

На правах рукописи



ГРИНЮК АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КРОЛИКОВОДСТВА
И ПОСЛЕУБОЙНОЙ СОХРАННОСТИ КРОЛЬЧАТИНЫ**

4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
4.3.3 – Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Кемерово 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный университет» (ФГБОУ ВО КемГУ)

Научные руководители:

Неверов Евгений Николаевич
доктор технических наук, доцент
Ворошилин Роман Алексеевич,
кандидат технических наук

Официальные оппоненты:

Тихонов Сергей Леонидович
доктор технических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени К. А.
Тимирязева», кафедра технологии хранения и
переработки плодоовощной и растениеводческой
продукции, заведующий кафедрой

Ульрих Елена Викторовна
доктор технических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический
университет», кафедра производства и экспертизы
качества сельскохозяйственной продукции,
профессор

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский государственный
университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

Защита состоится «23» декабря 2023 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 24.2.315.04 при ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» по адресу: город Кемерово, бульвар Строителей, 47, 2-ая лекц. ауд., тел.: 8 (3842) 39-05-37.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (<https://kemsu.ru/science/dissertation-councils/diss-24-2-315-04/protects/51688/>).

Отзывы на автореферат отправлять по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Горелкина Алена Константиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Рациональный подход к организации производственного процесса в современном секторе АПК определяет потребность производителей сельскохозяйственной продукции и перерабатывающих отраслей обеспечивать цикличность между производством и переработкой с использованием эффективных способов хранения и последующей реализацией, что может стать основой безотходного производства, позволяющего включать отходы в качестве вторичного сырья в производство готовой продукции или извлекая ценные компоненты, которые являются носителями белков, минеральных веществ, создавать обогащенную кормовую базу. Так, большой потенциал в области добавок, обеспечивающих физиологическую полноценность кормов имеют концентрат соединительнотканых белков, получаемый в процессе обезжиривания коллагенсодержащего сырья, и преципитат, который является ценным носителем фосфата кальция. К примеру, использование кормовых добавок направлено на увеличение прироста мышечной массы, так как последние несколько лет кормовые добавки используются в качестве веществ, которые прижизненно формируют свойства получаемого продукта, например, мяса.

В настоящее время в отрасли АПК возрос интерес к кролиководству. Получаемые продукты в виде мяса обладают рядом достоинств, которые входят в позицию здорового питания.

Охлажденное мясо кролика, в отличие от замороженного, имеет ряд преимуществ с точки зрения кулинарных и функционально-технологических характеристик и сохраняет большее количество микроэлементов, при этом имеет небольшой срок хранения в охлажденном виде, который ограничивает как продолжительность транспортировки, так и его реализацию. В соответствии с этим значительная часть исследований в области хранения мяса и мясопродуктов направлена на поиск инновационных методик послеубойного сохранения мяса. В данном контексте стоит выделить применение диоксида углерода как одной из подобных перспективных технологий.

В последние годы как в России, так и за рубежом диоксид углерода находит все большее применение при послеубойной обработке и транспортировке охлажденного и замороженного мяса. Это обусловлено реализацией Монреальского и Киотского протоколов, направленных на сокращение выбросов веществ, разрушающих озоновый слой, таких как хлорфторуглероды (CFCs). В результате этого протокола был запрещен ряд хладагентов, включая R12 и R502. С 2020 года многие страны, включая Россию, начали поэтапно сокращать использование озоноразрушающего вещества – хладона R22. Этот газ широко использовался для транспортировки и хранения пищевых продуктов.

Таким образом, полученные результаты в ходе выполнения научной работы являются достаточно актуальными, и их практическая реализация в агропромышленном комплексе позволит увеличить производство качественного мяса кроликов, а применение в технологии производства кормовой добавки и послеубойного хранения мяса кроликов в среде CO₂ позволит существенно сократить потери.

Степень разработанности темы. Большое количество исследований в области разработки и изучения влияния кормовых добавок на продуктивные показатели кроликов и качественные характеристики мяса провели отечественные и зарубежные ученые: Тинаев Н. И., Тагиров Х. Х., Ноздрин Г. А., Рассолов С. Н., Dalle Zotte A., Gidenne T., Koster G. J., Maier D. и др. В области применения диоксида углерода при низкотемпературном хранении пищевых продуктов и их транспортировке исследования проводились российскими и зарубежными учеными – Венгер К. П., Буяновым О. Н., Герасименко В. В., Пименовой Т. Ф., Тезиковым А. Д., Федотовым Е. Л., Graber R. M., Müller C., H. Sarah, Fischer M. и др.

Целью исследования является разработка комплексной технологии применения диоксида углерода для обеспечения продуктивности кролиководства и послеубойной сохранности крольчатины.

