролиза, установленное по количеству тирозина, составило 12,48 мг/г белка. При увеличении продолжительности сухого созревания до 14 суток количество продуктов гидролиза увеличивается незначительно, а именно в 1,05 раза. Для говядины со сроком созревания 4 и 6 недель количество продуктов гидролиза белков увеличилось в 1,24 и 1,13 раза, соответственно.

Из приведенных данных следует, что для эффективного повышения усвояемости белков сухая выдержка должна быть не менее 28 суток. Дальнейшее увеличение срока созревания по-прежнему повышает доступность белков действию пищеварительных ферментов, но в меньшей степени. В целом через 42 суток созревания доступность белков говядины увеличилась в 2,52 раза, а через 65 суток созревания – в 2,60 раза.

Полученные данные согласуются с результатами электрофоретических исследований и могут быть объяснены увеличением фрагментов белка меньшей молекулярной массы. Повышение степени доступности можно объяснить также уве-

личением рН сырья в процессе созревания, а также умеренной модификацией белков при окислении, что способствует раскрытию его структуры.

Результаты определения продуктов гидролиза свидетельствуют о лучшей перевариваемости белков говядины любого из сроков созревания ферментом трипсином. Это следует объяснять появлением крупных белков в результате действия пепсина, которые в последующем фрагментируются по концевым группам и внутренним пептидным связям с увеличением количества определяемых продуктов гидролиза.

Таким образом, результаты исследования химического состава, жирнокислотного и аминокислотного профиля, а также степени усвояемости белков свидетельствуют о том, что сухая выдержка способствует повышению пищевой и биологической ценности говядины. Увеличение продолжительности сухого созревания приводит к увеличению степени доступности белков действию пищеварительных ферментов, и как следствие, их усвояемости.

### **3.6 Исследование показателей безопасности высококачественной говядины сухого созревания**

При оценке безопасности говядины сухого созревания определяли микробиологические и санитарно-гигиенические показатели (загрязнители). Перечень контролируемых микробиологических показателей был расширен, относительно принятого, за счет определения микроорганизмов, вызывающих порчу - гниение, плесневение, кислое брожение. Исследования выполнены в отношении сырья с максимальным сроком созревания – 65 суток. Пробы для исследования взяты из внутренних слоев после зачистки отруба от поверхностной корки (Таблица 13).

Согласно полученным данным, общая популяция микроорганизмов в исследуемом сырье не превышает  $3,2 \times 10^2$ , что меньше нормативного значения. При этом в сырье не обнаружены патогенные микроорганизмы, не превышен норматив по микроорганизмам БГКП [39].

Таблица 13 – Показатели безопасности говядины сухого созревания (65 суток)

Показатель	Результат	Норматив
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$3,1 \times 10^2$	не более $1 \times 10^3$
Патогенные, в том числе сальмонеллы, в 25 г	н/о	н/д
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	н/о	н/д
БГКП (колиформы), в 0,1 г	н/о	н/д
Бактерии рода <i>Proteus</i> , в 0,1 г	н/о	–
Дрожжи, КОЕ/г	$< 1 \times 10^1$	–
Плесени, КОЕ/г	$< 1 \times 10^1$	–
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г	$< 1 \times 10^1$	–
Токсичные элементы, мг/кг, не более		
свинец	$< 0,5$	0,5
кадмий	$< 0,05$	0,05
мышьяк	$< 0,1$	0,1
ртуть	$< 0,03$	0,03
Примечание: н/о – не обнаружено; н/д – не допускается		

Содержание дрожжей и грибов не превышает  $1 \times 10^1$ , содержание молочнокислых микроорганизмов не превышает  $4 \times 10^1$  микробных клеток. Бактерии рода *Proteus* не обнаружены.

Исследованные гигиенические показатели не превышают нормативных значений. Результаты исследований микробиологических и гигиенических показателей свидетельствуют о том, что принятые условия и продолжительность созревания высококачественной говядины позволяют получить безопасный продукт даже при длительном созревании, равном 65 суткам.

## **ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ГОВЯДИНЫ СУХОГО СОЗРЕВАНИЯ**

Практической реализацией выполненных исследований явилось обоснование условий хранения высококачественной говядины в зависимости от способа упаковки и частных технологий изделий из высококачественной говядины сухого созревания.

### **4.1 Разделка высококачественной говядины сухого созревания с выделением полуфабрикатов**

Поясничный отруб высококачественной говядины после окончания процесса сухого созревания передают на разделку с выделением натуральных полуфабрикатов и последующего хранения. Технология изготовления полуфабрикатов, начиная с момента получения мяса на линии первичной переработки, следующая.

Парное сырье от убоя в виде полутуш или четвертин помещают в холодильную камеру и выдерживают при температуре  $+4^{\circ}\text{C}$  не менее 24 часов. После этого полутуши (четвертины) разделяют на отруба. Для сухого созревания с последующим выделением натуральных премиальных полуфабрикатов предназначен поясничный отруб без реберной части. Масса отруба – до 7 кг в зависимости от массы туши. Границы выделения отруба: передняя – между шестым и седьмым грудными позвонками; задняя – между последним (шестым) поясничным и первым крестцовым позвонками, по переднему (краниальному) краю подвздошной кости (маклока); нижняя – параллельно позвоночному столбу в 75 мм от тел позвонков.

Подготовленные отруба размещают в камере сухого созревания на перфорированных полках с расстоянием между ними не менее 10 см с прилеганием их к полке по границе позвоночного распила. В процессе созревания с периодичностью 1 раз в 10 дней отруба перекалывают с нижних полок на верхние. Созрева-

ние выполняется при контроле влажности 75–78 %, температуры 0...+1 °С при постоянной циркуляции и очистке воздуха, продолжительность созревания 35 суток. Камеры снабжены вентиляционной системой с фильтрацией воздуха через угольный фильтр и бактерицидными лампами.



Рисунок 11- Размещение отрубов в камерах сухого созревания

Созревшие отруба направляют на зачистку от плотной поверхностной корочки, которая образуется в процессе созревания и достигает толщины до 2 см.

Зачищенные отруба для облегчения процесса обвалки и повышения качества зачистки подвергают распиловке на ленточных пилах на стейки толщиной 2–4 см. Обвалку производят вручную, удаляя кость, а затем зачищают для придания товарного вида. При жиловке жир, оставшийся от рёберного отруба, удаляют. Допустимое остаточное содержание прикрепленного жира на стейке не должно превышать 20 мм. В результате обвалки, жиловки и зачистки с выделением тримминга получают куски, предназначенные для бескостных порционных полуфабрикатов. Их нарезают на стейки толщиной 20–40 мм. Зачистку, распиловку и последующие операции выполняют в сырьевом отделении, температура в помещении (10-12) °С.



Рисунок 12 – Полуфабрикат из поясничной части отруба

Разделанное сырье в виде полуфабрикатов подлежит упаковке, маркировке и хранению в охлажденном виде.

#### **4.2 Влияние способа упаковки на качество и безопасность полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания в процессе холодильного хранения**

Несмотря на увеличение объемов производства говядины сухого созревания, исследования об изменениях, происходящих при последующем хранении, весьма ограничены, вследствие чего отсутствуют конкретные рекомендации по упаковке и хранению продукции из такого сырья.

В связи с этим были выполнены исследования влияния способа упаковки, температуры и продолжительности хранения на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания.

Исследованы два способа хранения: хранение в аэробных условиях с нанесением на поверхность съедобного покрытия на основе хитозана; хранение в анаэробных условиях с упаковкой под вакуумом в многослойную пленку на основе полиамида, полиэтилена и модифицированного полиолефина с предварительным нанесением съедобного покрытия или без него.

Для полуфабрикатов аэробного хранения определение физико-химических показателей выполняли на начало хранения, а также после 3, 5 и 7 суток хранения при температуре 0...+4 °С. Для полуфабрикатов анаэробного хранения контроль показателей выполняли на начало хранения, а также в динамике после 7, 14, и 21 суток хранения.

В Таблице 14 приведены результаты исследования влияния пленкообразующего покрытия разработанного состава на физико-химические свойства полуфабриката из говядины сухого созревания (опыт) в процессе холодильного хранения в отношении полуфабриката без покрытия (контроль). Согласно полученным данным, рН охлажденного полуфабриката с покрытием остается на уровне 5,80, против 6,15 для контрольного на момент окончания срока хранения, при этом динамика повышения показателя по отдельным стадиям менее выражена. Это указывает на большую стабильность при хранении. Потери массы опытных образцов в процессе хранения оказались меньше, что способствует повышению в них массовой доли влаги.

Таблица 14 – Влияние пленкообразующего покрытия качество полуфабриката из говядины сухого созревания при хранении (температура +4 °С)

Сутки	рН		Массовая доля влаги, %		Потери %		Летучий азот, мг %		Органолептика, баллы	
	К	О	К	О	К	О	К	О	К	О
1	5,61 ±0,05	5,51 ±0,04	64,17 ±0,21	64,28 ±0,12	2,05	1,69	34,9	32,8	9,0	9,0
3	5,68 ±0,06	5,62 ±0,02	62,94 ±0,44	63,97 ±0,15	1,93	1,48	53,4	44,7	8,0	8,0
5	5,81 ±0,04	5,69 ±0,0	61,96 ±0,37	63,68 ±0,30	1,52	0,83	68,9	59,1	6,5	7,5
7	6,15 ±0,05	5,80 ±0,05	61,08 ±0,31	62,79 ±0,51	1,21	0,69	83,6	75,9	5,5	6,5
Примечание: К – контрольный образец; О – опытный образец										

Установлено положительное влияние пленкообразующего покрытия на стабильность свойств полуфабрикатов при хранении. Показатель азота летучих оснований в контролируемые периоды хранения в контрольном образце увеличился в 1,5, 2,0 и 2,4 раза, относительно начального, соответственно. Для опытного образца аналогичные показатели составили 1,4, 1,8 и 2,3 раза. При этом конечные значения показателя составили для контрольного образца 83,6 мг/100 г, тогда как для опытного 75,9 мг/100 г. Следует отметить, что в отечественной практике нет нормативного значения для показателя летучего азота. Однако на основании полученных результатов следует, говорить о том, что интенсивность деградации белка в образцах с нанесением покрытия снижается [3, 188].

Результаты определения pH и летучего азота согласуются с данными органолептической оценки образцов. Снижение балловой оценки за качество контрольных образцов, особенно через 5 суток хранения и далее обусловлено, в первую очередь, ухудшением таких характеристик, как запах, цвет и внешний вид.

Принимая во внимание высокую проницаемость съедобной упаковки, при оценке качества исследовали стабильность цвета мяса и липидов. Это тем более важно, так как процесс окисления пигментов и липидов уже получил определенное развитие на стадии сухого созревания.

При контроле изменения цвета образцы выдерживали в условиях облучения светодиодной лампой PLED T8 Food Meat при интенсивности светового потока 770 Лм, индекс цветопередачи  $R_a \geq 80$ , продолжительность экспозиции составляла 8 час/сутки. Результаты исследований приведены в Таблице 15.

Установлено, что нанесение пленкообразующего покрытия способствует более длительному сохранению качества цвета, ассоциирующего со свежим продуктом. Предпочтительность цвета наиболее заметна при длительности хранения охлажденных полуфабрикатов до 5 суток. На основании значений светлоты можно говорить о менее выраженном потемнении окраски, которое может вызвать слой с пониженным содержанием влаги. В опытном образце через 7 суток хранения светлота снижается от 39,84 до 36,29, тогда как в контрольном образце от

39,32 до 35,18. Среди хроматических координат наиболее выражено изменение «красноты» при неоднозначном изменении синей составляющей цвета. Степень «красноты» или отношение хроматических координат «a/b» в опытном образце с покрытием в контролируемые периоды хранения составила 2,09; 1,72; 2,11; 1,40, а для контрольного образца без покрытия 1,99; 1,60; 1,44; 1,35.

Таблица 15 – Показатели качества полуфабрикатов из говядины сухого созревания с нанесением съедобного покрытия в процессе хранения (+4 °С)

Хранение, сутки	Показатели окраски					Полные цветовые различия, ΔE
	L	«a»	«b»	S	H	
Контрольные образцы (без пленкообразующего покрытия)						
1	39,32	24,94	12,54	27,92	0,4660	–
3	38,74	20,45	12,78	24,11	0,5585	4,53
5	37,07	19,72	13,65	23,98	0,6054	5,79
7	35,18	18,79	13,87	23,35	0,6358	10,13
±SD	0,074	0,62	0,34	0,59	0,045	–
Образцы с пленкообразующим покрытием						
1	39,84	24,06	11,51	26,67	0,4462	–
3	39,14	22,18	12,89	25,65	0,5264	2,43
5	38,15	21,19	10,02	23,44	0,4417	3,65
7	36,29	19,11	13,63	25,20	0,6195	6,45
±SD	0,039	0,27	0,32	0,15	0,0061	–

Это свидетельствует о лучшем качестве цвета опытных образцов в каждом из контролируемых периодов хранения. В опытном образце полные цветовые различия достигают значений, позволяющих визуально дифференцировать различия в цвете сравниваемых образцов, через 3 суток хранения, тогда как в опытных образцах с покрытием – через 5 суток.

Результаты определения вторичных продуктов окисления липидов в полуфабрикатах из высококачественной говядины приведены на Рисунке 13. Из полу-

ченных данных следует, что образование вторичных продуктов окисления в образцах со съедобным покрытием происходит медленнее, чем в контрольных, без покрытия. При этом в контрольном образце предельное значение показателя ТБЧ (более 2 мг МА/кг) достигается через 5 суток хранения, а в опытном с нанесением покрытия и через 7 суток хранения оно остается ниже предельного.

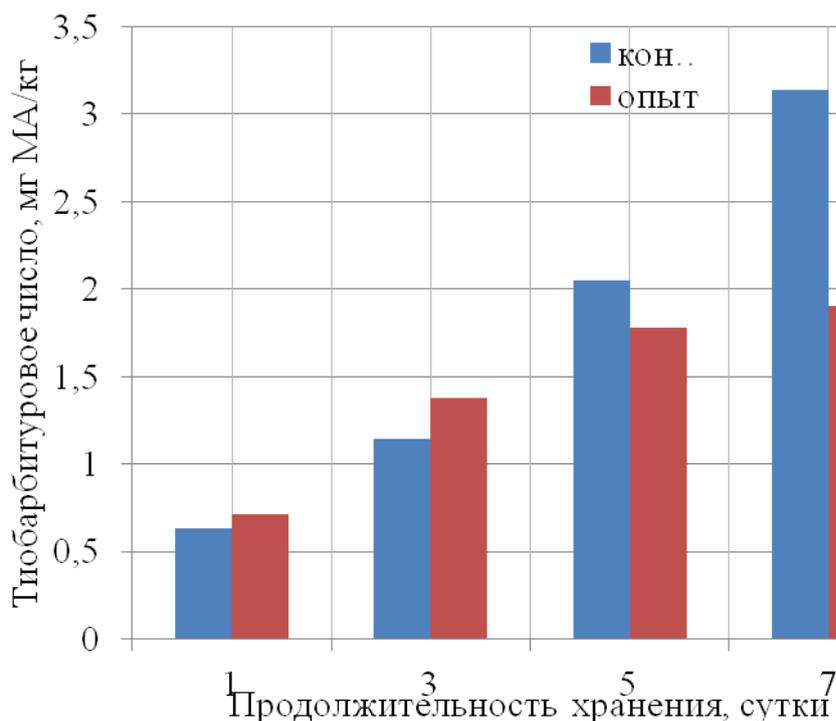


Рисунок 13 – Изменение ТБЧ полуфабрикатов из говядины сухого созревания в условиях аэробного хранения с нанесением съедобного покрытия

На Рисунке 14 приведены результаты определения общей микробной обсемененности (КМАФАнМ) исследуемых образцов охлажденных полуфабрикатов с покрытием и без него в процессе холодильного хранения. Этот показатель дает представление о присутствии в мясе микроорганизмов различных таксономических групп. Через одни сутки хранения общая микробная обсемененность для полуфабрикатов с покрытием составила  $1,5 \times 10^2$  КОЕ/г, тогда как для контрольных –  $3,0 \times 10^2$  КОЕ/г, то есть ниже в 2 раза. Через трое суток холодильного хранения общая микробная обсемененность для контрольного и опытного образца увеличи-

лась и составила  $6,4 \times 10^3$  КОЕ/г и  $1,4 \times 10^3$  КОЕ/г, соответственно. Значительное увеличение количества колоний микроорганизмов в контрольном образце выявлено на 5-е сутки хранения. Микробная обсемененность составила  $8,4 \times 10^5$  КОЕ/г и превысила нормативное значение КМАФАнМ, установленное техническим регламентом ТР ТС 034 ( $5 \times 10^5$ ).