Задачи исследования. Для реализации предписанной цели требуется эффективно разрешить последующие задачи:

- разработать технические подходы с применением диоксида углерода в производстве белково-минеральной кормовой добавки и исследовать её влияние на продуктивные качества, убойные характеристики кроликов и процесс хранения туш;
- разработать технические подходы с применением диоксида углерода в производстве белково-минеральной кормовой добавки и исследовать её влияние на качественные характеристики, функционально-технологические свойства мяса кроликов и процесс хранения туш;
- разработать комплекс технологических этапов и инженерное оборудование для реализации процесса низкотемпературной консервации тушек кроликов в атмосфере диоксида углерода;
- разработать контрольно-измерительные комплексы, позволяющие контролировать изучаемые параметры;
- провести исследования по получению CO_2 в твердой фазе и процессов теплообмена при низкотемпературном консервировании тушек кроликов;
- осуществить аналитический анализ процесса низкотемпературной консервации тушек кроликов с использованием диоксида углерода;
- провести систематические экспериментальные исследования с целью определения множественных индикаторов качества частей тушек кролика, подвергшихся термической обработке в атмосфере диоксида углерода.

Научная новизна работы. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 1, 2, 6, 10 паспорта специальности ВАК 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» и пунктов 5, 9, 20, 38 паспорта специальности 4.3.3. «Пищевые системы».

- Оптимизированы технологические решения по организации производства белково-минеральной кормовой добавки с применением диоксида углерода на этапе второго охлаждения кормовой добавки после грануляции.
- Выявлено положительное влияние разработанной белковоминеральной кормовой добавки на прирост живой массы кроликов и прижизненное формирование качественных характеристик мяса.
- Разработана математическая модель для определения продолжительности низкотемпературного консервирования тушек кролика в среде диоксида углерода, с сохранением качественных характеристик мяса.
- Установлены закономерности изменения массы снегообразного диоксида углерода в зависимости от температуры и угла конуса генератора – снегообразователя.
- Установлены закономерности сублимации диоксида углерода и теплообмена при низкотемпературной консервации и транспортировки мяса кроликов в модифицированной газовой среде CO_2 .
- Получены закономерности изменения индикаторов качества тушек кролика в процессе низкотемпературного консервирования в среде диоксида углерода.

Практическая значимость работы. Разработана новая белково-минеральная кормовая добавка на основе зерносмеси, концентрата соединительнотканых белков и преципитата, доказана целесообразность применения разработанной добавки в рационах молодняка кроликов. Проведен научно-хозяйственный опыт по исследованию разработанной добавки на молодняке

кроликов, на базе КХ «Кузнецов Н. А.». Разработана технология производства белково-минеральной кормовой добавки и нормативная документация на белково-минеральную кормовую добавку (ТУ 10.91.10-287-02068309-2023 и ТИ 10.91.10-287-02068309-2023).

Разработаны и обоснованы технологические решения по организации промышленного производства белково-минеральной кормовой добавки.

Разработано устройство для проведения процесса низкотемпературной консервации кроличьего мяса в атмосфере диоксида углерода. Новизна данного устройства подтверждается патентом Российской Федерации 2013120624/13 «Аппарат для холодильной обработки продуктов с рециркуляцией диоксида углерода».

В рамках диссертации выполнена хозяйственная работа «Проект аппарата для холодильной обработки мяса кролика в среде диоксида углерода» по договору № 7/2021 для ООО «Алинкино».

Сконструированы опытно-промышленные контейнеры, теплоизолированный кузов для транспортировки мяса кролика в среде диоксида углерода и утверждены акты их приемки и испытаний на предприятии ООО «АЙС-Групп».

Представлена методика низкотемпературной консервации мяса кроликов, основанная на применении диоксида углерода. Эффективность данной методики подтверждается разработанными техническими условиями и технологической инструкцией: мясо кролика, охлажденное диоксидом углерода (ТУ 10.11.39-286-02068309-2023); мясо кролика, охлажденное диоксидом углерода (ТИ 10.11.39-286-02068309-2023).

Утверждены акты дегустационной комиссии, проводимой в условиях исследовательской лаборатории ООО «Алинкино», которая сделала заключение о соответствии ГОСТ 27747-2016 показателей мяса кролика, охлажденного диоксидом углерода.

Составлены программы и номограммы для определения зависимости производства снегообразного CO₂ от угла конуса снегообразователя диоксида углерода и температуры жидкой углекислоты, а также количества снегообразного CO₂, необходимого для поддержания нормируемой температуры в тушках кролика.

Полученные результаты используются в образовательном процессе Кемеровского государственного университета при подготовке бакалавров по направлениям подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения и 19.03.03 Продукты питания животного происхождения.

Методология и методы исследования. В ходе научных исследований были задействованы передовые технологии в виде 3D-моделирования и программирования. Для анализа полученных результатов были применены современные, широко используемые, стандартные, а также разработанные методы, основанные на передовых достижениях в области науки и техники.

Положения, выносимые на защиту:

- технологические решения по организации промышленного производства белково-минеральной кормовой добавки с применением диоксида углерода на этапе второго охлаждения кормовой добавки после грануляции;
- технология производства белково-минеральной кормовой добавки;
- результаты изменения продуктивных характеристик поголовья кроликов при вскармливании разработанной кормовой добавкой;
- обоснование использования белково-минеральной кормовой добавки при промышленном выращивании молодняка кроликов на предприятиях АПК;
- качественные характеристики и функционально-технологические свойства тушек кроликов, полученные в результате научного эксперимента по вскармливанию белково-минеральной кормовой добавки;

- математическая модель для определения продолжительности низкотемпературного консервирования тушек кролика в среде диоксида углерода при двухстороннем отводе теплоты, с сохранением качественных характеристик мяса;
- закономерности теплообмена при низкотемпературной консервации и транспортировки мяса кроликов в модифицированной газовой среде CO₂;
- разработанная технология низкотемпературного консервирования мяса кроликов с использованием диоксида углерода;
- данные о продолжительности хранения и качественных характеристиках тушек кроликов в атмосфере диоксида углерода, полученные в ходе исследования.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях: «Пищевые технологии» (Казань, 2015), «Пищевые продукты и здоровое питание» (Кемерово, 2016), «Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов» (Кемерово, 2016, 2017), «Пищевые продукты и здоровье человека» (Кемерово, 2018), «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2019), «Холодильная техника и биотехнологии» (Кемерово, 2020, 2021, 2023), «Научные основы развития АПК» (Томск, 2023).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 25 печатных работах, в т. ч. 6 – в журналах, входящих в список рецензируемых изданий ВАК, 3 – в изданиях, индексируемых Scopus. Новизна технических решений защищена патентом РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, результатов исследований и выводов, списка используемой литературы (227 источников) и 4 приложений. Основное содержание изложено на 142 страницах, включает 22 таблицы и 56 рисунков.

Организация выполнения работы

Диссертационные исследования проводились согласно схеме, представленной на рисунке 1. Некоторые этапы работы были выполнены в рамках гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук (номер соглашения МК-4035.2022.4).

Разработка технологии производства белково-минеральной кормовой добавки с техническими подходами в применении диоксида углерода

Важность качества белка и минералов в кормлении кроликов общепризнана, в связи с чем за основу разрабатываемой кормовой добавки была взята зерносмесь, дополнительными компонентами являлись преципитат, представленный дикальцием фосфата, и концентрат соединительнотканых белков, полученный из говяжьего мягкого коллагенсодержащего сырья. Рецептуры основного корма и разработанных белково-минеральных добавок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептуры основного корма и разработанных белково-минеральных добавок

Группа	Компоненты кормовой добавки, фактическое содержание, г						Всего, г
	Пшеница	Овес	Ячмень	Жмых подсолнечника	Концентрат соединительнотканых белков	Преципитат	
Контрольная	28,0	23,0	33,0	16,0	-	-	100,0
Опытная I	27,0	22,0	32,0	15,0	3,0	1,0	100,0
Опытная II	26,0	21,0	31,0	14,0	5,5	2,5	100,0
Опытная III	25,0	20,0	30,0	13,0	8,0	4,0	100,0

В разработанных рецептурах заменяли вносимые компоненты, корректируя в равной степени компоненты зерносмеси и жмыха подсолнечника.



Рисунок 1 – Схема выполнения диссертационной работы

На рисунке 2 представлена принципиальная схема производства белково-минеральных кормовых добавок.

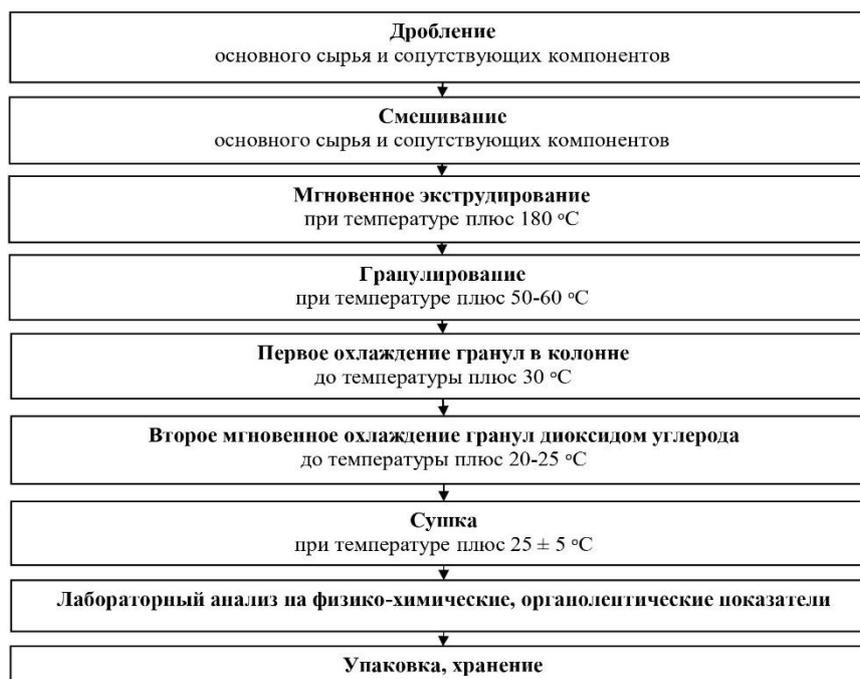


Рисунок 2 – Схема производства белково-минеральных кормовых добавок

Ключевой особенностью предлагаемой схемы является этап второго мгновенного охлаждения, где гранулы поступают в охладитель и мгновенно охлаждаются диоксидом углерода до температуры плюс 20–25 °С. Разработанные рецептуры кормовых белково-минеральных добавок по основным физико-химическим и органолептическим показателям соответствуют нормативным показателям, представленным в ГОСТ 32897-2014.