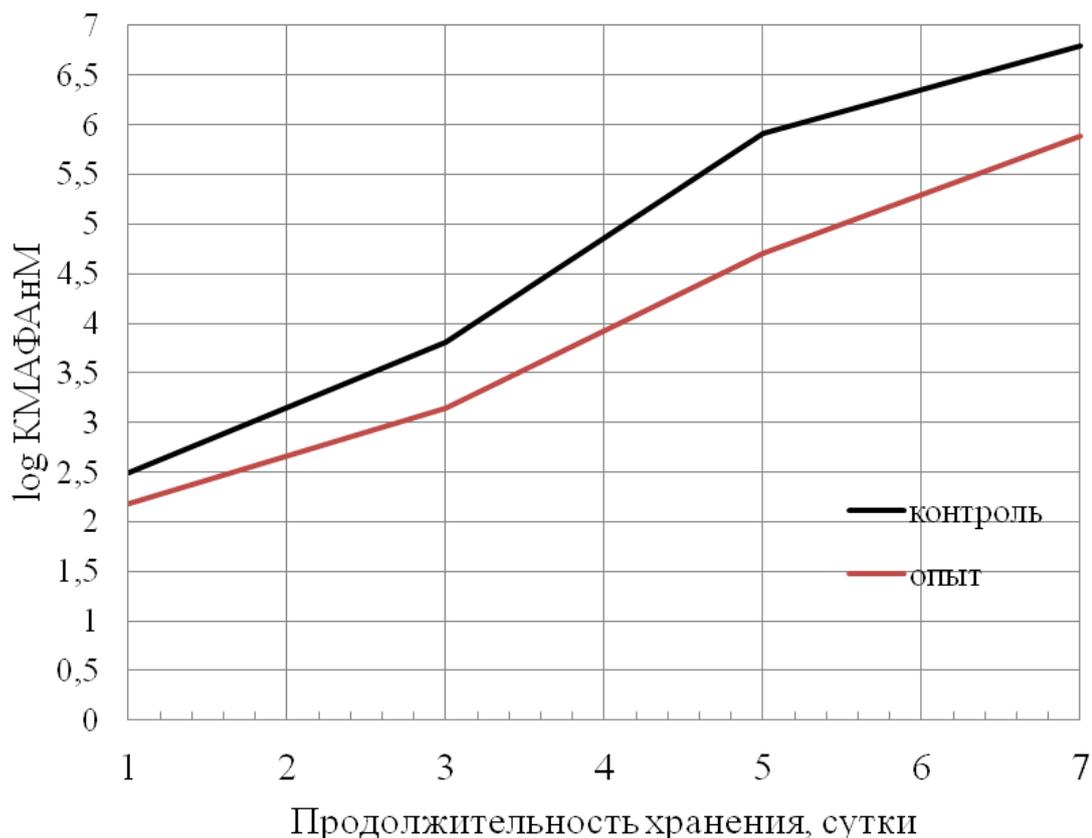


Рисунок 14 – Изменение общей микробной обсемененности полуфабрикатов из говядины сухого созревания с нанесением съедобного покрытия в процессе холодильного хранения (+4 °С)

В опытном образце показатель КМАФАнМ на этот период хранения составил  $5,1 \times 10^4$  КОЕ/г, что меньше нормативного в 16,5 раза. Через 7 суток хранения в образцах как контрольной, так и опытной групп общее количество аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов превысило допустимое значение и составило  $6,3 \times 10^6$  и  $7,8 \times 10^5$ , соответственно.

Таким образом, нанесение пленкообразующего покрытия на основе хитозана и дигидрокверцетина на полуфабрикаты из говядины сухого созревания приводит к ингибированию роста микроорганизмов и обеспечивает их нормативное содержание в течение 5 суток холодильного аэробного хранения, тогда как в контрольном продукте без покрытия только в течение трех суток.

Для исследуемых полуфабрикатов выполнен анализ микробиологических показателей на соответствие требованиям технического регламента через 5 суток хранения (Таблица 16). В исследуемых образцах не выявлены патогенные микроорганизмы, бактерии группы кишечной палочки (БГКП) а также факультативно-анаэробные бактерии рода *Proteus*, вызывающие процесс гниения мяса. Микроорганизмы порчи плесени и дрожжи выявлены в следовых количествах, что расценивается как недостоверный результат.

Таблица 16– Микробиологические показатели полуфабрикатов из говядины сухого созревания при холодильном хранении (+4 °С, 5 суток)

Показатель	Образцы	
	без пленкообразующего покрытия	с пленкообразующим покрытием
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г	не обнаружены	не обнаружены
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г	не обнаружены	не обнаружены
БГКП (колиформы), в 0,1 г	не обнаружены	не обнаружены
Плесени, КОЕ/г	менее $1 \times 10^1$	менее $1 \times 10^1$
Дрожжи, КОЕ/г	менее $1 \times 10^1$	менее $1 \times 10^1$
Бактерии рода <i>Proteus</i> , в 0,1 г	не обнаружены	не обнаружены

Таким образом, по совокупности результатов физико-химического и органолептического анализа установлено, что охлажденные полуфабрикаты из высококачественной говядины при хранении в освещаемых витринах в аэробных условиях сохраняют качество на уровне исходного в течение трех суток. Нанесение

съедобного покрытия на основе хитозана с дигидрокверцетином позволяет увеличить срок годности полуфабрикатов в таких условиях до 5 суток.

В качестве альтернативы съедобному покрытию изучено влияние вакуумной упаковки на показатели качества полуфабрикатов из говядины сухого созревания. Полуфабрикаты хранили в охлажденном состоянии максимально в течение 21 суток с отбором проб для контроля через 7 суток.

В Таблице 17 приведены результаты определения цветовых показателей. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Таблица 17 – Изменение цвета полуфабрикатов из говядины сухого созревания при хранении в вакуумной упаковке (+4 °С)

Хранение, сутки	Показатели окраски					Полные цветовые различия, ΔE
	L	«a»	«b»	S	H	
без пленкообразующего покрытия						
0	40,41	26,63	11,14	28,87	0,3961	–
7	40,18	25,16	12,89	28,27	0,4734	2,29
14	39,63	23,18	12,89	26,52	0,5075	3,95
21	39,74	20,79	13,19	24,62	0,5653	6,22
±SD	0,063	0,78	0,51			–
с пленкообразующим покрытием						
0	41,15	26,15	11,51	28,57	0,4146	–
7	41,56	25,87	11,20	28,19	0,4085	0,57
14	40,25	24,19	12,36	27,16	0,4723	2,32
21	40,12	20,17	12,63	23,80	0,5595	6,17
±SD	0,041	0,33	0,41	0,36	0,0048	–

Хранение охлажденных полуфабрикатов в анаэробных условиях приводит к стабилизации цвета. При этом интенсивность цвета остается практически неиз-

менной вплоть до 14 суток хранения для образцов с нанесением пленкообразующего покрытия или без него, о чем свидетельствуют значения светлоты.

По сравнению с полуфабрикатами аэробного хранения полуфабрикаты в вакуумной упаковке имели более высокие значения «красноты» в течение всего исследованного периода при стабильных значениях «синевы». Изменение синей составляющей цвета наблюдалось только между 14 и 21 сутками хранения.

Исследованиями не выявлено позитивного влияния пленкообразующего покрытия на цвет изделий при условии его совместного использования с вакуумной упаковкой. Об этом свидетельствуют результаты определения насыщенности окраски (S), цветового тона (H) и полных цветовых различий, развивающихся по мере хранения полуфабрикатов.

Интегральным показателем, учитывающим изменение количественной и качественной составляющей цвета, являются полные цветовые различия. Этот показатель для полуфабрикатов с покрытием и без покрытия приобретает большие значения после 14 суток хранения, хотя для полуфабрикатов с покрытием он остается ниже, чем без покрытия и составляет 2,32 цветовых порога против 3,95.

Выявленные цветовые различия могут быть связаны как с изменением соотношения форм пигментов, так и развитием микроорганизмов, что предполагает исследование данных показателей.

В Таблице 18 приведены результаты определения форм пигментов для вакуумированных полуфабрикатов обеих групп при хранении в охлажденном виде. Как следует из полученных данных, хранение вакуум-упакованных полуфабрикатов приводит к изменению соотношения форм пигментов, в общем виде это заключается в снижении доли обратимо окисленной формы при увеличении необратимо окисленной при достаточно постоянном количестве восстановленного пигмента.

Так в вакуумированных образцах без покрытия содержание метмиоглобина через 21 сутки хранения составило более 30 %. При этом выявлено снижение ко-

личества миоглобина. В совокупности обе эти формы негативно влияют на результирующий цвет полуфабриката.

Таблица 18 – Соотношение форм пигментов полуфабрикатов, упакованных под вакуумом, при холодильном хранении (+4 °С)

Хранение, сутки	без пленкообразующего покрытия			с пленкообразующим покрытием		
	Mb	MbO	MetMb	Mb	MbO	MetMb
0	75,3	11,6	13,1	76,1	11,1	12,8
7	68,7	14,4	16,9	67,9	16,2	15,9
14	64,8	16,7	18,5	66,7	15,4	17,9
21	56,4	11,8	31,8	57,0	12,1	30,9
±S	1,3	2,0	1,6	1,0	1,8	1,4

Предварительное нанесение покрытия не оказало существенного влияния на окисление цветоформирующих белков мяса. Об этом свидетельствует динамика форм пигментов на контролируемых стадиях хранения, сопоставимая с таковой для образцов без покрытия. Эти данные согласуются с результатами оценки цвета в системе Lab, а именно стабильность интенсивности цвета (L) при снижении красноты, выявленном именно к 14 суткам хранения.

Для определения стабильности свойств вакуумированных полуфабрикатов в процессе холодильного хранения контролировали показатели, которые являются индикаторами развития порчи, а именно рН, тиобарбитуровое число, индекс протеолиза (Таблица 19).

Значение рН полуфабрикатов осталось в значениях, соответствующих свежему сырью (менее 6,3), в течение 14 суток. Через 21 сутки хранения выявлено значительное повышение рН, что следует объяснять накоплением продуктов распада белка, в том числе аммиака. Однако рН остается в значениях, близких к рН созревшего мяса, то есть говорить о прогрессирующем развитии порчи нельзя. Для вакуумированных полуфабрикатов со съедобным покрытием рН в исследуе-

мые периоды сопоставима с образцами без покрытия, хотя и прослеживается тенденция к более низким значениям показателя.

Таблица 19 – Физико-химические показатели полуфабрикатов из говядины сухого созревания в вакуумной упаковке при хранении (+4 °С)

Хранение, сутки	без пленкообразующего покрытия			с пленкообразующим покрытием		
	рН	ТБЧ, мг МА/кг	ИП, %	рН	ТБЧ, мг МА/кг	ИП, %
0	5,74	0,66	5,4	5,76	0,68	5,3
7	5,81	0,84	5,9	5,82	0,80	5,7
14	5,94	1,35	6,1	5,90	1,21	5,9
21	6,15	1,47	6,9	6,19	1,36	6,7
±S	0,06	0,051	0,7	0,04	0,037	0,3

*Примечание: ИП – индекс протеолиза*

В то же время предварительная обработка покрытием с последующим вакуумированием оказала положительное влияние на ингибирование процесса окисления липидов. Так, в полуфабрикатах без покрытия увеличение количества вторичных продуктов окисления в контролируемые периоды хранения составило 27,3 %, 104,5 %, 122,7 %.

В полуфабрикатах с нанесением покрытия и последующим вакуумированием относительное повышение ТБЧ составило 17,6 %, 77,9 %, 100 %, соответственно. При этом в образцах обеих исследуемых групп даже к 21 суткам хранения ТБЧ остается в пределах, при которых не обнаруживается неприятного прогорклого запаха, вызываемого продуктами окисления. Из этих данных следует, в полуфабрикатах из говядины сухого созревания, упакованных для хранения под вакуумом процесс окисления липидов не является лимитирующим при длительности в пределах 21 суток.

Целесообразность определения индекса протеолиза обусловлена взаимосвязью его с консистенцией продукта, а также опосредованно развитием микробиологических процессов, так как активность эндогенных ферментов мяса на тот период практически не проявляется. Повышение показателя указывает на прогрессирующее развитие деградации мышечных белков.

Как следует из экспериментальных данных, вакуумная упаковка способствует стабилизации качества полуфабрикатов. Индекс протеолиза в вакуумупакованных образцах без покрытия изменяется от 5,4 до 6,9 %, в аналогичных образцах с предварительным нанесением покрытия от 5,3 до 6,7 %. Прирост показателя к 14 суткам, хранения составил в образцах без покрытия 12,96 %, с покрытием – 11,32 %, относительно исходных значений. Через 21 сутки хранения относительное увеличение показателя ИП составило 27,78 и 26,42 %, соответственно. Вместе с тем даже к этому времени хранения образцы имели плотную и упругую консистенцию, характерную для свежего продукта.

Значения исследованных физико-химических показателей, влияющих на органолептические свойства продуктов в процессе хранения, свидетельствуют о том, что качество охлажденных полуфабрикатов из говядины сухого созревания, упакованных под вакуумом, остается гарантированно стабильным в течение 14 суток при температуре не выше +4 °С. При увеличении продолжительности наблюдается ухудшение одного из показателей, а именно, цвета. В то же время показатели качества белковой и жировой составляющей продукта свидетельствуют о несущественном снижении качества. В связи с этим, для обоснования срока годности были изучены микробиологические показатели. Для исследования взяты вакуумированные полуфабрикаты без нанесения покрытия. Результаты исследования микробиологических показателей приведены на Рисунке 15.

Установлено, что на 14-е сутки хранения значение общей микробной обсемененности полуфабрикатов оказывается ниже нормативного значения.

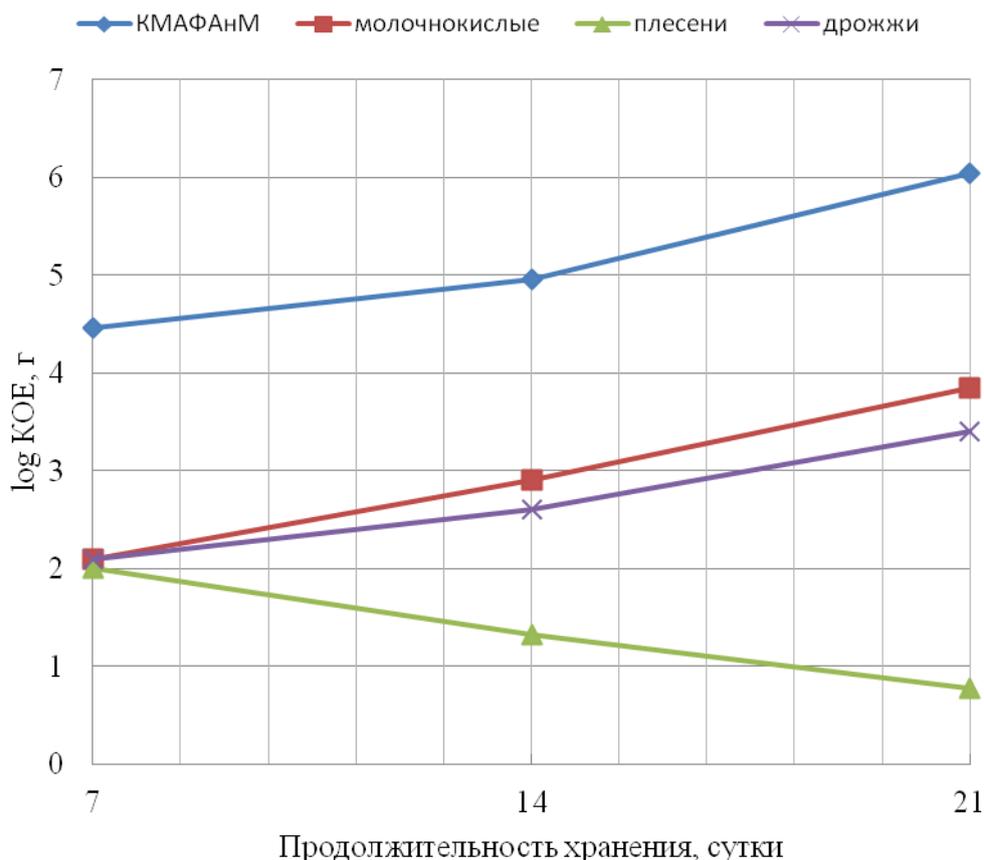


Рисунок 15 – Микробиологические показатели полуфабрикатов из говядины сухого созревания при хранении в вакуумной упаковке (+4 °С)

Общее количество аэробных микроорганизмов превысило нормативное значение через 21 сутки хранения, ( $1,1 \times 10^6$ ).

Содержание молочнокислых микроорганизмов в полуфабрикатах из говядины сухого созревания со сроком хранения 7 суток было незначительным, но далее увеличивалось, однако, принимая во внимание то, что молочнокислые микроорганизмы не вызывают порчу, а в обнаруженных количествах на органолептические свойства это не рассматривалось как фактор снижения качества.

В незначительных количествах в полуфабрикатах были выявлены плесени и дрожжи, причем с увеличением срока хранения с 7 суток до 21 суток содержание плесени уменьшилось до минимального, что следует объяснять истощением кислорода в упаковке.

Таким образом, по совокупности физико-химических и микробиологических показателей рекомендуемый срок годности полуфабрикатов, упакованных

под вакуумом, составляет 14 суток при температуре хранения не выше +4 °С. При этом нецелесообразно предварительное нанесение пленкообразующего покрытия, так как в пределах указанного срока такой способ упаковки не получает преимущества.

#### 4.2.1 Органолептическая оценка полуфабрикатов

Для оценки потребительских предпочтений была выполнена органолептическая оценка полуфабрикатов с использованием 9-балльной гедонической шкалы. Оценка выполнена для полуфабрикатов в зависимости от способа созревания и способа упаковки после доведения их до кулинарной готовности на открытом гриле при температуре 250 °С в течение 7 мин до температуры в толще  $70\pm 2$  °С. Оценка выполнялась по таким свойствам, как вкус, аромат, сочность (Таблица 20). В оценке участвовали потребители, знакомые с продуктами из говядины сухого созревания (30 участников).

В качестве контрольного продукта-аналога использован полуфабрикат из говядины традиционного созревания (5 суток, температура 4 °С, относительная влажность воздуха 85%), хранившийся в аналогичных условиях без нанесения съедобного покрытия.

Как следует из полученных данных, в целом, участники дегустации оценили полуфабрикаты из говядины сухого созревания как более предпочтительные, относительно контрольного полуфабриката с коротким сроком созревания, о чем свидетельствует количество желательных оценок. Стейки из говядины сухого созревания с нанесением съедобного покрытия имели более высокие средние оценки по всем сравниваемым показателям – вкус, аромат, сочность, соответственно 7,6, 7,0 и 7,0, соответственно, против 7,2, 6,3 и 5,6 для контрольного. Для полуфабрикатов опытной группы, упакованных под вакуумом, более высокие оценки были получены для показателей вкуса и сочности, тогда как для аромата они оказались равными с оценкой для контрольного образца, но ниже чем для полуфабрикатов с нанесением съедобного покрытия.

Таблица 20 – Органолептическая оценка полуфабрикатов в зависимости от способа упаковки (3 суток хранения, +4 °С)

Уровень	Значение	Полуфабрикаты								
		контроль			съедобное покрытие			вакуумная упаковка		
		вкус	аромат	сочность	вкус	аромат	сочность	вкус	аромат	сочность
Очень желательный	9	5	1	-	6	4	3	4	-	6
Весьма желательный	8	7	5	2	9	7	12	8	5	13
Желательный	7	12	11	9	12	10	5	11	7	5
Менее желательный	6	3	5	8	2	5	4	3	10	4
Нейтральный	5	2	1	5	1	2	3	1	4	2
Слегка нежелательный	4	1	3	2	-	1	2	1	2	-
Нежелательный	3	-	3	1	-	1	1	1	1	-
Весьма нежелательный	2	-	1	2	-	-	-	1	1	-
Очень нежелательный	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Всего оценок	-	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Сумма баллов	-	217	184	168	227	209	208	209	182	227
Средняя оценка	-	7,2	6,1	5,6	7,6	7,0	7,0	7,0	6,1	7,6
Число нежелательных оценок	-	1	7	6	0	2	3	3	4	0
Процент нежелательности	-	0,5	3,7	3,6	0	1	1,4	1,4	2,6	0

Число нежелательных оценок для полуфабрикатов контрольной группы составило 14, тогда как для полуфабрикатов с нанесением покрытия и в вакуумной упаковке 5 и 7, соответственно.

В целом по совокупности органолептической оценки полуфабрикаты из говядины сухого созревания оказались более предпочтительными для потребителей, чем контрольной группы [20].

### **4.3 Разработка технологии полуфабрикатов повышенной кулинарной готовности из говядины сухого созревания**

#### **4.3.1 Влияние способа нагрева на качество полуфабрикатов**

Для расширения ассортимента изделий из высококачественной говядины сухого созревания была разработана технология полуфабрикатов повышенной степени кулинарной готовности. Рациональная предварительная подготовка созревшего сырья в условиях производства направлена на снижение потерь при приготовлении непосредственно перед использованием и повышение качества продукции.

Особенно это важно для изделий из сырья длительных сроков созревания. Длительная выдержка на созревании, с одной стороны, приводит к деградации миофибриллярных белков и повышению нежности мяса, но с другой – в результате окисления белков их функциональная способность снижается.

Нагрев оказывает дифференцированное влияние на белки мяса, при этом глобулярные саркоплазматические белки, преимущественно, сохраняют свою структуру, при нагревании она модифицируется, что выражается в разворачивании структуры. Миофибриллярные белки, напротив, подвергаются деформации сжатия с последующим гелеобразованием. При интенсивном нагреве, количество отделяемой от белков воды, вытеснение ее в межволоконное пространство, увеличиваются.

К увеличению механической силы вытеснения воды из межволоконного пространства и, как следствие, потерям, приводит также разваривание коллагена, которое на ранних стадиях нагрева при температуре выше 60 °С сопровождается усадкой. Деформация мышечных волокон и структуры коллагена, отделение вла-

ги, а также изменение взаимодействия «белок-вода» приводят к упрочнению консистенции мяса.

Температура денатурации саркоплазматических белков находится в интервале 47...60 °С, для миофибриллярных она ниже и происходит, в основном, при 45...55 °С, а заканчивается при 66 °С. Поэтому для тепловой обработки мяса сухого созревания следует использовать способы, обеспечивающие либо высокую скорость нагрева и количество передаваемой теплоты, либо способы низкотемпературной обработки, минимизирующие влияние нагрева на белки мяса.

Негативные последствия нагрева на качество мяса можно снизить влажным нагревом при умеренных температурах, близких к температуре денатурации мышечных белков или кратковременным сухим высокотемпературным нагревом с образованием уплотненного поверхностного слоя, препятствующего отделению влаги. Наиболее целесообразны такие виды обработки для мясного сырья с низким содержанием внутримышечной соединительной ткани и повышенным содержанием внутримышечного жира, к которому относится высококачественная говядина.

В этой связи при разработке технологии полуфабрикатов повышенной степени готовности из говядины сухого созревания исследованы 3 способа нагрева. Это низкотемпературный нагрев сырья, упакованного под вакуумом, при постоянной температуре ниже температуры кипения воды – «су-вид» обработка («sous-vide» – под вакуумом). Продолжительность тепловой обработки на ротационном нагревателе Sous vide sirman Softcooker Y09 (Sirman, Италия) составила 140 минут, конечная температура продукта 58 °С. Второй способ – сухой нагрев на гриле (Josper NJX-M 45L, Испания) при температуре 250 °С до температуры в центре продукта 62 °С, продолжительность обработки 7 мин. Третий способ представляет собой комбинацию первых двух. В этом случае полуфабрикат подвергают «су-вид» нагреву, далее охлаждению в ледяной воде (температура +2 °С, 30 мин). После этого упаковку вскрывают и нагревают полуфабрикат на гриле в течение 1 мин с каждой стороны до образования поверхностной корочки до температуры в центре 62 °С.

Для приготовления полуфабриката повышенной кулинарной готовности использовано сырье от разделки корейки со сроком созревания 35 суток. Подготовленный полуфабрикат представляет собой стейк толщиной 25 мм, массой 200–220 г. Эффективность обработки каждым из способов оценивали по величине потерь и физико-химическим показателям готового полуфабриката. В качестве контрольного использован полуфабрикат из аналогичной части туши традиционной технологии созревания (в полутушах) в течение 5 суток.

Значения потерь при исследованных видах тепловой обработки приведены в Таблице 21. Минимальные потери выявлены для образцов «су-вид» нагрева. При этом для полуфабриката из сырья сухого созревания они составили 6,8 %, а традиционного созревания – 7,7 %. Более низкие потери следует объяснять повышенной ВСС мяса, а также снижением общей влаги и увеличением прочно связанной влаги, удерживаемой продуктами протеолиза белка. Максимальные потери установлены при сухом нагреве мяса на гриле. Они составили для сырья длительного сухого и кратковременного созревания 18,8 и 23,4 %, соответственно.

Таблица 21 – Потери при тепловой обработке полуфабриката из говядины сухого созревания в зависимости от способа тепловой обработки

Вид тепловой обработки	Потери (%), полуфабриката из сырья	
	традиционного созревания, 5 суток	сухого созревания, 35 суток
«Су-вид» обработка	7,7±0,8	6,8±0,6
Нагрев на сухом гриле	23,4±1,4	18,8±0,9
Комбинированный нагрев	16,7±0,8	12,9±0,6

При комбинированном нагреве потери для полуфабрикатов из говядины сухого и традиционного созревания составили 12,9 и 16,7 %, соответственно. Эти величины в 1,9 и 2,1 раза больше значений потерь, выявленных «су-вид» нагреве того же сырья. Между двумя этапами тепловой обработки потери распределяются практически равномерно. Для полуфабрикатов из сырья сухого созревания соот-

ношение потерь по стадиям составило 52:47, для сырья кратковременного созревания – 45:55.

Степень денатурационных изменений мышечных белков оценивали по степени гидрофобности поверхности миофибриллярных белков, а белка коллагена по степени его развариваемости (Таблица 22).

Таблица 22 – Сравнительная оценка влияния способа нагрева на белки высококачественной говядины сухого и традиционного созревания

Способ созревания	Способ тепловой обработки	Гидрофобность миофибриллярных белков, мкг БФС	Растворимый коллаген, % от общего
Кратковременное созревание 5 суток	–	8,14±0,36	8,2±0,3
	«су-вид» нагрев (СВ)	18,6±0,51	58,3±0,7
	гриль-нагрев (ГН)	14,4±0,63	16,8±0,5
	комбинированный нагрев (КН)	19,7±0,48	61,3±0,8
Длительное сухое созревание 35 суток	–	28,15±0,57	23,2±0,6
	«су-вид» нагрев (СВ)	42,4±0,61	71,4±0,4
	гриль-нагрев (ГН)	34,6±0,52	25,9±0,6
	комбинированный нагрев (КН)	46,5±0,47	84,5±0,7

Сырье разных технологий созревания исходно имеет разную степень гидрофобности поверхности белков, при этом для сырья сухого созревания она существенно выше. Это связано с агрегацией белков, образованием внутримолекулярных связей, а также фрагментацией белков. В то же время окисление остатков ароматических аминокислот может привести к увеличению заряженных групп белка и повышать его гидрофильные свойства [131]. В совокупности конформационные изменения, физические и химические взаимодействия могут повлиять на термостабильность белков.

Как следует из полученных данных, для сырья традиционного созревания гидрофобность поверхности белков при нагреве увеличилась. При этом минимальные изменения выявлены при гриль-нагреве. При «су-вид» и комбинированном нагреве они оказались сопоставимыми, но все-таки более высокими для двухстадийного нагрева. Полученные зависимости следует объяснять, исходя из известных механизмов агрегирования, согласно которым эти изменения происходят в широком диапазоне температур от 30 °С до 90 °С, но в области выше или ниже этой температуры сокращаются.

Гидрофобность мышечных белков контрольного и опытного образца при «су-вид» нагреве увеличилась в 2,2 и 1,7 раза, соответственно. При кратковременном воздействии высоких температур (гриль обработка) гидрофобность для полуфабрикатов из сырья контрольной и опытной групп увеличилась в 1,8 и 1,4 раза. То есть интенсивность гидрофобных взаимодействий снижается, но остается достаточно высокой.

Аналогичная зависимость гидрофобности поверхности белков в зависимости от способа тепловой обработки получена для изделий из сырья длительного сухого созревания. Так, гидрофобность поверхности белков при гриль-нагреве составила 34,6 мкг связанного бромфенолового синего. При «су-вид» нагреве она оказалась выше на 22,5 %, а при комбинированном нагреве – на 34,39 %. Это указывает на то, что белки говядины сухого созревания обладают более высокой реакционной способностью к термической обработке, чем сырье традиционного созревания.

Развариваемость коллагена оказалась существенно выше в сырье длительного созревания. Это объясняется тем, что гидролитические изменения коллагена имели место уже в процессе созревания. Больше всего растворимого коллагена образуется при комбинированном нагреве, и далее «су-вид» нагреве. При этом для полуфабриката из сырья сухого созревания его оказалось больше на 37,8 и 22,5 %, соответственно. Как правило, основные гидролитические изменения коллагена с ослаблением упорядоченной фибриллярной структуры и образованием

аморфной массы происходят при температуре 58-63 °С, но при длительном нагреве могут развиваться и при 55 °С.

Обработка на гриле не привела к значительным изменениям в состоянии коллагена, что обусловлено малой продолжительностью процесса. Эти данные позволяют говорить о том, что низкотемпературная обработка, в том числе в сочетании с последующим гриль-нагревом, повышают доступность белка мяса.

На органолептические свойства продуктов влияют массовая доля жира и влаги, создающие ощущение сочности при пережевывании (Рисунок 16).

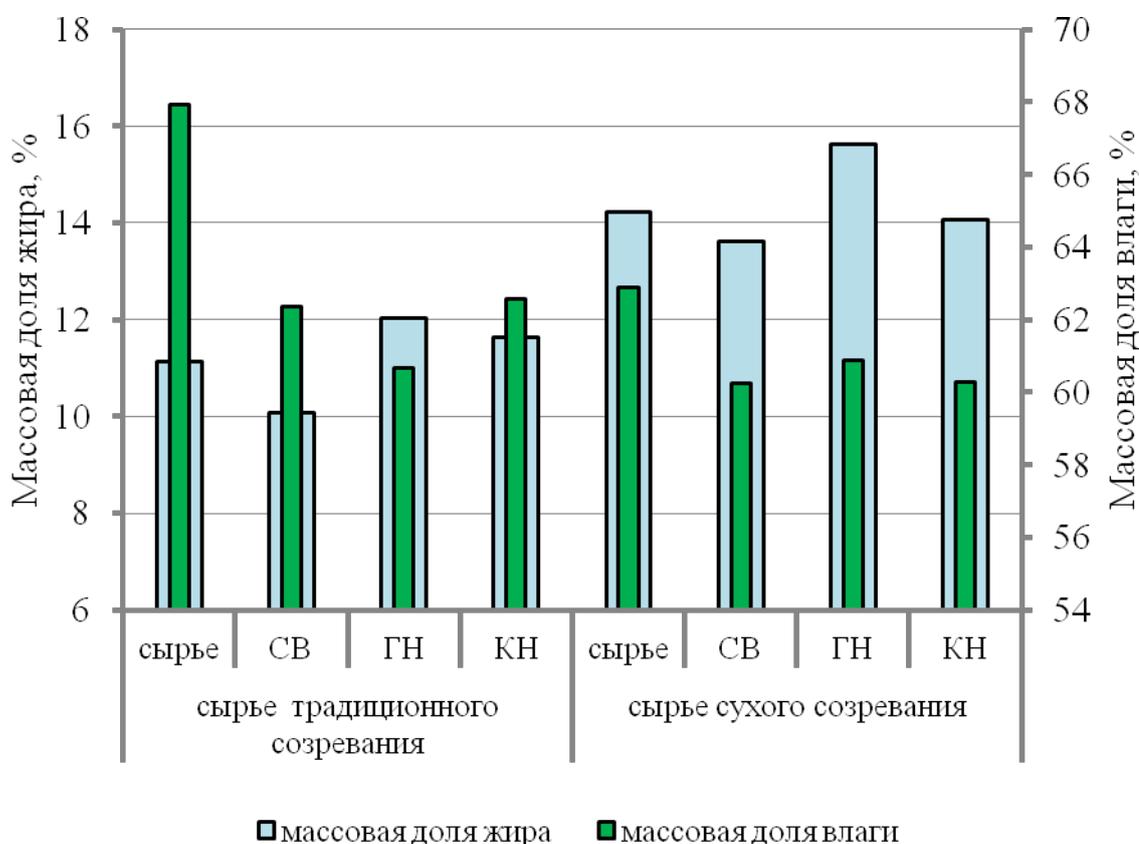


Рисунок 16 – Влияние способа тепловой обработки на массовую долю жира и влаги в продукте из сырья разной технологии созревания

После тепловой обработки «су-вид», гриль- и комбинированным нагревом массовая доля влаги в изделиях из говядины сухого созревания снизилась с 62,89 до 60,24, 60,89 и 60,29 %, соответственно. Массовая доля жира в продукте после аналогичных способах тепловой обработки составила 13,61, 15,63 и 14,07 %, соответственно, при исходном содержании жира в сырье, равном 14,23 %. Близкие

значения массовой доли жира могут быть объяснены снижением массовой доли влаги, которое приводит к повышению содержания сухих веществ, в том числе жира [21].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что исследуемые способы тепловой обработки практически равнозначны с точки зрения содержания в продукте основных веществ. При сопоставлении результатов массовой доли влаги и жира можно отметить, что продукт из говядины сухого созревания теряет влаги меньше, средняя величина потерь влаги составляет 2,42 %, тогда как для продукта из говядины традиционного созревания – 6,06 %.

При оценке качества мясных продуктов и выборе потребителей большое значение имеет органолептическая оценка (Таблица 23).

Таблица 23 – Органолептическая оценка полуфабрикатов

Показатель	Технология созревания	Способ тепловой обработки		
		«су-вид» нагрев	сухой нагрев на гриле	комбинирован- ный
Внешний вид	T5	7,0	7,5	7,5
	C35	7,0	9,0	9,0
Консистенция	T5	8,0	7,0	7,5
	C35	9,0	8,0	8,5
Вкус и запах	T5	7,5	8,0	8,0
	C35	8,5	9,0	9,5
Цвет на разрезе	T5	6,5	8,0	7,0
	C35	6,5	9,0	7,5
Общая приемлемость	T5	29	29,5	30
	C35	31	35	34,5
Уровень качества	T5	7,25	7,75	7,55
	C35	7,85	8,80	8,65

T5 – традиционная технология созревания, 5 суток; C 35 – сухое созревание 35 суток

Более высокие оценки по внешнему виду получили полуфабрикаты, приготовленные на гриле и способом комбинированной тепловой обработки. При этом в обоих случаях продукт из говядины сухого созревания получил более высокую оценку. Цвет поверхности ровный интенсивно-коричневый, что следует объяс-

нять повышенным содержанием продуктов созревания, участвующих в реакции меланоидинообразования.

Полуфабрикаты гриль- и комбинированного нагрева получили более высокие оценки также за вкус и аромат, при этом полуфабрикаты из говядины сухого созревания получили 9,0 и 9,5 баллов, а из сырья традиционного созревания 8,0 и 8,0, соответственно.