Определение влияния разработанной кормовой добавки на продуктивные показатели кроликов, физико-химические и функционально-технологические свойства исследуемых образцов мяса

Для проведения экспериментов отбирали 60-дневных крольчат по принципу аналогов (подопытные животные были мужского пола, рожденные в один день). Для хозяйственного опыта было сформировано четыре группы кроликов.

После проведенных опытов осуществляли контрольный убой для изучения качества мяса и химического состава. Эффективность применения кормовой добавки для прироста живой массы кроликов оценивалась по показателям абсолютной и относительной скорости роста животных в период проведения опыта. Результаты расчётов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчётная абсолютная и относительная скорости роста кроликов в период проведения хозяйственного опыта, г (n = 24)

Прирост в группах		
Контрольная группа		
абсолютный прирост, г		920 ± 5,60
относительный прирост, %		41,3 ± 0,35
Опытная группа I		
абсолютный прирост, г		1088 ± 11,20
относительный прирост, %		46,95 ± 0,58
Опытная группа II		
абсолютный прирост, г		1137 ± 14,05
относительный прирост, %		48,68 ± 0,82
Опытная группа III		
абсолютный прирост, г		1208 ± 14,80
относительный прирост, %		51,07 ± 0,72

Расчётный относительный прирост животных испытываемых групп принимает значения от 46,95 до 51,07 %. Зафиксировано, что наивысший относительный прирост в конце экспериментального периода отмечен в опытной группе III, по сравнению с контрольной группой он был выше на 19,13 %, полученные данные подтверждают данные динамики развития живой массы в исследуемый период. Далее проводили визуализацию животных контрольной и опытных групп. По результатам расчета эффективного состава кормовой добавки определено, что корм, приготовленный по рецептуре 3, соответствует высокому показателю обменной энергии, который составлял 271,80 ккал/100 г, также выявлено значительное содержание показателей кальция и фосфора, белка и клетчатки. Данные компоненты необходимы для нормального физиологического развития кроликов, а также роста мышечной и костной тканей.

После контрольного убоя образцы тушек из каждой группы были взяты для того, чтобы изучить влияние разработанной добавки на основные показатели, определяющие качество мяса. Исследования проводили на средней составленной пробе мяса в каждой выбранной исследуемой группе. Результаты основных физико-химических показателей, изучаемых образцов представлены на рисунке 4.

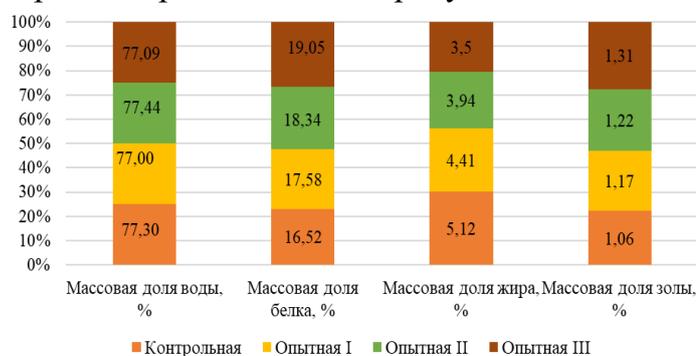


Рисунок 4 – Основные физико-химические показатели исследуемых образцов средней пробы мяса кроликов

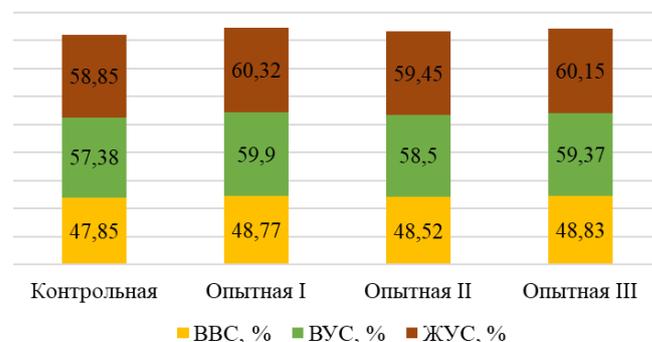


Рисунок 5 – Результаты определения основных функционально-технологических показателей, исследуемых образцов средней пробы мяса кроликов в первые сутки после убоя

Далее определяли основные функционально-технологические показатели: водосвязывающую, влагоудерживающую и жирудерживающую способности (ВВС, ВУС, ЖУС), исследуемых образцов мяса кроликов в первые сутки после убоя, результаты представлены на рисунке 5. По представленным результатам видно, что опытные группы превосходят по всем изучаемым показателям результаты контрольной группы. Можно предположить, что используемые кормовые добавки повлияли на внутримолекулярную перестройку мышечной ткани. Наибольший показатель ВВС приходится на опытную группу III и составляет 48,83 %, по показателям ВУС и ЖУС контрольный образец превосходят опытные образцы мышечной ткани кроликов групп I и III, при этом существенных различий не выявлено.