При оценке цвета на разрезе минимальные оценки получили образцы «су-вид» нагрева, независимо от технологии созревания сырья образцы были оценены в обоих случаях на 6,5, цвет светло-красный. Последующая кратковременная обработка полуфабрикатов на гриле (комбинированная обработка) не привела к изменению цвета на разрезе. Мышечная ткань полуфабрикатов, приготовленных сухим нагревом на гриле, на разрезе имела равномерный темно-красный цвет, балловая оценка для полуфабрикатов из сырья сухого созревания составила 9,0, а традиционного созревания – 8,0.

В то же время по такому показателю, как консистенция наиболее высокие оценки получили образцы «су-вид» обработки из говядины сухого созревания, нежная и сочная консистенция которых была связана с высоким остаточным содержанием внутримышечного жира.

С учетом коэффициентов весомости по единичным органолептическим характеристикам (ГОСТ 9959-2015) установлен показатель общей приемлемости и уровень качества. По результатам анализа сделан вывод о предпочтительности полуфабрикатов из говядины сухого созревания любого из способов тепловой обработки, по сравнению с полуфабрикатами из аналогичного сырья после 5 суток созревания. Среди них лучшие органолептические характеристики имеют полуфабрикаты, приготовленные на гриле и сопоставимы с ними полуфабрикаты комбинированного способа обработки.

### 4.3.1 Оценка качества полуфабрикатов «су-вид» нагрева в процессе холодильного хранения

Для оценки качества полуфабрикатов в процессе хранения были изучены физико-химические и микробиологические показатели (Таблица 24). Условия хранения: температура +2 °С, продолжительность 7 суток.

Таблица 24 – Физико-химические показатели полуфабриката «су-вид» обработки

Показатель	Значение	
	на начало хранения	по истечении срока хранения
Массовая доля белка, %	23,31±0,23	23,12±0,54
Массовая доля жира, %	11,87±0,12	11,16±0,25
рН	5,84±0,06	5,88±0,04
Активность воды	0,983±0,0004	0,980±0,0004
Цветовые характеристики:		
светлота	47,51±0,54	45,61±0,44
«краснота»	12,78±0,46	11,87±0,51
«синева»	9,74±0,29	8,21±0,29
ТБЧ, мг МА/ кг	1,15±0,035	1,56±0,064

Полуфабрикат, полученный в результате «су-вид» обработки характеризуется высоким содержанием белка и жира, которые изменяются незначительно в процессе хранения. Значение показателя рН свидетельствуют о стабильности свойств полуфабриката при хранении. Снижение интенсивности окраски полуфабриката (светлота L) следует объяснять денатурацией саркоплазматических и миофибриллярных белков, что привело к увеличению доли рассеянного света. При холодильном хранении полуфабриката светлота несколько снижается, как результат снижения массовой доли влаги в продукте. Денатурация белков привела также к снижению показателя красноты и синевы, относительно значений для ис-

ходного сырья. При хранении полуфабриката «су-вид» в вакуумной упаковке хроматические координаты изменяются незначительно.

Приведенные результаты свидетельствуют о стабильности качества полуфабриката «су-вид» при кратковременном холодильном хранении.

Технологию «су-вид» можно рассматривать не только как способ приготовления, но и консервирования в бескислородной среде при точном контроле температуры. Пастеризованные таким образом продукты можно использовать сразу или хранить в холодильнике и использовать позже, по мере необходимости.

С одной стороны, такая технология снижает риск перекрестного загрязнения при хранении и препятствует окислению, но при этом создаются условия для роста факультативно-анаэробных микроорганизмов и молочнокислых бактерий. Интенсивное охлаждение пастеризованного продукта с целью быстрого отнятия тепла и последующее холодильное хранение снижает возможность роста микрофлоры. Кратковременная тепловая обработка перед использованием позволяет повысить уровень безопасности и регулировать качество продукции. Такая обработка реализует принцип барьерной технологии: нагрев, вакуум, охлаждение, нагрев. Технология позволяет регулировать сроки годности полуфабриката, подвергнутого предварительной пастеризации в бескислородной среде.

С целью проверки качества полуфабриката, изготовленного по этой технологии, изучены микробиологические показатели полуфабриката после «су-вид» обработки и холодильного хранения (+2 °C) в течение 7 суток (Таблица 25).

Контроль качества полуфабрикатов при хранении оценивали на основании органолептических и микробиологических показателей. Результаты органолептической оценки контролируемых показателей, включая внешний вид, цвет, вкус и аромат, остаются на одном и том же уровне и оцениваются максимально в 5 баллов.

Значения микробиологических показателей (Таблица 25), установленных техническим регламентом, соответствуют норме. С целью проверки эффективности пастеризации продукта, упакованного герметично, в продукте контролировали рост анаэробных спорообразующих микроорганизмов *Cl. perfringens* и молочнокислых.

Таблица 25 – Микробиологические показатели для образцов, подвергнутых «су-вид» нагреву и последующему хранению

Показатель	Значение	
	для образца после	
	охлаждения	7 суток хранения
КМАФАнМ, КОЕ/г	менее $1 \times 10^1$	менее $1 \times 10^1$
Патогенные, в т. ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г продукта	н/о	н/о
<i>Listiria monocitigenes</i> , в 25 г продукта	н/о	н/о
Бактерий группы кишечной палочки (БГКП), в 1 г	н/о	н/о

Для исследований были взяты полуфабрикаты, изготовленные из сырья сроком созревания 45 суток. По результатам исследований *Cl. perfringens* не выявлено, что доказывает высокий консервирующий эффект «су-вид» нагрева в вакууме, содержание молочнокислых микроорганизмов составило  $3 \times 10^2$ , что не повлияло на органолептические свойства и безопасность продукции.

Таким образом, по совокупности полученных результатов срок годности полуфабриката «су-вид» из говядины сухого созревания, изготовленного в соответствии с разработанной технологией, установлен 7 суток при температуре хранения не выше +4 °С.

#### **4.4 Разработка технологии грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания**

##### **4.4.1 Исследование качества грудинки в процессе сухого созревания**

Для повышения эффективности промышленной переработки говядины сухого созревания за счет использования менее ценных частей туши выполнены исследования по разработке технологии продукта, доведенного до кулинарной готовности. При этом в качестве сырья для созревания взята грудинка. Грудные мышцы – поверхностная и глубокая, испытывают при жизни повышенные физи-

ческие нагрузки, поэтому содержат больше коллагена и менее нежные. Длительное созревание с последующей кулинарной обработкой может улучшить свойства сырья и повысить качество готовой продукции.

Исходя из анализа результатов процесса сухого созревания премиальных отрубов, для грудной части были приняты три продолжительности выдержки, а именно 14, 21, 28 суток, с тем, чтобы обосновать наиболее предпочтительный вариант. Выдержка выполнялась при тех же условиях, что и для премиальных отрубов. Характеристика показателей, характеризующих состояние сырья на этих стадиях созревания, приведена в Таблице 26.

Таблица 26 – Физико-химические показатели грудинки сухого созревания в зависимости от его продолжительности

Показатель	Для сырья с продолжительностью сухого созревания, сутки			±S
	14	21	28	
Массовая доля белка, %	18,14	19,24	19,87	0,68
Массовая доля коллагена, %	3,69	3,84	3,91	0,78
Растворимый коллаген, % от общего	8,2	12,3	13,8	1,20
Массовая доля влаги, %	62,54	60,12	60,59	0,22
ВСС, % к массе навеске	58,68	60,18	60,45	0,31
Массовая доля жира	18,03	19,10	20,48	0,36
pH	5,62	5,72	5,74	0,04
Усилие резания, Н/м <sup>2</sup>	68,52	51,79	52,69	1,29
ТБЧ, мг МА/кг	0,38	0,54	0,78	0,006
Потери массы, %	9,7	12,9	14,8	1,3

Согласно полученным результатам, говяжья грудинка характеризуется не только высоким содержанием мышечного белка, но и коллагена, на долю которого приходится в среднем 3,81 %. При увеличении продолжительности созревания с 14 до 21 и далее до 28 суток выявлено незначительное повышение общего коли-

чества белка за счет как мышечных, так и соединительно-тканых. В относительных единицах оно составляет 6,06 и 9,53 %. Одновременно выявлено увеличение доли растворимого коллагена. Через 21 сутки созревания она составляет 12,3 % от его общего количества. При последующей выдержке этот показатель изменяется незначительно.

Особенности белкового состава и изменений его с увеличением длительности созревания согласуются с данными определения усилия резания. Через 14 суток созревания усилие резания составило 68,52 Н/м<sup>2</sup>, к 21 суткам созревания оно уменьшилось на 24,5 % до значения 51,79 Н/м<sup>2</sup>. Выявленное изменение усилия резания через 28 суток созревания находится в пределах ошибки метода ( $P < 0,05$ ). Поэтому удлинение сухой выдержки грудинки до 28 суток не приводит к улучшению консистенции сыря.

Характерная особенность грудинки – повышенное содержание жира. В процессе сухого созревания этот показатель незначительно увеличивается, что следует объяснять потерями массы. При этом, согласно результатам изучения процесса окисления (величина ТБЧ), качество жировой составляющей остается высоким. На контролируемых этапах созревания значение ТБЧ составило 0,38, 0,54 и 0,78 мг МА/кг, соответственно, что ниже пороговых значений.

Повышенное содержание коллагена и жира оказывают влияние на величину ВСС. Через 14 суток созревания значение ВСС составляет 58,68 %, к 21 суткам созревания гидратационная способность увеличивается до 60,18 %, через 28 суток остается практически без изменений. При этом абсолютные значения показателя ниже, чем для сыря из поясничного отруба на такой же срок созревания, что следует объяснять повышенным содержанием коллагена, активностью мышечных протеиназ в отношении которого относительно низкая, и увеличением массовой доли жира.

По совокупности исследований физико-химических показателей и величин потерь массы продолжительность сухого созревания грудинки при температуре 0–1 °С, относительной влажности воздуха 74–75 %, скорости движения воздуха 0,5 м/с следует принять равной 21 суткам.

#### 4.4.2 Технологическая схема производства и качество грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания

Технологическая схема изготовления грудинки копчено-запеченной из говядины сухого созревания приведена на Рисунке 17.

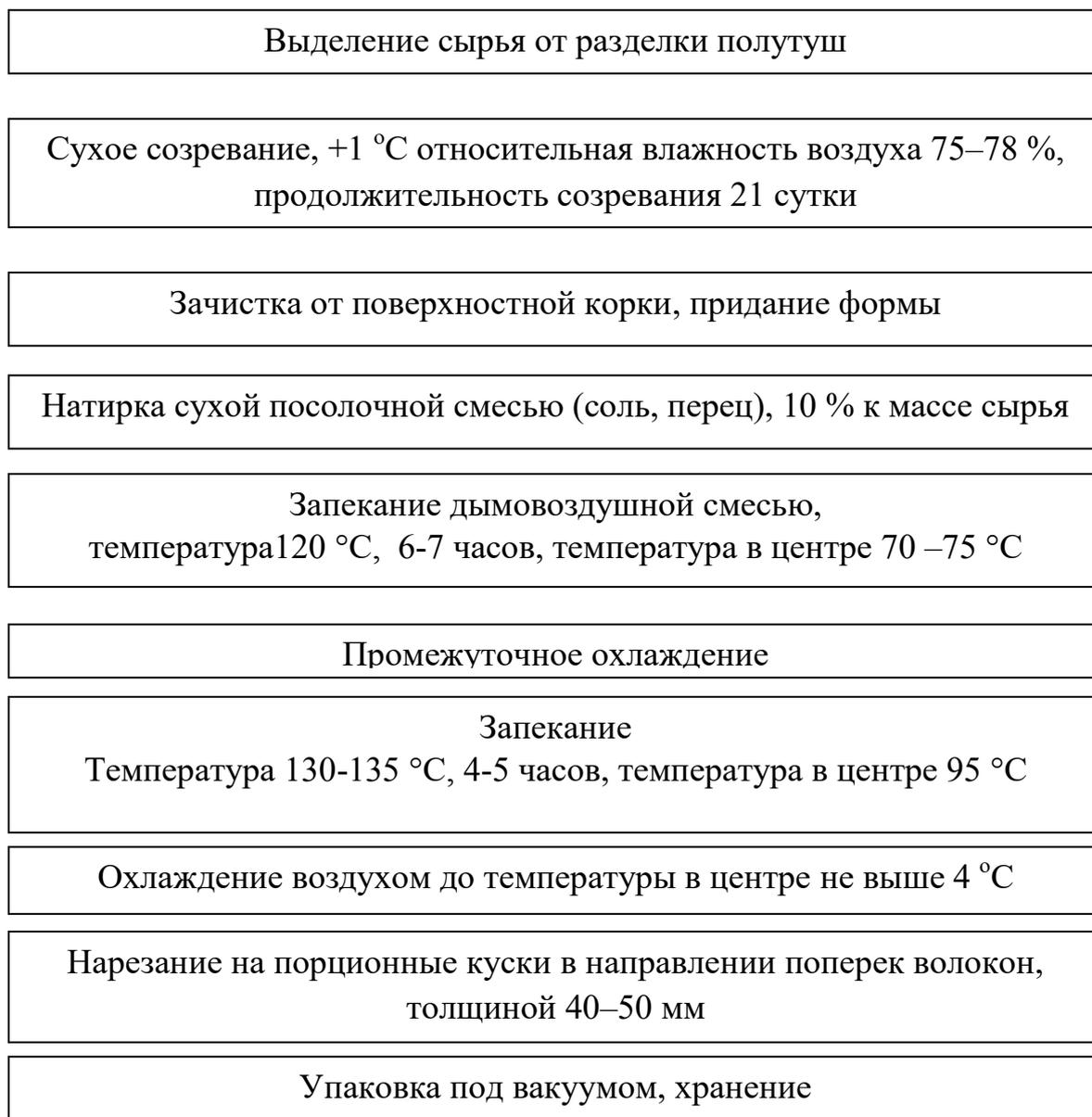


Рисунок 17 – Технологическая схема изготовления грудинки копчено-запеченной из говядины сухого созревания

Для грудинки копчено-запеченной выделяют сырье из грудной части туши в виде единого крупного куска массой от 4 до 6 кг. Цельная грудинка состоит из 2-х грудных мышц, перекрывающих друг друга. Тонкая и плоская (глубинная) мышцы,

и толстая и выпуклая (поверхностная) разделены между собой слоем жировой и соединительной ткани. Область выделения грудинки лежит в пределах 5-го ребра.

Выделенную грудинку помещают в шкаф на сухое созревание. Процесс выполняется в цельных незачищенных кусках при температуре  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  относительной влажности воздуха 75–78 %, продолжительность созревания 21 сутки.

Созревшее в автолизе сырье подвергают зачистке и формовке (Рисунок 18).



а) сформованная грудинка



б) грудинка с нанесенной посолочной смесью

Рисунок 18 – Подготовка сырья для грудинки копчено-запеченной

Сначала его зачищают от поверхностной корки и жира, для чего необходимо положить грудинку плоской поверхностью на стол. При этом с верхней части грудинки необходимо снять плотный, затвердевший жир, находящийся на узкой части глубинной мышцы, и жир поверхностной мышцы, оставляя слой не более 6–10 мм. Поверхность грудинки должна быть ровной и гладкой, без порезов, выступов жира и остатков поверхностного жира высокой плотности. Далее грудинку необходимо перевернуть плоской поверхностью вверх и зачистить всю жировую и соединительную ткани.

Большое значение имеет придание изделию формы. Процесс формовки выполняется путем тримминга выступающих краев, таким образом, чтобы минимальная толщина края составляла не менее 40 мм. Это необходимо для предотвращения пересыхания краев продукта в процессе термической обработки.

Посол сырья выполняют сухим способом в куске – натиркой смесью морской соли помола № 1 и свежего молотого черного перца в соотношении 2:1 в количестве 10 % к массе сырья без выдержки сырья в посоле. Для лучшего удержания натирочной смеси, необходимо следить за состоянием поверхности грудинки, она должна быть влажной.

Подготовленное сырье укладывают на решетки и загружают в термокамеру «Smoker». для продолжительного копчения, которое проводят в 2 этапа. На первом этапе температуру в камере доводят до 120 °С, затем закладывают продукт с и коптят при поддержании температуры на этом уровне в течение 6–7 часов до температуры в толще продукта 70–75 °С. Каждые 40 минут поверхность продукта увлажняют с помощью форсунок. Далее грудинку плотно заворачивают в фольгу. На втором этапе температуру в камере поднимают до 130-135 °С и продолжают обработку в течение 4–5 часов до температуры в толще 95 °С. По достижении данной температуры необходимо дать стечь образовавшемуся соку. Недопустимо доводить продукт свыше 95 °С, так как структура грудинки становится подобной тушеному продукту. Продукт после тепловой обработки охлаждают холодным воздухом до температуры не выше 4 °С. Охлажденный продукт нарезают порционными кусками толщиной от 40 до 50 мм и упаковывают под вакуумом.

Выход грудинки в соответствии с разработанной технологической схемой составляет 62-65 %. Органолептические и физико-химические показатели качества, установленные для нового продукта, приведены в Таблицах 27, 28.

При органолептической оценке дегустаторами отмечен выраженный вкус и аромат и нежная консистенция продукта, в результате чего именно эти свойства получили наиболее высокие баллы.

Согласно данным определения физико-химических показателей, по содержанию белка грудинка копчено-запеченная относится к высокобелковому продукту (26,6 %). Длительная тепловая обработка приводит к увеличению доли растворимого коллагена, что оказывает решающее влияние на нежность и сочность консистенции, а также способствует повышению усвояемости продукта. Массовая

доля жира в готовом продукте ниже, чем для исходного сырья, что следует объяснять потерями при тепловой обработке.

Таблица 27 – Органолептические показатели грудинки копчено-запеченной

Наименование показателя	Характеристика	Балл
Внешний вид	Поверхность грудинки сухая, темно-коричневого цвета с равномерно распределённым дробленным черным перцем, наличие хрустящей корочки запекания толщиной 1–3 мм	4,8±0,2
Вид и цвет на разрезе	Однородная структура, волокна отделяются при небольшом усилии, при этом не распадаются. Соединительная ткань между внешней и внутренней грудными мышцами имеет гелеобразную структуру, цвет на разрезе серый	4,9±0,1
Вкус и запах	Выраженный говяжий мясной вкус с легким ароматом копчения и черного перца. Недопустимо наличие кислого привкуса копчения	5,0±0,1
Консистенция	Консистенция мягкая, при механическом воздействии подобна желированному продукту	5,0±0,1

Таблица 28 – Физико-химические показатели грудинки копчено-запеченной

Показатель	Значение
Массовая доля белка, %	26,6±0,33
Массовая доля растворимого коллагена, %	24,9±0,29
Массовая доля жира, %	15,7±0,54
Массовая доля влаги, %	55,9±0,61
Массовая доля хлорида натрия, %	2,4±0,04

Для установления срока годности продукт в вакуумной упаковке передали на хранение при температуре +4 °С. Исследуемый срок хранения составил 14 суток, в течение которого контролировали показатели качества на начало хранения и после окончания (Таблица 29).

Таблица 29 – Показатели качества грудинки копчено-запеченной при хранении

Показатель	Значение при хранении в течение	
	0 суток	14 суток
ТБЧ, мг МА/кг	1,69±0,005	1,87±0,008
рН	6,15±0,05	6,24±0,05
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	1,2×10 <sup>3</sup>	1,8×10 <sup>3</sup>
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта	н/о	н/о
<i>L. monocytogenes</i> , в 25 г продукта	н/о	н/о
БГКП (колиформы), в 1 г	н/о	н/о
Сульфитредуцирующие клостридии, в 0,1 г	н/о	н/о

Согласно полученным данным, длительная тепловая обработка привела к повышению содержания вторичных продуктов окисления (величина ТБЧ), что может быть объяснено катализирующим действием гемовых пигментов и негемового железа. Вместе с тем ТБЧ остается ниже значения (2,0 мг МА/кг), при котором появляются пороки запаха и вкуса как до, так и после хранения. Значение активной кислотности изменилось от начального 6,15 до 6,24 через 14 суток хранения. Микробиологические показатели соответствуют нормативным, что свидетельствует о безопасности продукта.

Полученные результаты доказывают эффективность разработанной технологии нового продукта из высококачественной говядины сухого созревания.

Результатом практической реализации выполненных исследований явилась разработка нормативной документации на новый вид продукта. Технология апробирована на предприятии и внедрена в производство.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. По результатам экспериментальных исследований сухого созревания высококачественной говядины от скота породы герефорд сибирской селекции расширены научно-практические представления о послеубойных изменениях мяса, взаимозависимости показателей качества и безопасности, направлениях использования.

2. Получены зависимости рН, ВСС, активности воды, прочностных свойств высококачественной говядины в процессе длительного сухого созревания в отрубях (65 суток). Установлено, что после 14 суток рН созревающего сырья стабилизируется на уровне 5,65,7, при этом повышение ВСС и снижение прочностных свойств более выражены к 35 суткам созревания, 9,5 % и 57,1 %, соответственно, а в последующем изменяются незначительно.

3. Определены соотношения форм миоглобина и спектральные характеристики высококачественной говядины разных стадий длительного сухого созревания. Установлено, что основной формой является оксимиоглобин (65–79%), повышение содержания метмиоглобина (>18%), ухудшающего цвет и инициирующего процессы окисления, выявлено после 35 суток. При этом вплоть до 42 суток изменения в соотношении пигментов не вызывают снижения качества цвета, о чем свидетельствуют результаты объективного контроля в системе CIE Lab и полные цветовые различия.

4. Выполнены комплексные исследования состава и свойств мышечных белков и липидов как индикаторов качества говядины в процессе длительного сухого созревания в отрубях. Экспериментальные данные фракционного состава, растворимости, окислительных изменений белков, а также образования первичных и вторичных продуктов окисления свидетельствуют о целесообразности сухой выдержки в течение 35 суток при принятых условиях.

5. Установлено увеличение количества аминокислот, влияющих на вкусоароматические свойства (11,3 %) и незаменимых (13,5 %) в говядине со сроком сухого созревания 42 суток. Переваривание в условиях *in vitro* доказывает повышение доступности белков говядины сухого созревания в 2,5 раза, что свидетельствует о ее

высокой пищевой ценности. Изменение жирнокислотного профиля говядины сухого созревания заключается в увеличении доли насыщенных жирных кислот.

6. Исследования микробиологических и гигиенических показателей подтверждают безопасность говядины сухого созревания вплоть до 65 суток выдержки.

7. Установлено влияние способа упаковки на физико-химические, органолептические и микробиологические показатели охлажденных полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания. Доказана возможность удлинения срока годности до 5 суток за счет нанесения пленкообразующего покрытия на основе хитозана и дигидрокверцеина при хранении в аэробных условиях. При упаковке в вакууме срок годности полуфабрикатов увеличивается до 14 суток.

8. Разработана технология полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания, включающая предварительную низкотемпературную обработку в вакууме («су-вид» нагрев, 140 мин, 58 °С). Установлены органолептические, физико-химические, микробиологические показатели полуфабриката и их изменения при хранении, обоснован срок годности (7 суток, температура не выше +4 °С).

9. Доказано улучшение качества грудинки говяжьей в процессе сухого созревания, разработана технология грудинки копчено-запеченной из сырья со сроком созревания 21 сутки, установлены показатели качества продукта и изменение их в процессе хранения. Обоснован срок годности, равный 14 суткам.

10. Разработана техническая документация на технологию продуктов из высококачественной говядины сухого созревания, выполнен расчет себестоимости продукции, которая составила 1018,6, 1024,57 и 805,3 руб /кг для полуфабриката натурального, полуфабриката повышенной кулинарной готовности и грудинки копчено-запеченной, соответственно. Разработанные технологии апробированы в производственных условиях и рекомендованы к внедрению.

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ**

**ВМЖ** – внутримышечный жир

**ВСС** – водосвязывающая способность

**ВУС** – водоудерживающая способность

**НЖК** – насыщенные жирные кислоты

**МНЖ** – мононенасыщенные жирные кислоты

**ПНЖК** – полиненасыщенные жирные кислоты

**ИТ** – индекс тромбогенности

**АТ** – индекс атерогенности

**НАК** – незаменимая аминокислота

**БФС** –бромфеноловый синий

**ТБЧ** – тиобарбитуровое число

**ИП** – индекс протеолиза

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Алгоритм расчета йодного числа жира /А. А.Семенова, К. И.Спиридонов, А. Н.Иванкин, В. В. Насонова // Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: сб. материалов конференции (Москва, 26 апреля, 2016 г). – С. 212–220.

2 Амерханов, Х. А. Мясное скотоводство: источник наращивания производства высококачественной говядины в Российской Федерации / Х. А. Амерханов : материалы международной научно-практической конференции Мясное скотоводство – приоритеты и перспективы развития (Оренбург, 25-26 апреля 2018 г).– С. 4–7.

3 Аналитический контроль содержания общего азота летучих оснований, как показателя качества рыбной продукции / Л. С. Абрамова, А. В. Козин, Е. С. Гусева, И. В. Дерунец, М. В. Кочнева // Рыбное хозяйство. – 2021. –№ 4. – С. 89–97.

4 Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов /Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А.Рогов - М.: Колос, 2001. –376 с.

5 Ассоциация генов кальпаин-калпастатиновой системы и параметров экстерьера животных абердин-ангусской породы / Н. Г. Лысенко, А. И. Колесник, И. В. Горайчук, С. Ю. Рубан, А. М. Федота // Факторы экспериментальной эволюции организмов. – 2016. – № 18.– С. 111–116.

6 Атаназевич В. И. Сушка пищевых продуктов : справочное пособие / В. И. Атаназевич. – М.: ДеЛи, 2000. – 294 с.

7 Баженова, Б. А. Исследование активности тканевых протеиназ в процессе автолиза мяса яка / Б. А. Баженова, Г. Н. Амагзаева, М. В. Баглаева, М. Б. Данилов // Все о мясе. –2013. –№ 6. – С. 28–30.

8 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.

9 Горбунова, Н. А. Современные тенденции в исследованиях процесса созревания говядины / Н. А. Горбунова // Все о мясе. –2012. – № 6. – С. 12–14.

10 Горлов, И. А. Инновационные технологии производства «мраморной» говядины с использованием различных пород мясного скота / И. Ф. Горлов, А. А. Кайдулина, А. С. Коломейцева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – № 1 (25). – 4 с.

11 ГОСТ 33818–2016. Мясо. Говядина высококачественная Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 августа 2016 г. № 937-ст : введен впервые : дата введения 2017–07–01. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 11 с.

12 ГОСТ 31663–2012. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июня 2013 г. № 349-ст : введен впервые : дата введения 2014–01–01. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 8 с.

13 ГОСТ 25011–2017 .Мясо и мясные продукты. Методы определения белка : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2017 г № 1017 –ст : дата ведения 2018 –07–01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.

14 ГОСТ 230342–2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 марта 2016 г. № 142-ст : дата введения 2017–01–01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 9 с.

15 ГОСТ 9793 -2016. Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метро-

логии от 14 февраля 2017 г. № 47-ст : дата введения 2018–01–01. - М.: Стандартиформ, 2017. – 6 с.

16 ГОСТ 23041–2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения оксипролина :межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 августа 2015 г. № 1170 ст : дата введения 2016–01–07. – М.: Стандартиформ. – 9 с.

17 ГОСТ 9959–2015. Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 марта 2016 г. № 141-ст : дата введения 2017–01–01. – М.: Стандартиформ. – 2016.– 20 с.

18 Грень, А. И. Химия вкуса и запаха мясных продуктов / А. И. Грень, Л. Е.Высоцкая, Т. В. Михайлова. – Киев: Наукова Думка, 1985. – 100 с.

19 Гуринович, Г. В. Препарат для продления срока годности мясных полуфабрикатов / Г. В. Гуринович, К. В. Лисин, Н. Н. Потипаева // Мясная индустрия. – 2005. – № 2. – С. 31–33.

20 Гуринович, Г. В. Сравнительная оценка качества говядины в зависимости от условий созревания / Г. В. Гуринович, В. А. Хренов, И. С. Патракова // Ползуновский вестник. – 2022. – № 1. – С. 73–78.

21 Гуринович, Г. В. Исследование влияния способов тепловой обработки на физико-химические свойства говядины в зависимости от технологии созревания / Г. В. Гуринович, В. А. Хренов, И. С. Патракова, М. В. Патшина // Пищевые системы. – 2022. –Том 5. – № 4. – С. 376–382.

22 Гуринович, Г.В. Сухое созревание мраморной говядины: технологические аспекты и гигиеническая оценка/ Г.В. Гуринович, О.М. Мышалова, В.А. Хренов : сборник тезисов Всероссийской с международным участием онлайн-конференции Современная биотехнология: актуальные вопросы, инновации и достижения (Кемерово, 21 октября 2020 г.). – С. 49–50.

23 Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года]. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2020. – 26 с

24 Журавская, Н. К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов: учебник / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л. М. Отряшенкова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с.

25 Зверев, С. В. Оптимизация пищевых композиций по профилю идеального белка / С. В. Зверев, В. И. Карпов, М. А. Никитина // Пищевые системы. – 2021. – № 1. – том 4. – С. 4–11.

26 Изучение возможности обогащения жирнокислотного состава говядины полиненасыщенными жирными кислотами / Р. С. Омаров, С. Н. Шлыков, Б. К. Болаев, А. К. Натыров // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. АПК-продукты здорового питания. – 2017. – № 4. – С. 101–109.

27 Изучение фракционного состава белков мяса в процессе длительного холодильного хранения / А. Б. Лисицын, А. Н. Иванкин, Н. Л. Вострикова, И. А. Становова // Все о мясе. – 2014. – № 2. – С. 36–40.

28 Инербаев, Б. О. Мясные породы крупного рогатого скота в СФО / Б. О. Инербаев, И. А. Храмцова: материалы научной сессии «Стратегия развития мясного скотоводства и кормопроизводства в Сибири» (Тюмень, 19–21 июня 2013 г.). – С. 28–33.

29 Инновационные технологии производства «мраморной» говядины с использованием различных пород мясного скота / И. Ф. Горлов, А. А. Кайдулина, А. С. Коломейцева, З. Б. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 1. – С. 68–71.

30 Кайдулина, А. А. Гистологические исследования «мраморности» говядины, полученной от бычков казахской белоголовой породы разных сроков убоя / А. А. Кайдулина, А. В. Ранделин : материалы международной научно-практической конференции Новые подходы, принципы и механизмы повышения эффективности

производства и переработки сельскохозяйственной продукции (Волгоград, 5-6 июня 2014 г.). – С. 55–57.

31 Качественные показатели говядины, полученной от бычков разных пород / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, О. А. Суторма, А. В. Ранделин, Б. К. Болаев, А. К. Натыров // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 100–106.

32 Качественные показатели говядины помесных животных / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Д. В. Николаев, Н. И. Мосолов и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 5. – С. 63–67.

33 Концепция устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: 2017. – 7 с.

34 Кравченко, В. Рынок говядины: от роста производства - к экспорту / В. Кравченко // Животноводство России. – 2022. – № 9. – С. 6–8.

35 Кудряшов, Л.С. Протеолитические ферменты в процессе созревания и посола (обзор) / Л. С. Кудряшов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1987. – № 5. – С. 20–30.

36 Ларионова, П. В. Разработка и экспериментальная апробация систем анализа полиморфизма генов-кандидатов липидного обмена у крупного рогатого скота: специальность 03.00.23. - Биотехнология 06.02,01. - Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Ларионова Полина Валентиновна; Всероссийский государственный научно-исследовательский институт животноводства. - Московская область, Подольский район, пос. Дубровицы. -24 с. – Библиогр.: с. 22 - Место защиты: Дубровицы, 2006.

37 Лисицын, А. Б. Особенности производства и оценки высококачественной говядины / А. Б. Лисицын, И. В. Козырев, Т. М. Миттельштейн // Все о мясе. – 2015. – № 3. – С. 22–25.

38 Лисицын, А. Б. Формирование качества говядины в процессе длительного созревания / А. Б. Лисицын, А. А. Семенова, И. В. Козырев // Все о мясе. – 2017. – № 5. – С. 5–10.

39 Мышалова, О. М. Получение высококачественной говядины / О. М. Мышалова, Г. В. Гуринович, В. А. Хренов : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции Инновационный путь развития как ответ на вызовы нового времени (Уфа, 20 сентября 2021 г.). – С. 32–37.

40 Мышалова, О. М. Производство мраморной говядины в Кузбассе / О. М. Мышалова, В. А. Хренов : сборник тезисов VII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Пищевые инновации и биотехнологии (Кемерово, 14 мая 2019 г.). – С. 179-181.

41 Насонова, В. В. Сравнительное изучение антиокислительной активности дигидрокверцетина в мясопродуктах: специальность 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Насонова Виктория Викторовна; (ГНУ ВНИИ мясной промышленности им В М Горбатова Россельхозакадемии. - 23 с. — Библиогр.: с. 22 - Место защиты: Москва, 2008.

42 Новицкий, И. Разведение мясных коров: особенности и перспективы / И. Новицкий [сельхозпортал.рф].

43 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.

44 Особенности жиросложения и физико-химических свойств жира бычков на фоне скармливания им антиоксидантов / В. О. Ляпина, О. А. Ляпин, Т. Б. Курляева // Известия Оренбургского государственного университета. – 2011. – №4 (32). – С. 317–320.

45 Поиск нетрадиционных путей расширения сырьевой базы для производства мясных изделий / И. А. Глотова, Е. Е. Курчаева, Е. А. Селищева, И. В. Максимов, А. О. Лютикова // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11-1. – С. 138–140.

46 Породы племенных сельскохозяйственных животных и птицы, распространенные в Российской Федерации : каталог. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. — 60 с.

47 Прохоров, И. П. Современные технологии производства «мраморной» говядины / И. П. Прохоров, Р. В. Наумович, Э. М. Ф. Муланги // Научный альманах. — 2016. — № 5-3(19). — С. 433–435.

48 Раджабов, Р. Г. Современное состояние и тенденции развития мясного скотоводства России / Р. Г. Раджабов, Н. В. Иванова // Научный журнал КубГАУ. — Scientific Journal of KubSAU. — 2017 — № 132 — URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/83.pdf> (Дата обращения: 17.01.2023)

49 Разработка прибора для определения активности воды в пищевых продуктах криоскопическим методом / А. К. Алейников, Е. В. Фатьянов, А. В. Евтеев // Аграрный научный журнал. — 2013. — № 8. — С. 38–41.

50 Розанцев, Э. Г. Элементы биохимической физики созревания мяса / Э. Г. Розанцев // Мясная индустрия. — 2008. — № 8. — С. 28–33.

51 Рудаков, О.Б. Дигидрокверцетин в мясной продукции / О. Б. Рудаков, Л. В. Рудакова // Мясные технологии. — 2020. - № 5. — С.38-41.

52 Сельское хозяйство в России. 2021 : статистический сборник / Росстат —М. : 2021. — 100 с.