Далее были проанализированы микробиологические показатели мяса во время его хранения при температуре 2 – 6 °С. Анализ проводили каждые 24 часа. Исходя из полученных результатов определено, что в течение 96 часов хранения положительная динамика в росте показателя КМАФАнМ не наблюдалась. Бактерии группы кишечной палочки (*Escherichia coli*) не были обнаружены в мясе кроликов.

Определено, что рекомендованный срок хранения не более 4 суток для всех испытываемых образцов тушек кроликов. Выявленный срок хранения основан на микробиологических исследованиях по содержанию КМАФАнМ в исследуемых образцах мяса. В связи с чем возникает необходимость в поиске новых методов, обеспечивающих продолжительную сохранность крольчатины. Разработка технологии применения диоксида углерода является перспективным направлением для обеспечения послеубойной сохранности крольчатины.

Математическое моделирование процесса холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода

Одним из важных показателей при холодильной обработке мяса является продолжительность процесса охлаждения, которая оказывает воздействие как на качественные показатели мяса, так и на энергетические показатели холодильного оборудования. С целью определения продолжительности охлаждения тушки кролика в

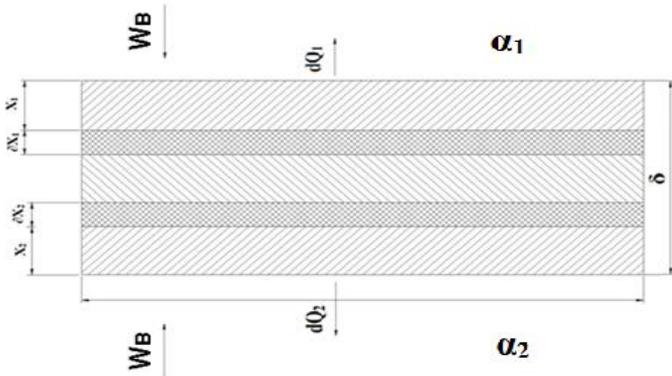


Рисунок 6 – Расчетная схема

среде диоксида углерода рассматриваем тушку в виде пластины, при этом учитываем окорок кролика, т. к. при проведении замеров выявлено, что наиболее толстая часть мяса тушки – это окорок, подвергаемый охлаждению в среде CO_2 . На рисунке 6 представлена расчетная схема. Границы охлаждаемых слоев перемещаются на величину X_1 с одной стороны пластины и на величину X_2 – с другой за время τ с момента начала процесса охлаждения.

Затем толщина охлаждаемых слоев увеличивается соответственно на величину dX_1 и dX_2 через промежуток времени dt . Количество выделяемой теплоты при фазовом переходе охлаждая слой dX_1 и dX_2 можно оценить по выражениям (1 и 2):

$$dQ_1 = q_{\text{охл}} \times m \times f \times dx_1, \quad (1)$$

$$dQ_2 = q_{\text{охл}} \times m \times f \times dx_2, \quad (2)$$

где: $q_{\text{охл}}$ – теплота, выделенная мясом за время охлаждения, Дж/кг;

m – масса тушки кролика, кг;

f – поверхность слоя мяса кролика, m^2 .

Теплота, выделившаяся при охлаждении мяса кролика

$$q_{\text{охл}} = h_n - h_{\text{охл}}, \quad (3)$$

где: h_n – удельная энтальпия мяса кролика перед началом охлаждения CO_2 , Дж/кг;

$h_{\text{охл}}$ – удельная энтальпия мяса кролика после охлаждения CO_2 , Дж/кг.

Полученное тепло отводится воздушно-газовой средой CO_2 через охлажденные слои, толщина которых X_1 и X_2 за рассматриваемый период времени.

Следовательно, можно написать:

$$dQ_1 = \frac{1}{\frac{X_1}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha_n}} \times f \times (t_n - t_{\text{oc}}) \times dt, \quad (4)$$

$$dQ_2 = \frac{1}{\frac{X_2}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha_b}} \times f \times (t_n - t_{\text{oc}}) \times dt, \quad (5)$$

где: α_1, α_2 – коэффициент теплоотдачи с противоположных сторон окорока тушки кролика, Вт/($m^2 \cdot K$);

$\lambda_{\text{охл}}$ – коэффициент теплопроводности охлажденного мяса кролика, Вт/($m \cdot K$);

t_n – начальная температура продукта, $^{\circ}C$;

t_{oc} – температура воздушно-газовой среды, $^{\circ}C$.

После преобразований получаем формулу для определения продолжительности охлаждения тушки кролика τ , ч:

$$\tau = \frac{q \times m \times f}{(t_n - t_{oc})} \times \frac{\delta \times \left(\frac{\delta}{2 \times \lambda_{охл}} + \frac{1}{\alpha_1} \right)}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda_{охл}} + \frac{1}{\alpha_1}} \times \left[\frac{\delta \times \left(\frac{\delta}{2 \times \lambda_{охл}} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}{2 \times \lambda_{охл} \times \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{охл}} + \frac{1}{\alpha_1} \right)} + \frac{1}{\alpha_2} \right]. \quad (6)$$

Исследование процесса получения снегообразного диоксида углерода

Повышение качества кормов, разработка и применение кормовых добавок с различными компонентами и свойствами в питании сельскохозяйственных животных позволяет повысить продуктивность поголовья и качество мяса. При этом в АПК возникает следующая проблема, связанная с эффективным охлаждением, дальнейшим хранением, транспортировкой и реализацией мяса, которую необходимо решать, т. к. порядка 15–20 % мяса и мясной продукции, при применении традиционных и нерациональных способов обработки, теряет заявленные потребительские характеристики. Разработка инновационных подходов и применение современных технологичных способов хранения и переработки мяса позволит в значительной степени снизить данные потери.