53 Сиротинин, В. И. Выращивание молодняка в скотоводстве/ В. И. Сиротинин, А. Д. Волков. — СПб. : Лань, 2007. — 222 с.

54 Халтурин, С. А Фракционный состав белка мяса разного вида / С. А. Халтурин // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. — 2018. — № 20. — С. 210–212.

55 Хитин/хитозан и его производные : фундаментальные и прикладные аспекты / В. П. Варламов, А. В. Ильина, Б. Ц. Шагдарова, А. П. Луньков, И. С. Мысякина // Успехи биологической химии. — 2020. — т. 60. — С. 317-368.

56 Хренов, В. А. Регулирование качества говядины сухим созреванием /

В.А. Хренов, Г.В. Гуринович, И.С. Патракова, Л.С. Кудряшов // Мясная индустрия. – 2022. – № 9. – С. 24–28.

57 Хренов, В. А. Исследование окислительных изменений в говядине при сухом созревании / В. А. Хренов, Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, Л. С. Кудряшов // Все о мясе. – 2022. – № 5. – С. 54–57.

58 Хренов, В. А. Химический состав и цветовые характеристики говядины молодняка черно-пестрой породы / В. А. Хренов, О. М. Мышалова, Т. Р. Велиева : сборник тезисов VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Пищевые инновации и биотехнологии (Кемерово, 25-27 мая 2020 г.). – С. 132–133.

59 Чернуха, И. М. Сравнительное изучение автолитических изменений протеома мышечной ткани свинины и говядины / И. М. Чернуха // Теория и практика переработки мяса. – 2018. – № 3. – С. 56–63.

60 Чинаров В. И. Молочное и мясное скотоводство России: проблемы и перспективы / В. И. Чинаров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 2. – С. 8–11.

61 A comparison of dry and wet aging on physicochemical and sensory characteristics of pork loin with two aging times / J - H. Kim, J - H. Kim, D - S. Ji, H - J. Jang, C - H. Lee // Food Science. – 2018. –v. 27 (6). – P. 1551–1559.

62 A contribution of beef to human health: A review of the role of the animal production systems/ D. Pighin, A. Pazos, V. Chamorro et al. // The Scientific World Journal. – 2016. – 2016. – Article 8681491.

63 Aaslyng, M. D. Meat flavour in pork and beef from animal to meal / M. D. Aaslyng, L. Meinert // Meat Science. – 2017. – v. 132. – P. 112–117.

64 Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods / H. J. Lee, J. Choe, K. T. Kim, J. Oh, D. G. Lee, K. M. Kwon, Y. Choi, C. Jo // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2017. – v. 30. – P. 1733–1738.

65 Ali, M. Physicochemical attributes, oxidative stability, and microbial profile of boneless sirloin and bone-in T-bone steaks from Hanwoo steer with reference to dry-aging /M. Ali, Ki-C. Nam // *Journal Animal Science Technology*. – 2021. – v. 63 (5). – P. 1169–1181.

66 Barendse, W. The leptin C73T missense mutation is not associated with marbling and fatness traits in a large gene mapping experiment in Australian cattle / W. Barendse, R. J. Bunch, B. E. Harrison // *Animal Genetics*. – 1999. – v. 36. – P. 86–88.

67 Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments / R. B. Venkata, A. S. Sivakumar, D. W. Jeong, Y. B. Woo, S. J. Park, S. Y. Lee, J. Byun, et al. // *Animal Science Journal*. – 2015. – v. 86. - P. 1–16.

68 Beef tenderness and macromere length / F. J. M. Smulders, B. B. Marsh, D. R. Swartz, R. L. Russell, M. E. Hoenecke // *Meat Science*. – 1990. – v. 28. – P. 349–363.

69 Bonanome, A. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels / A. Bonanome, S. M. Grundy // *The New England Journal of Medicine* . – 1988. – v. 318. – P. 1244–1248.

70 Cabrera, M. C. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America / M. C. Cabrera, A. Saadoun // *Meat Science*. – 2014. – v. 98 (3). – P. 435–444.

71 Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef / H. J. Lee, J. W. Yoon, M. Kim, H. Oh, Y. Yoon, C. Jo // *Meat Science*. – 2019. – v. 153. – P. 152–158.

72 Characterizing the flavor precursors and liberation mechanisms of various dry-aging methods in cull beef loins using metabolomics and microbiome approaches / D. Setyabrata, K. Vierck, T.R. Sheets, J.F. Ledako, B.R. Cooper, T.A. Johnson et al. // *Metabolites*. – 2022. – v. 12(6). – Article 472.

73 Chelh, I. Technical note: A simplified procedure for myofibril hydrophobicity determination / I. Chelh, P. Gatellier, V. Santé-Lhoutellier // *Meat Science*. – 2006. – v. 74 (4). – P. 681-683.

74 Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force / K. I. Hidrum, R. Rødbotten, M. Hoy, J. Berg, // *Meat Science*. – 2009. – v. 83 (2). – P. 302–307.

75 Cold-tolerant microorganisms causing spoilage of vacuum-packed beef under time-temperature abuse determined by culture and qPCR / D.-I. Samart, L. Fuhrer, M. Garies, K. Schwaiger // *Food Microbiology*. – 2022. – v. 109. – Article 104147.

76 Colle, M.J. Effect of extended aging on calpain-1 and -2 activity in beef *longissimus lumborum* and *semimembranosus* muscles / M. J. Colle, M. E. Doumit // *Meat Science*. – 2017. – v. 131. – P. 142–145.

77 Color and lipid stability of dry aged beef during retail display / F. A. Ribeiro, S. K. Lau, S. B. Pflanzler, J. Subbiah, C. R. Calkins // *Meat Science*. – 2021. – v. 171. – Article 108274.

78 Comparisons of beef fatty acid and amino acid characteristics between Jeju Black Cattle, Hanwoo, and Wagyu breeds / S.-H. Lee, C.-N. Kim, K.-B. Ko, S.-P. Park, H.-K. Kim, J.-M. Kim, Y.-C. Ryu // *Food Science of Animal Resources*. – 2019. – v. 39(3). – P. 1–17.

79 Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of dry-aged beef from Hanwoo cows slaughtered at 60 or 80 months old / D. T. Utama, Y. J. Kim, H. S. Jeong, J. Kim, F. H. Barido, S. K. Lee // *Asian-Australas Journal Animal Science*. – 2020. – v. 33. – N. 1. – P. 157–165.

80 Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef *longissimus* muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag / H. Stenström, X. Li, M. C. Hunt, K. Lundström // *Meat Science*. – 2014. – v. 96. – P. 661–666.

81 Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks / B. M. Sitz, C. R. Calkins, D. M. Feuz, W. J. Umberger, K. M. Eskridge // *Journal of Animal Science*. – 2006. – v. 84. – P. 1221–1226.

82 Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle / I. Fumiko, Y. Miyazaki, R. Tsuyuki, K. Kato, A. Egusa, H. Ogoshi, T. Nishimura // *Meat Science*. – 2016. – v. 112. – P. 46–51.

83 Darmadji, P. Effect of chitosan in meat preservation / P. Darmadji, M. Izumimoto // *Meat Science*. – 1994. – v. 38 (2). – P. 243–254.

84 Determination of indicators for dry aged beef quality / H. Lee, M. Jang, S. Park, J. Jing, Y.- S. Shim, J.- C. Kim // *Food Science Animal Resources*. – 2019. –v. 39(6). – P. 934–942.

85 Determination of salable shelf-life for wrap packaged dry-aged beef during cold storage / Hy. J. Lee, J. Choe, J. W. Yoon, S. Kim, H. Oh, Y. Yoon, C. Jo // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. – 2018. – v. 38 (2). – P. 251–258.

86 Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films / B. Ouattara, R. E. Simard, G. Piette, A. Begin, R. A. Holley // *Journal of Food Science*. – 2000. – v. 65(5). – P. 768–773.

87 Diversity and characteristics of the meat microbiological community on dry aged beef / S. Ryu, M. R. Park, B. E. Maburutse, W. J. Lee, D -J. Park, S. Cho, I. Hwang, S. Oh, Y. Kim // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2018. – v. 28 (1). – P. 105–108.

88 Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour / M. L. Ahlstrom, M. Seyfert, M. C. Hunt, D. E. Johnson // *Meat Science*. – 2006. – v. 73. – P. 674–679

89 Dry-aged beef manufactured in Japan: Microbiota identification and their effects on product characteristics / N. Mikami, T. Toyotome, Y. Yamashiro, K. Sugo, K. Yoshitomi, M. Takaya, K.- H. Han, M. Fukushima, K. Shimada // *Food Research International*. - 2021. – v. 140. – Article 110020.

90 Dry aging of beef: Review / D. Dashdorj, V. K. Tripathi, S. Cho, Y. Kim, I. Hwang // *Journal of Animal Science and Technology*. – 2016. – v. 58. – 20 p.

91 Dry-aging effects on palatability of beef *longissimus muscle* / R. E. Campbell, M. C. Hunt, P. Levis, E. Chambers // *Journal Food Science*. – 2001. – v. 66. – P. 196–199.

92 Dry-aging improves eating quality attributes of low marbled grass-fed beef loins / Y. H. B. Kim, J. Berger, J. Lee, H. - W. Kim, S. Martini, J. Legako, S. Zuelly, P. Ebner // *Meat and Muscle Biology*. – 2017. – v. 1(3). – P. 87.

93 Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins / J. Berger,

Y. H. B. Kim, J. F. Legako, S. Martini, J. Lee, P. Ebner, et al. // *Meat Science*. – 2018. – v. 145. – P. 285–291.

94 Dry versus wet aging of beef: retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US choice and US select short loins / R. D. Smith, K. L. Nicholson, J. D. W. Nicholson et al. // *Meat Science*. – 2008. – v. 79. – P. 631–639.

95 Dry versus wet aging of beef: retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups / M. A. Laster, R. D. Smith, K. L. Nicholson, J. D. W. Nicholson, R. K. Miller et al. // *Meat Science*. – 2008. – v. 80. – P. 795–804.

96 Effects of aging and aging method on physicochemical and sensory traits of different beef cuts / M. Kim, J. Choe, H. J. Lee, Y. Yoon, S. Yoon, C. Jo // *Food Science of Animal Resources*. – 2019. – v. 39(1). – P. 54–64.

97 Effect of aging on the nutritional value and sensory properties of marble beef / I. V. Kozyrev, T. M. Mittelstein, T. G. Kuznetsova, A. N. Ivankin, O. A. Kuznetsova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2019. – № 10 (1). – P. 874–887.

98 Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package / M. Vitale, M. Pérez-Juan, E. Lloret, J. Arnau, C. E. Realini // *Meat Science*. – 2014. – v. 96. – P. 270–277.

99 Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of *Longissimus lumborum* steaks from cull Holstein cows / E. Obuz, L. Akkaya, V. Gök, M. E. Dikeman // *Meat Science*. – 2014. – v. 96. – P. 1227–1232.

100 Effects of combined wet- and dry-aging techniques on the physicochemical and sensory attributes of beef ribeye steaks from grain-fed crossbred Zebu steers / G. F. Vilella, C. L. Gomes, C. T. Battaglia, M. T. B. Pacheco, V. S. N. da Silva, A. Rodas-González, S. B. Pflanze // *Canadian Journal Animal Science*. – 2019. – v. 99. – P. 497–504.

101 Effects of contrasting concentrate feeding strategies on meat quality of growing and finishing dairy bulls offered grass silage and barley based diets / K. Manni, M. Rinne, A. Huuskonen, P. Huhtanen // *Meat Science*. – 2018. – v. 143. – P. 184–189.

102 Effects of dietary starch types on growth performance, meat quality and myofibre type of finishing pigs / Y. J. Li, J. L. Li, L. Zhang, F. Gao, G. H. Zhou // *Meat Science*. – 2017. – v. 131. – P. 60–67.

103 Effects of different ageing methods on colour, yield, oxidation and sensory qualities of Australian beef loins consumed in Australia and Japan / M. Ha, P. McGilchrist, R. Polkinghorne, L. Huynh, J. Galletly, K. Kobayashi et al. // *Food Research International*. – 2019. – v. 125. – Article 108528.

104 Effect of different aging methods on the formation of aroma volatiles in beef strip loins / D. Lee, H. J. Lee, J. W. Yoon, M. Kim, C. Jo // *Foods*. – 2021. – 10 (1). – Article 146.

105 Effects of dry-aging on color and oxidation stabilities of beef loins / D. Setyabrata, H. -W. Kim, J. Berger, S. Zuelly, Y. H. B. Kim : Reciprocal Meat Conference Undergraduate Research Competition (Saint Paul, USA, Jun 2023). – P. 168.

106 Kim, Y. H. B. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins / Y. H. B. Kim, R. Kemp, L. M. Samuelsson // *Meat Science*. – 2016. – v. 111. – P. 168–176.

107 Effects of dry aging on palatability attributes and flavor-related metabolites of pork loins / D. Setyabrata, A. D. Wagber, B. R. Cooper, Y. H. B. Kim // *Foods*. – 2021. – 10(10). – Article 2503.

108 Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Fresian cull cows / D. Franko, E. Bispo, L. Gonzalez, J. A. Vazquez, T. Moreno // *Meat Science*. – 2009. – N. 83(3). – P. 484–491.

109 Effects of marbling flecks characteristics on meat quality and storage stability of Hanwoo beef / S. H. Cho, W. Y. Lee, K. K. Seo, Y. S. Kim, S. M. Kang et al. : 65th International Congress of Meat Science and Technology (Kobe, Japan, August 22-25 2022). – P. 759–761.

110 Effects of marbling on physical and sensory characteristics of ribeye steaks from four different cattle breeds / N. N. Shahrai, A. S. Babji, M. Y. Maskat et. al. // *Animal Bioscience*. – 2021. – v. 34(5). – P. 904–913.

111 Effects of marbling texture on muscle fiber and collagen characteristics /

K. R. Vierck, T. G. O'Quinn, J. A. Noel, T. A. Houser, E. A. E. Boyle, J. M. Gonzalez // *Meat and Muscle Biology*. – 2018. – v. 2. – P. 75–82.

112 Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins / A. N., Lepper-Blilie, E. P. Berg, D. S. Buchanan, P. T. Berg // *Meat Science*. – 2016. – v. 112. – P. 63–68.

113 Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles / S. L. Gruber, J. D. Tatum, J. A. Scanga, P. L. Chapman, G. C. Smith, K. E. Belk // *Journal of Animal Science*. – 2006. – v. 84. – P. 3387–3396.

114 Flavour perception of oxidation in beef / M. M. Campo, G. R. Nute, S. I. Hughes, M. Enser, J. D. Wood, R. I. Richardson // *Meat Science*. – 2006. – v. 72. – P. 303–311.

115 Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in beef / R. A. Mancini, R. Ramanathan // *Meat Science*. – 2014. – v. 98. – P. 65–70.

116 Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins / Y. H. B. Kim, B. Meyers, H. -W. Kim, A. M. Liceaga, R. P. Lemenager // *Meat Science*. – 2017. – v. 123. – P. 57–63.

117 Effect of two organic production strategies and ageing time on textural characteristics of beef from the retina breed / S.Garcia-Torres, A. Lopez-Gajardo, D. Tejerina, E. Prior // *Foods*. – 2020. – v. 19(10). – Article 1417.

118 Effects of relative humidity on meat quality in dry aged beef / F. A. Ribeiro, S. K. Lau, M. L. Henriott, N. J. Herrera, N. A. Bland, J. Subbiah, C. R. Calkins // *Nebraska Beef Cattle Reports*. – 2020. –1082.

119 Fatty acid composition and oxidation in beef muscles as affected by ageing times and cooking methods / D. Gruffat, D. Bauchart, A.Thomasa, E. Parafita, D. Durand // *Food Chemistry*. – 2021. – 343. – Article 128476.

120 Flavor, tenderness, and related chemical changes of aged beef strip loins / B. A. Foraker, D. A. Gredell, J. F. Legako, R. D. Stevens, J. D. Tatum, K. E. Belk, D. R. Woerner // *Meat and Muscle Biology*. – 2020. – v. 4(1). –28. – P. 1–18.

121 Flavour perception of oxidation in beef / M. M. Campo, G. R. Nute, S. I. Hughes, M. Enser, J. D. Wood, R. I. Richardson // *Meat Science*. – 2006. – v. 72. – P. 303–311.

122 Frank, D. Consumer acceptability of intramuscular fat / D. Frank, S. -T. Joo, R. Warner // *Korean Journal of Food Science of Animal Resources*. – 2016. – v. 36. – N. 6. – P. 699–708.

123 Frankel, E.N. Lipid oxidation / E.N. Frankel // *Progress in Lipid Research*. – 1980. – v. 19. – Issues 1-2. – P. 1–22.

124 Genetic map of DNA loci on bovine chromosome 1 / W. Barendse, S. M. Armitage, A. M. Ryan, S. S. Moore, D. Clayton, M. Georges, J. E. Womack, J. Hetzel // *Genomics*. – 1997. – v. 18. – P. 602–608.

125 Gel electrophoretic analysis of the protein changes in ground beef stored at 2°C / Y. Xiong, A. F. Anglemier // *Journal of Food Science*. – 2006. – v. 54 (2). – P. 87–290.

126 Gill, C.O. Efficiency of a commercial process for the storage and distribution of vacuum-packaged beef / C. O. Gill, S.D. M. Jones // *Journal Food Protection*. - 1992. – v. 155. – P. 880–887.

127 Gornall, A.G. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. / A. G. Gornal, C. J. Bardawill, M. M. David // *Journal of biological chemistry*. – 1949. – v. 177. – P. 751–766.

128 Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle / E. Albrecht, F. Teuscher, K. Ender, J. Wegner // *Journal of Animal Science*. – 2006. – v. 84. – P. 1067–1075.

129 Growth rate, body composition, and meat tenderness in early vs. traditionally weaned beef calves / D. L. Meyer, M. S. Kerley, E. L. Walker, D. H. Keisler et al. // *Journal of Animal Science* – 2005. – v. 83. – P. 2752–2761.

130 Grujić, R. Analysis of myofibrillar and sarcoplasmic proteins in pork meat by capillary gel electrophoresis / R. Grujić, D. Savanović // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – v. 6. – N. 2. – P. 421–428.

131 Gurinovich, G. V. Effect of Dry Maturation Time and the Curing Composition on Proteins in High Quality Beef / G. V. Gurinovich, I. S. Patrakova, V. A. Khrenov // Food Processing: Techniques and Technology. – 2022. – v. 52 (1). – P. 98–107.

132 Hanagasaki, T. Changes in free amino acid content and hardness of beef while dry-aging with *Mucor flavus* / T. Hanagasaki, N. Asato // Journal of Animal Science and Technology. – 2018. – v. 60. – Article 19

133 Hodges, J. H. Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts / J. H. Hodges, V. R. Cahill, H. W. Ockerman // Journal of Food Science. – 1974. – v. 39. – P. 143–146

134 Hwang, Y.H. Fatty acid profiles of ten muscles from high and low marbled (quality grade 1++ and 2) Hanwoo steers / Y. H. Hwang, S. T. Joo // Korean Journal Food Science Animal Resources. – 2016. – v. 36. – № 5. – P. 679–688.

135 Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters / T. G. O’Quinn, D. R. Woerner, T. E. Engle, P. L. Chapman, J. F. Legako, J. C. Brooks, K. E. Belk, J. D. Tatum // Meat Science. – 2016. – v. 112. – P. 90–102.

136 Identification of microorganisms associated with the quality improvement of dry-aged beef through microbiome analysis and dna sequencing, and evaluation of their effects on beef quality / H. Oh, H. J. Lee, C. Jo, Y. Yong // Journal Food Science. – 2019. – v. 84. – (10). – P. 2944–2954.

137 Identification of microbial flora in dry aged beef to evaluate the rancidity during dry aging / S. Kim, J - K. Kim, S. Park, J. Kim, Y. Yoon, H. Lee // Processes. – 2021. – v. 9(11). – Article 2049.

138 Impacts of various dry-aging methods on meat quality and palatability attributes of beef loins from cull cow / D. Setyabrata, S. Xue, T. Cramer, K. Vierck, J.F. Legako, Y.H. B. Kim // Meat and Muscle Biology. – 2019. – v. 3(2). –P. 45–45.

139 In-bag dry- vs. wet-aged lamb: quality, consumer acceptability, oxidative stability and in vitro digestibility / R. Zhang, M. J. Y. Yoo, C. E. Realini, M. Staincliffe, M. M. Farouk // Foods. – 2021. - v. 10. – Article 41.

140 Influence of aging time, temperature and relative humidity on the sensory quality of dry-aged Belgian Blue beef / E. Vossen, L. Dewulf, G. Van Royen, I. Van Damme, L. De Zutter, I. Fraeye, S. De Smet // *Meat Science*. – 2022. – 183. – Article 108659.

141 Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the biceps *femoris* and *semimembranosus* / M. J. Colle, R. P. Richard, K. M. Killinger, J. C. Bohlscheid, A. R. Gray, W. I. Loucks, M. E. Doumit // *Meat Science*. – 2016. – v. 119. – P. 110–117.

142 Influence of dry and wet beef maturation on the microbiological quality and safety/ J. C. Ribeiro, I. G. Cunha; B. P. Dias, W. F. Augusto, É. M. Rodrigues // *Semina: Ciências Agrárias Londrina*. – 2021. – v. 42 (1). – P. 155–166.

143 Influence of marbling texture on beef rib palatability / W. G. Moody, J. A. Jacobs, J. D. Kemp // *Journal Animal Science*. – 1970. – v. 31. – P. 1074–1077.

144 Influence of PA6 nanocomposite films on the stability of vacuum-aged beef loins during storage in modified atmospheres / P. A. Picouet, A. Fernandez, C. E. Realini, E. Lloret // *Meat Science*. – 2014. – v. 96 (1). – P. 574–580.

145 Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers / J. F. Hocquette, F. Gondret, E. Baéza, F. Médale, C. Jurie, D. W. Pethick // *Animal*. – 2010. – v. 4. – P. 303–319.

146 Jones, R.J. Observations on the succession dynamics of lactic acid bacteria populations in chill-stored vacuum-packaged beef / R. J. Jones // *International Journal of Food Microbiology*. – 2004. – v. 90. – P. 273–282.

147 Keys to production and processing of Hanwoo beef: A perspective of tradition and science / C. Jo, S. H. Cho, J. Chang, K. C. Nam // *Animal Frontiers*. – 2012. – v. 2. – P. 32–38.

148 Khan, M.I. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors – a systematic review / M. I. Khan, C. Jo, M. R. Tariq // *Meat Science*. – 2015. – v. 110. – P. 278–284.

149 Kim, Y. H. B. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins / Y. H. B. Kim, R. Kemp, L. M Samuelsson // Meat Science. – 2016. – v. 111. – P. 168–76.

150 Koutsidis, G. Water-soluble precursors of beef flavor. Part II: Effect of post mortem conditioning / G. Koutsidis, J. S. Elmore, M. J. Oruna-Concha, M. M. Campo, J. D. Woo, D. S. Mottram // Meat Science – 2008. – v. 79. – P. 270–277.

151 Laudadio, V. Influence of substituting dietary soybean meal for dehulled-micronized lupin (*Lupinus albus cv. Multitalia*) on early phase laying hens production and egg quality / V. Laudadio, V. Tufarellim / Livest Science. – 2010. – v. 140. – P. 184–188.

152 Levine, R. L. Carbonyl assays for determination of oxidatively modified proteins / R. L. Levine, J. A. Williams, E. R. Stadtman, E. Shacter // Methods in Enzymology. – 1994. – v. 233. – P. 346–357.

153 Lewicki, P.P. Drying / P.P. Lewicki : Encyclopedia of Meat Science. – 2004, Elsevier. - P. 402–411.

154 Li, X. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum / X. Li, J. Babol, A. Wallby, K. Lundström // Meat Science. – 2013. – v. 95(2). – P. 229–234.

155 Lisitsyn, A.B. Fatty acid composition of meat from various animal species and the role of technological factors in transisomerization of fatty acids / A. B. Lisitsyn, I. M. Chernukha, O. I. Lunina // Foods and Raw Materials. – 2017. – v. 5 (2). – P. 54–61.

156 Main regulatory factors of marbling level in beef cattle / D. V. Nguyen, O. C. Nguyen, A. E. O. Malau-Aduli // Veterinary and Animal Science. – 2021. – v. 14. – Article 100219.

157 Marbling: Management of cattle to maximize the deposition of intramuscular adipose tissue / S. B. Smith, B/ J. Johnson, G. W. Davis R. Chair : Cattlemen’s Beef Board and National Cattlemen’s Beef Association, 2014

158 Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review/ S.de Smet, K. Raes, D. Demeyer // Animal Research. – 2004. – 53. – P. 81-98.

159 Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors: A systematic review/ M. I. Khan, C. Jo, M.R. Tariq // Meat Science. – 2015. – v. 110. – P. 278–284.

160 Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in dry aging bag or vacuum / X. Li, J. Babo, A. Wallby, K. Lundstrom // Meat Science – 2013. – v. 95. – P. 229-234.

161 Mechanisms and strategies to tailor dry-aged meat flavor / R. Zhang, M. J. Y. Yoo, A. B. Ross, M. M. Farouk // Trends in Food Science & Technology. – 2022. – v. 119. – P. 400–411.

162 Metabolic fingerprinting of in-bag dry- and wet-aged lamb with rapid evaporative ionisation mass spectroscopy / R. Zhang, A. B. Ross, M. J. Y. Yoo, M. M. Farouk // Food Chemistry. – 2021a. – v. 347. – Article 128999.

163 Minks, D. The influence of aging beef in vacuum / D. Minks, W. Stringer // Journal of Food Science. – 2006. – v. 37 (5). – P. 736–738.

164 Molecular characterization of microbial and fungal communities on dry-aged beef of Hanwoo using metagenomic analysis / S. Ryu, M. Shin, S. Cho, I. Hwang, Y. Kim, S. Oh // Foods. – 2020. – v. 9, – Article 1571.

165 Novel approach to aging beef: Vacuum-packaged foodservice steaks versus vacuum-packaged subprimals / C. Eastwood, N. A. Ashley, R. K. Miller, K. B. Gehring, J.W. Savell // Meat Science – 2016. – v. 116. – P. 230–235.

166 Oler, A. Slaughter and carcass characteristics, chemical composition and physical properties of *longissimus lumborum* muscle of heifers as related to marbling class / A. Oler, B. Głowinska, K. Młynek // Archives Animal Breeding – 2015. – v. 58. – P. 145–150.

167 Oxidation of myofibrillar protein and cross linking behavior during processing of traditional air-dried yak (*Bos grunniens*) meat in relation to digestibility // J. Ma, X. Wang, Q. Li, L. Zhang, Z. Wang, L. Han, Q. Yu // LWT. – 2021. – v. 142. – Article 110984.

168 Perry, N. Dry aging beef / N. Perry // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2012. – v. 1(1). – P. 78–80.

169 Postmortem aging of beef with a special reference to the dry aging / M.I. Khan,

S. Jung, K. C. Nam, C. Jo // *Korean Journal Food Science Animal*. – 2016. – v. 36. – N.2. – P. 159–169.

170 Prediction of consumer palatability in beef using visual marbling scores and chemical intramuscular fat percentage / S. M. Stewart, G. E. Gardner, P. McGillchrist, D. W. Pethick, R. Polkinghome // *Meat Science*. – 2021. – v. 181. – Article 108322.

171 PrimeSafe. Ageing of beef. PrimeNote PN: PO5: 201709. <https://www.primesafe.vic.gov.au/standards-and-guidelines/primenotes/ageing-of-beef/#AcceptedMeasures>

172 Protein oxidation in muscle foods: A review / M. N. Lund, M. Heinonen, C. P. Baron, M. Estévez // *Molecular Nutrition & Food Research*. – 2010. – v. 55. – P. 83–95.

173 Quality and consumer acceptability of in-bag dry- and wet aged lamb / R. Zhang, M. J. Joo, C. R. Craigie, M. Staincliffe, C. E. Realini, J. C. Ewan, M. M. Farouk : *International Congress of Meat Science and Technology (Australia, Melbourne, August, 2018)*. – 2 p.

174 Rejane, C.G. A Review of the antimicrobial activity of chitosan / C.G. Rejane, D. B. Douglas, B. G. A. Odilio // *Polímeros*. – 2009. – v. 19(3). – P. 241–247.

175 Relationship between relative humidity and moisture loss in dry aged beef / F. A. Ribeiro, S. K. Lau, N. Herrera, M. Henriott, N. Bland, S. Bertelli Pflanzner, J. Subbiah, C. Calkins // *Meat and Muscle Biology*. – 2019. – v. 3(2). – P. 62.

176 Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks / W. R. Caine, J. L. Aalhus, D. R. Best, M. E. R. Dugan, L. E. Jeremiah // *Meat Science*. – 2003. – v. 64. – P. 333–339.

177 Role of calpain system in meat tenderness: A review / Z. F. Bhat, J. D. Morton, S. L. Mason, A.-E.-D.-A. Bekhit // *Food Science and Human Wellness*. – 2018. – v. 7 (3). – P. 196–204.

178 Role of moisture evaporation in the taste attributes of dry- and wet-aged beef determined by chemical and electronic tongue analyses / H. J. Lee, J. Choe, M. Kim, H.C. Kim, J. W. Yoon, S. W. Oh, C. Jo // *Meat Science*. – 2019. – v. 151. – P. 82–88.

- 179 Savell, J.W. The role of fat in the palatability of beef, pork, and lamb / J. W. Savell, H. R. Cross. // *Designing foods: Animal product options in the marketplace*. – National Academy Press. Washington, D. C. –1988. – P. 345.
- 180 Sensory quality characteristics with different beef quality grades and surface texture features assessed by dented area and firmness, and the relation to muscle fiber and bundle characteristics / Y. Lee, B. Lee, H. K. Kim S. J. Kang et al. // *Meat Science*. – 2018. – v. 145. – P.195–201.
- 181 Seydeman, S.C. Vacuum packaging of fresh beef: A review / S. C. Seydeman, P. R. Durland // *Journal of Food Quality*. – 2007. – v. 6(1). – P. 29–47.
- 182 Storage stability of raw beef, dry-aging beef, and wet-aging beef at refrigeration temperature / S.B. An, S.H. Hwang, Y.S. Cho // *Journal of Safety and Hygiene*. – 2020. – v. 35 (2). – P.170–176.
- 183 Tang, J. Krzywicki revisited: Equations for spectrophotometric determination of myoglobin redox forms in aqueous meat extracts / J. Tang, C. Faustman, T. A. Hoagland // *Journal of Food Science*. – 2004. – v. 69. – P. 717–720.
- 184 The applicability of total color difference  $\Delta E$  for determining the blooming time in *longissimus lumborum* and *semimembranosus muscles* from Holstein-Friesian bulls at different ageing times / K. Tkacz, M. Modzelewska-Kapituła, A. Wiek, Z. Nogalski // *Applied Science*. – 2020. – Article 10.
- 185 The effect of aging on the nutritional value and sensory properties of marble beef / I. V. Kozyrev, T. M. Mittelstein, T. G. Kuznetsova, A. N. Ivankin, O. A Kuznetsova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2019. – № 10 (1). – P. 874–887.
- 186 The influence of forage diets and aging on beef palatability / T. Jiang, J.R. Busboom, M. L. Nelson, J. O'Fallon, T. P. Ringkob, K. R. Rogers-Klette, D. Joos, K. Piper // *Meat Science*. – 2010. – v. 86. – P.642–650.
- 187 The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review / D. Santos, M.J.Monteiro, H.-P. Voss et al // *Livestock Science*. – 2021. – 250. – Article 104573.

188 Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its association to quality and spoilage parameters for beef / N. W. B. Holmab, A. E-D. Bechit, D. L. Hopkin. : 67th International Congress of Meat Science and Technology (Krakow, Poland 23-27 August 2021). – P. 251.

189 Ulbricht, T. L. V. Coronary heart disease: Seven dietary factors / T. L. V. Ulbricht, D. A. T. Southgate // *The Lancet*. – 1991. – v. 338 (8773). – P. 985–992.

190 Ultimate pH effects on dry-aged beef quality / F. A. Ribeiro, S. K. Lau, R.A. Furbek, N. J. Herrera, M. L. Henriot, N. A. Bland, S. C/ Fernando, J. Subbiah, G. A. Sallivan, C. R. Calkibs // *Meat Science*. – 2021. – v. 172 (4). – Article 108365.

191 Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies / Y. H. B. D. Kim, D. Ma, M. M. Setyabrata, S. M. Farouk, E. Lonergan et al. // *Meat Science*. – 2018. – v. 144. – P. 74–90.

192 UTS2R gene polymorphisms are associated with fatty acid composition in Japanese beef cattle / S. Sasazaki, K. Akiyama, T. Narukami, H. Matsumoto, K. Oyama, H. Mannen // *Animal Science Journal*. – 2014. – v. 85(5). – P. 499–505.

193 Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles / M. S. Rhee, T. L. Wheeler, S. D. Shackelford, M. Koochmaraie // *Journal Animal Science*. – 2004. – v. 82. – P. 534–550.

194 Vierck, K. Evaluation of the role of marbling texture on beef palatability: A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree master of science / K. Vierck. - Kansas state university, Manhattan, Kansas, 2017. – 124 c.

195 Volatile and non-volatile metabolite changes in 140-day stored vacuum packaged chilled beef and potential shelf life markers / D. Frank, J. Hughes, U. Piyasiri, Y. Zhang, M. Kaur, Y. Li, G. Mellor, J. Stark // *Meat Science*. – 2020. – v. 161. – Article 108016.

196 Volatile profile of dry and wet aged beef loin and its relationship with consumer flavour liking / Z. Li, M. Ha, D. Frank, P. McGilchrist, R. D. Warner // *Foods*. – 2021. – v. 10. – Article 3113.

197 Warren, K. E. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins / K. E. Warren, C. L. Kastner // *Journal of Muscle Foods*. – 1992. – v. 3. – P. 151–157.

198 Water-soluble precursors of beef flavor. Part II: Effect of post mortem conditioning / G. Koutsidis, J. S. Elmore, M. J. Oruna-Concha, M. M. Campo, J. D. Woo, D.S Mottram // Meat Science. – 2008. – v. 79. – P. 270-277.

199 Wood, J. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review / J. Wood // Meat Science. – 2008. – v. 78(4). – P. 343–358.

200 Zhang, R. Oxidative stability, proteolysis, and *in vitro* digestibility of fresh and long-term frozen stored in-bag dry-aged lean beef / R. Zhang, M. J. Y. Yoo, M. M. Farouk // Food Chemistry. – 2021. – 344. – Article 128601.