Одним из ключевых компонентов в цепи производства, поставки и хранения качественной и безопасной продукции АПК является источник холода, к которому в настоящее время предъявляются определенные требования, которые возможно удовлетворить, применяя диоксид углерода в технологических целях.

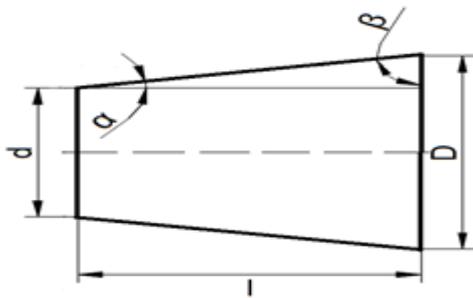


Рисунок 7 – Усеченный конус

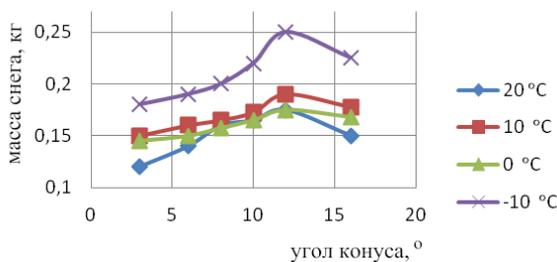


Рисунок 8 – Характеристика выхода снега CO₂ при разных углах конуса – снегообразователя

Таблица 4 – Геометрические данные конуса

№	d, мм	D, мм	l, мм	α, °	β, °
1	42	50	80	3	87
2		60		6	84
3		65		8	82
4		70		10	80
5		75		12	78
6		85		16	74

С целью получения максимального количества снегообразного оксида углерода (IV) проведена серия исследований по производству снегообразного CO₂ методом дросселирования из жидкой углекислоты в конусообразных снегообразователях с изменяемым углом наклона раструба. Для этого был разработан генератор – снегообразователь. Для осуществления дросселирования диоксида углерода использовались шайбы с диаметром отверстия 1 мм. Процесс формирования снега диоксида углерода проводился в конусообразных образцах с различными углами наклона (α), варьирующимися от 3 до 16°, а температура жидкой углекислоты составляла от 20 до минус 10 ± 1 °C. Для изучения влияния углов конуса снегообразователя на формирование снегообразного диоксида углерода проводились изменения данных параметров. В данном исследовании использовалась схема усеченного конуса, приведенная на рисунке 7. Геометрические данные конусообразного раструба представлены в таблице 4.

По проведенному анализу выявленных зависимостей определили, что максимальное количество снега получено при температуре минус 10 °C и составляет 0,25 кг, при использовании конуса с углом 12°. Соотношение между количеством израсходованной жидкости и выходом снегообразного CO₂ составляет 31,25 %.

Таким образом, понижение температуры CO_2 в жидкой фазе перед дросселированием способствует увеличению количества снегообразного диоксида на выходе. Использование оптимального угла раструб снегообразователя способствует дополнительному увеличению выхода снегообразной двуокиси углерода. При этом на выбор условий термостатирования значительное влияние оказывает экономическая составляющая, а именно затраты на охлаждение жидкой углекислоты.

Исследование процесса теплообмена при охлаждении мяса кролика диоксидом углерода

В данном разделе диссертационной работы разработан комплекс аппаратных средств для осуществления процесса охлаждения мяса кролика с использованием диоксида углерода. Охлаждение осуществляется путем эффективного теплообмена за счет взаимодействия с воздушно-газовой средой, которая возникает в процессе сублимации снегообразного оксида углерода (IV), находящегося в аппарате. Для обеспечения оптимальной циркуляции воздушно-газовой среды внутри аппарата предусмотрен ряд вентиляторов. Представленная конструкция аппарата позволяет оптимизировать расход CO_2 и снизить продолжительность холодильной обработки тушек кролика. Аппарат легко интегрируется в традиционные схемы обработки мяса кролика, применяемые в сельскохозяйственно-производственном комплексе.

Для определения наиболее эффективного режима работы аппарата, описанного в диссертации для охлаждения мяса кролика, работающего на диоксиде углерода, проведены исследования в нем по охлаждению тушек кроликов массой $2,0 \pm 0,15$ кг. Температура среды поддерживалась на уровне $0 \pm 2^\circ\text{C}$, а скорость циркуляции воздушно-газовой смеси в диапазоне от 0 до 10 м/с. Контролируемыми параметрами являлись: зависимости изменения температурного поля тушки кролика, кинетика теплоотдачи, продолжительность охлаждения тушки кролика и расход CO_2 , подаваемого в аппарат.

Первая группа экспериментов была проведена для охлаждения тушки кролика массой $2 \pm 0,15$ кг с температурой воздушно-газовой среды в аппарате $0 \pm 2^\circ\text{C}$. Рисунок 9 отражает термограммы процесса воздействия низких температур и схематичное расположение термопар.

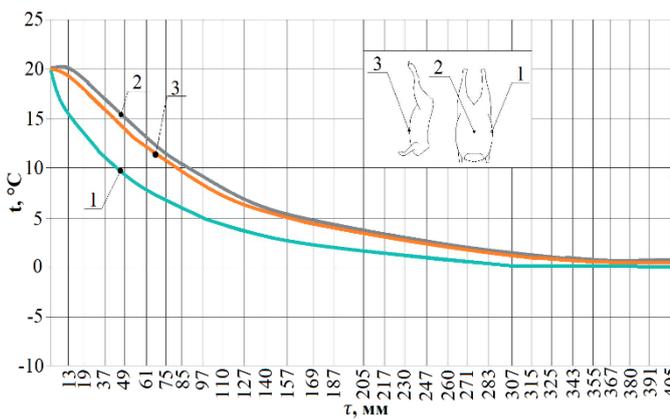


Рисунок 9 – Термограмма процесса охлаждения образца оксидом углерода (IV)

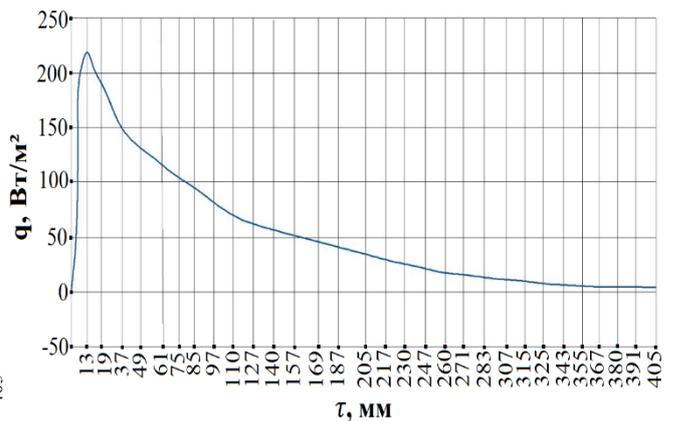


Рисунок 10 – Динамика плотности теплового потока в процессе охлаждения образца оксидом углерода (IV)

Время охлаждения исследуемого образца составило 6 часов 45 минут. На рисунке 10 представлена динамика плотности теплового потока при охлаждении мяса кролика в воздушно-газовой среде оксида углерода (IV) при температуре в камере $0 \pm 2^\circ\text{C}$.

В начале обработки тушек их температура была равна температуре окружающей среды, что приводило к тому, что тепловой поток приближался к нулевому значению. Воздействие

более низкой температуры на образец происходило в камере, при этом теплоотвод от тушки происходил интенсивно, что обусловлено разницей температур между поверхностью тушки и температурой внешней среды. Время достижения максимума теплового потока через 0,25 часа со значением $q_{\max} = 225 \text{ Вт/м}^2$.

Пятичасовой временной интервал воздействия приводит к снижению теплового потока к нулевой отметке и его стабилизации по окончании процесса охлаждения.

Среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи от поверхности тушки составило $\alpha = 5,44 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, максимум составил $\alpha_{\max} = 22 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, это соответствует максимальному значению теплового потока для времени воздействия 0,4 ч, после этого было отмечено снижение теплового потока, и стабилизация показателей началась после пяти часов воздействия.

Охлаждение объекта до температуры $1,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ составило 6,75 часов, что можно описать как очень медленное, при расходе оксида углерода (IV) $0,760 \pm 0,05 \text{ кг}$ и в масштабах производства будет неэффективно.

В таблице 5 представлены результаты эксперимента по охлаждению объекта массой $2 \pm 0,15 \text{ кг}$ в контактном аппарате с циркуляцией воздушно-газовой смеси со скоростью от 0 до 10 м/с.

Таблица 5 – Экспериментальные данные по охлаждению мяса кролика

Масса тушки кролика, (кг)	Масса диоксида углерода, (кг)	Продолжительность охлаждения тушки кролика, (мин)	Температура в аппарате, ($^\circ\text{C}$)	Скорость циркуляции воздушно-газовой среды в аппарате, (м/с)	Средне-объемная температура в тушки кролика, ($^\circ\text{C}$)
1	2	3	4	5	6
$2 \pm 0,15$	$0,230 \pm 0,05$	$98,3 \pm 2,0$	0 ± 2	10,0	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,290 \pm 0,05$	$120,0 \pm 2,0$	0 ± 2	8,0	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,610 \pm 0,05$	$160,0 \pm 2,0$	0 ± 2	5,0	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,680 \pm 0,05$	$260,6 \pm 2,0$	0 ± 2	3,0	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,760 \pm 0,05$	$405,0 \pm 2,0$	0 ± 2	0,0	$1,0 \pm 0,5$

Таким образом, оптимальным режимом для охлаждения мяса кролика в разработанном аппарате является режим при скорости циркуляции воздушно-газовой среды 10 м/с, но при этом необходимо учитывать энергетическую составляющую на привод вентиляторов и потери массы продукта при холодильной обработке.