201 Zhou, G. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham / G. Zhou, G. Zhao // Meat Science. – 2007. – v. 77. – P. 114-120.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Расчет экономической эффективности производства продукции из высококачественной говядины сухого созревания**

Выполнен расчет экономической эффективности производства изделий из высококачественной говядины сухого созревания. Расчет выполнен на основании суммарных затрат на производство, выхода готовой продукции и выручки от реализации продукции в течение опытного периода, по ценам, сложившимся на 18 месяцев исследований.

Производственные затраты на выращивание животных были одинаковыми для всех видов готовых продуктов, поскольку животные находились в одних условиях кормления и содержания, и определялись по сумме затрат, складывающихся из затрат на корма, заработную плату, ветеринарное обслуживание, а также общехозяйственные расходы, забой и др. и составили 100 914, 74 на животное.

*Расчет себестоимости производства полуфабрикатов из говядины сухого созревания*

Сырье для полуфабриката натурального относится к высшему сорту. С учетом коэффициента пересчета 1,2, себестоимость длиннейшей мышцы спины на кости составила 406.62 руб. Производственные затраты на 1 кг продукции, согласно внутрицеховым расходам приведены в таблице А1. Контрольный образец представлял собой полуфабрикат без использования технологии сухого созревания. Общехозяйственные расходы для контрольного образца составили 66 руб. на 1 кг, заработная плата и упаковка без изменений.

При расчете себестоимости учтены потери массы в процессе созревания сырья, а также потери на обвалку и тримминг. Согласно полученным данным к 21 и 35 суткам потери влаги составили 7,1%, и 12,5% соответственно. Значения потерь от зачистки отрубов при выделении сырья, предназначенного для переработки и реализации, составили 16,8% и 18,6% на 21 и 35 сутки соответственно. В целом суммарные потери составили 24,4% и 30,4%. Выход сырого полуфабриката после обвалки и тримминга (зачистки) составил 52,6% и 46,6%.

Потери массы полуфабриката после су-вид незначительны, так как дальнейшая реализация производилась в той же вакуумной упаковке.

Таблица А1 – Расчет производственных затрат на изготовление полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания

Статья расходов, стоимость	Полуфабрикаты				Контроль,
	натуральные		повышенной степени кулинарной готовности «су-вид» обработка		
Электроэнергия, руб.	49,00	55,00	53,00	59,00	35,00
Заработная плата, руб.	29,00	33,00	32,00	35,00	24,00
Налоги, руб.	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Водоснабжение, руб.	8,00	8,00	8,00	8,00	4,00
Коммунальное и сервисное обслуживание, руб.	18,00	20,00	18,00	20,00	11,00
Теплоснабжение, руб.	6,00	7,00	6,00	7,00	2,00
Упаковка, этикетка, руб.	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Итого, руб.	133,00	146,00	140,00	152,00	99,00

## Продолжение приложения А

Таблица А2 – Расчет плановой себестоимости полуфабрикатов

Показатель	Полуфабрикаты				Контроль
	натуральные		повышенной степени кулинарной готовности «су-вид» обработка		
Себестоимость 1 кг мяса на кости, руб.	406,62	406,62	406,62	406,62	406,62
Выход, %	52,6	46,6	52,6	46,6	77
Себестоимость 1 кг мякоти с учетом выхода, руб	773,04	872,57	773,04	872,57	528,08
Расходы, руб.	133,00	146,00	140,00	152,00	99,00
Плановая себестоимость 1 кг, руб.	906,04	1018,57	913,04	1024,57	627,08

*Расчет себестоимости производства грудинки копчено-запеченной*

С учетом перечисленных статей затрат, живой массы одного животного (585 кг), среднего значения убойного выхода (56% без учета субпродуктов), стоимость мяса на кости, поступившего в мясоперерабатывающий цех, составила 338,85 руб.

Сырье для грудинки копчено-запеченной относится к 1-му сорту. Для сырья 1-го сорта принимаем коэффициент пересчета равный 1. Таким образом, себестоимость грудного отруба на кости составила 338,85 руб. Производственные затраты на 1 кг продукции, согласно внутрицеховым расходам приведены в таблице А3.

При расчете себестоимости учтены потери массы в процессе созревания сырья, а также потери на обвалку и тримминг. Согласно полученным данным к 21 сутки суткам потери влаги составили 7%. Значения потерь от зачистки отрубов при выделении сырья, предназначенного для переработки и реализации, составили 23,9 %. Выход готового продукта после термической обработки составил 62 %. С учетом потерь при созревании, а также потерь при термической обработке, выход готового продукта от исходного сырья, полученного до применения технологии сухого созревания, составили 44,6 %.

Таблица А3 – Расчет производственных затрат на производство грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания

Статья расходов, стоимость	Стоимость, руб./кг
Электроэнергия, руб.	35,00
Заработная плата, руб.	130,00
Налоги, руб.	14,00
Водоснабжение, руб.	8,00
Коммунальное и сервисное обслуживание, руб.	18,00
Теплоснабжение, руб.	8,00
Упаковка, этикетка, руб.	15,00
Итого, руб.	228,00

**Продолжение приложения А**

Таблица А4 – Расчет плановой себестоимости грудинки копчено-запеченной

Показатель	Сумма на 1 кг продукта
Себестоимость мяса на кости, руб.	338,85
Выход, %	44,6
Вспомогательное сырье и материалы, руб.	45,5
Себестоимость продукта с учетом выхода, руб.	805,3
Расходы, руб.	228,00
Плановая себестоимость, руб.	1033

Таким образом, плановая себестоимость полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания со сроком выдержки 21 и 35 суток составила 906,04 руб./кг и 1018,57 руб./кг соответственно. Себестоимость полуфабрикатов повышенной степени кулинарной готовности составила 913,04 руб./кг и 1024,57 руб./кг. Себестоимость грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания составила 1033 руб./кг.

Был исследован спрос на продукты из высококачественной говядины сухого созревания. Реализация продукции производилась в розничной сети компании «Мясной Двор» в Кемеровской области, а также оптовая реализация в сегменте гостинично-ресторанного бизнеса г. Кемерово. По результатам мониторинга рынка общественного питания, а также предоставления дегустационных образцов в кафе и рестораны, был выявлен скачок спроса и реализации в период с января 2023 г., с последующим ростом.

В таблице А5 представлен объем производства полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания в период с 1 квартала 2023 года по 2 квартал 2023 года.

Таблица А5 – Объемы производства полуфабрикатов

Месяц	Объем производства, кг
Январь	273
Февраль	330
Март	462
Апрель	542
Май	598
Июнь	633

В таблице А6 представлен объем производства грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания в период с 1 квартала 2023 года по 2 квартал 2023 года.

Таблица А6 – Объемы производства грудинки копчено-запеченной

Месяц	Объем производства, кг
Январь	192
Февраль	245
Март	380
Апрель	456
Май	487
Июнь	584

**Продолжение приложения А**

На рисунке А1 представлен объем реализации полуфабрикатов высококачественной говядины сухого созревания в период с 1 квартала 2023 года по 2 квартал 2023 года.

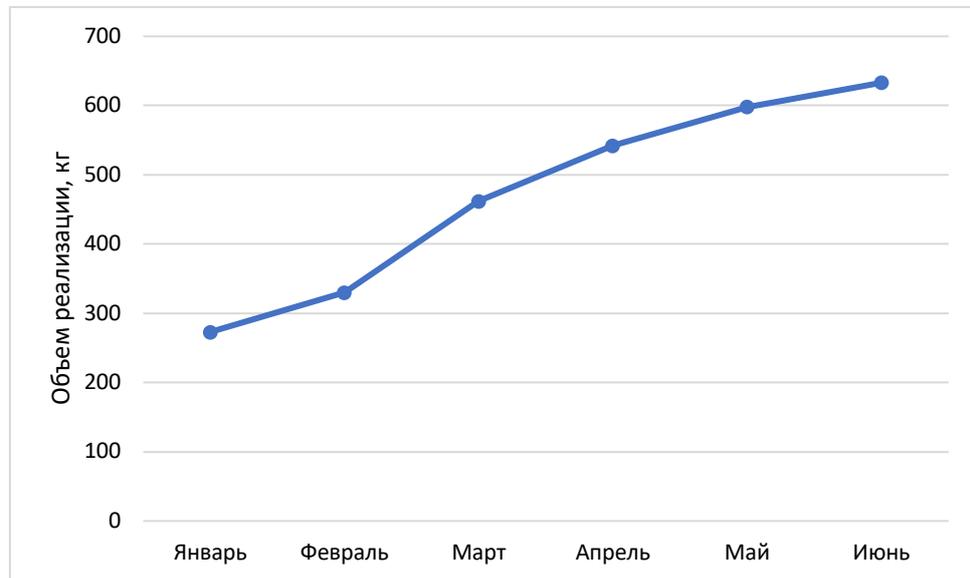


Рисунок А1 – Динамика реализации полуфабрикатов

На рисунке А2 представлен объем реализации грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания в период с 1 квартала 2023 года по 2 квартал 2023 года.

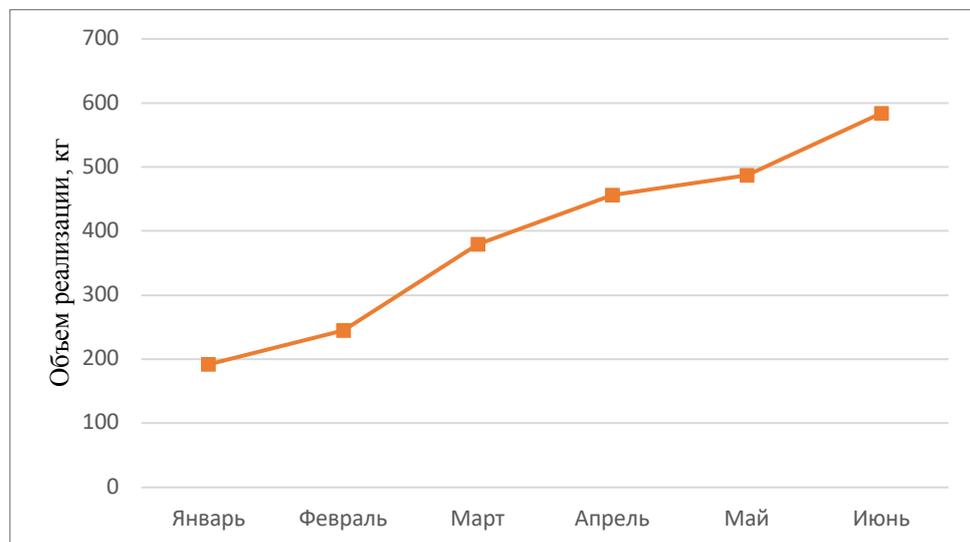


Рисунок А2 – Динамика реализации грудинки копчено-запеченной

По результатам реализации апробированной продукции из высококачественной говядины сухого созревания, был выявлен существенный рост спроса в сегменте предприятий HoReCa, который составил 261,7% в исследуемый период.

Отмечен высокий уровень качества продукции и актуальность среди гостей предприятий общественного питания.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б



УТВЕРЖДАЮ

Главный технолог «Мясной двор»

Ильина А.Т.

01 2023 г.

## АКТ

**Промышленной апробации продуктов из высококачественной говядины сухого созревания**

Мы, ниже подписавшиеся, главный технолог МПЦ «Мясной Двор» Ильина А.Т., заведующий производством Алещенко О.А., профессор кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Кемеровского Государственного Университета Гуринович Г.В., доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Патракова И.С., аспирант кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Хренов В.А., подтверждаем проведение производственных испытаний в период с 20.06.22 г. по 10.09.22 г. следующих наименований продуктов из говядины высококачественной сухого созревания, полученной из поясничного отруба:

- полуфабрикат охлажденный «Стейк говяжий «Рибай» сухого созревания», полуфабрикат охлажденный «Стейк говяжий «Стриплойн» сухого созревания»;
- полуфабрикаты охлажденные из говядины сухого созревания, подвергнутые предварительной тепловой обработке в вакуумной упаковке - «Рибай су-вид», «Стриплойн су-вид»;
- грудинка говяжья копчено-запеченная сухого созревания «Брискет».

Полуфабрикаты изготавливали из поясничного отруба говядины со сроком сухого созревания 35 суток, грудинку копчено-запеченную из грудной части говяжьей туши, срок сухого созревания 21 сутки.

Опытные партии продуктов из высококачественной говядины изготавливали в соответствии с разработанной технической документацией. Оценка качества по органолептическим и физико-химическим показателям свидетельствует о соответствии продукции установленным нормам (таблицы Б1-Б4).

Таблица Б1 – Органолептические показатели полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания

Наименование показателя	Характеристика и значение показателей для продуктов из мяса высококачественной говядины сухого созревания	
	Категория А	
	Стейк говяжий «Рибай»	Стейк говяжий «Стриплойн»
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая (для неупакованных продуктов), без выхватов мяса и бахромок, края заровнены, мышечная ткань упругая с включениями внутримышечного жира, без надрезов, округлой или овальной формы	
Цвет	Свойственный цвету натурального полуфабриката.	
Запах и вкус*	Характерные для доброкачественного мяса без посторонних привкуса и запаха	
* Вкус полуфабриката оценивают после термической обработки		

## Продолжение приложения Б

Таблица Б2 – Органолептические показатели полуфабрикатов из высококачественной говядины сухого созревания су-вид нагрева

Наименование показателя	Характеристика и значение показателей для продуктов из мяса высококачественной говядины сухого созревания	
	Категория А	
	Стейк говяжий «Рибай» су-вид	Стейк говяжий «Стриплойн» су-вид
1	2	3
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая (для неупакованных продуктов), без выхватов мяса и бахромок, края заравнены, мышечная ткань мягкая и упругая, Толщина от 15 до 25 мм.	
Цвет	Свойственный цвету натурального продукта после термической обработки без использования дополнительных компонентов.	
Запах и вкус*	Характерные для доброкачественного вареного мяса или свойственные данному наименованию продукта, без посторонних привкуса и запаха	
* Вкус полуфабриката оценивают после термической обработки		

Таблица Б3 – Органолептические показатели грудинки копчено-запеченной из высококачественной говядины сухого созревания

Наименование показателя	Характеристика и значение показателей для продуктов из мяса высококачественной говядины сухого созревания	
	Категория Б	
	Грудинка копчено-запеченная «Брискет»	
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая, без выхватов мяса и бахромок, равномерно обсыпана дробленным перцем, имеется корочка запекания.	
Цвет	Свойственный цвету запеченного продукта, с наличием черного-дробленого перца.	
Запах и вкус*	Характерные для доброкачественного мяса или свойственные данному наименованию полуфабриката, с учетом используемых рецептурных компонентов, без посторонних привкуса и запаха	
Вид на разрезе	Равномерно окрашенная мышечная ткань серого цвета с прослойками жировой ткани. По всему контуру продукта допускается кольцо красного цвета, окисленного миоглобина, толщиной не более 1 см. Соединительная ткань между внешней и внутренней грудными мышцами в результате сваривания коллагена имеет гелеобразную структуру	
Консистенция	плотная	
* Вкус продукта оценивают после термической обработки		

## Продолжение приложения Б

Таблица Б4 – Физико-химические показатели продуктов из высококачественной говядины сухого созревания

Наименование Продукта	Массовая доля		
	белка, %, не менее	жира, %, не более	хлористого натрия, %, не более
Продукты из мяса говядины цельнокусковые			
Категория А			
Стейк говяжий «Рибай»	20,0	14,0	-
Стейк говяжий «Стриплойн»	22,0	12,0	
Продукты из мяса говядины повышенной степени готовности			
Категория А			
Стейк говяжий «Рибай» су-вид	20,0	14,0	
Стейк говяжий «Стриплойн» су-вид	22,0	12,0	
Продукт из мяса говядины цельнокусковой копчено-запеченный			
Категория Б			
Грудинка копчено-запеченная «Брискет»	25,5	16,0	2,5

По итогам производственных испытаний разработанные технологии продуктов из высококачественной говядины сухого созревания рекомендованы к внедрению в производство

Члены комиссии:



Ильина А.Т.



Алещенко О.А.



Гуринович Г.В.



Патракова И.С.



Хренов В.А.

---

Стандарт организации  
СТО 197744923-007-2023

Индивидуальный предприниматель Юдин Вадим Владимирович

---

**ПРОДУКТЫ ИЗ МЯСА ГОВЯДИНЫ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ  
СУХОГО ВЫЗРЕВАНИЯ «DRY AGED»**

**Введен впервые  
Технические условия**

Дата введения в действие:

15.01.2023 г.

УТВЕРЖДАЮ: \_\_\_\_\_

Индивидуальный предприниматель Юдин В.В.  
Юдин В.В.



Кемеровская область  
пгт. Промышленная  
2023 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2735424

**СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ГРУДИНКИ КОПЧЕНО-  
ЗАПЕЧЕННОЙ ИЗ ГОВЯДИНЫ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Кемеровский государственный университет" (КемГУ) (RU)*

Авторы: *Хренов Владислав Александрович (RU), Гуринович  
Галина Васильевна (RU), Мышалова Ольга Михайловна (RU)*

Заявка № 2020110427

Приоритет изобретения 11 марта 2020 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 02 ноября 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 11 марта 2040 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



II МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ СИМПОЗИУМ  
«ИННОВАЦИИ В ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ»

# ДИПЛОМ

награждается

**Хренов**

**Владислав Александрович**

за лучший доклад на VII Международной научной  
конференции студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Пищевые инновации и биотехнологии».

Ректор КемГУ

А.Ю. Просеков

Научный руководитель ФНЦ  
пищевых систем

им. В.М. Горбатова РАН

А.Б. Лисицын



Кемерово 2019 г