Исследование процесса теплообмена при охлаждении мяса кролика диоксидом углерода в условиях транспортировки

Далее исследования проводили в условиях перевозки тушек кролика. В контейнер помещали 3,5 кг снегообразного CO_2 . На рисунке 11 представлена схема расположения термопар и термограмма охлаждения тушки кролика $m = 1,3 \text{ кг}$ при температуре среды $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Полное сублимирование диоксида углерода закончилось через 7 часов.

Нормируемая температура охлажденного мяса кролика была достигнута за 4,6 часа. Температурные изменения и динамика плотности теплового потока аналогичны с представленной при охлаждении в аппарате с CO_2 .

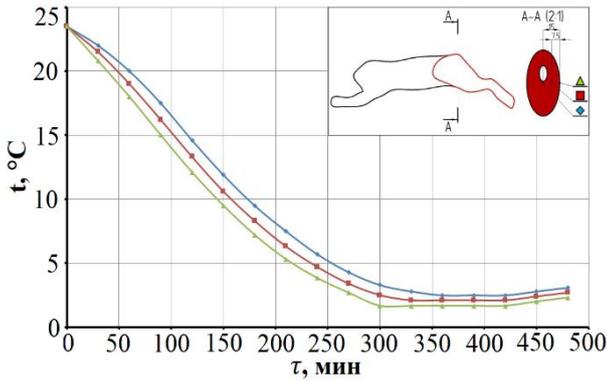


Рисунок 11 – Термограмма понижения температуры образцов массой 1,3 кг при $t_{o.c.} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$

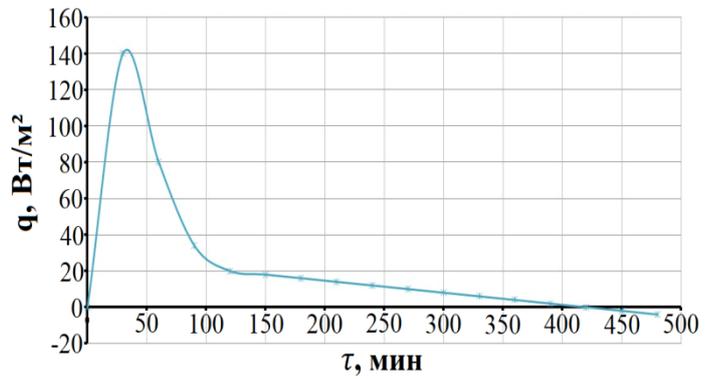


Рисунок 12 – Динамика плотности теплового потока при охлаждении образцов массой 1,3 кг при $t_{o.c.} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$

В ходе исследований было выявлено, что при температуре от 35 до 10 °С во время транспортировки тушек кроликов происходят определенные физические изменения. Было установлено, что повышение температуры на 5 °С приводит к увеличению теплового потока через ограждения корпуса контура с внешней изоляцией и ускорению процесса сублимации углекислого газа в снегу.

На рисунке 13 представлен график продолжительности сублимации снегообразного диоксида углерода и изменения температуры в контейнере при определенной температуре окружающей среды.

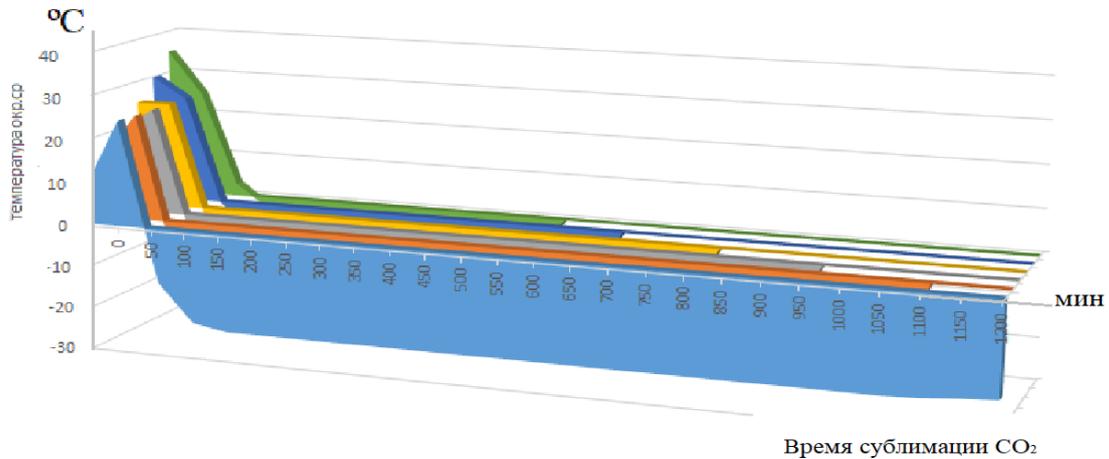


Рисунок 13 – График продолжительности сублимации снегообразного диоксида углерода в контейнере с тушками кроликов

Таким образом, динамика изменения температуры внешней среды в сторону увеличения обуславливает и увеличение температуры воздушно-газовой смеси оксида углерода (IV) в контейнере с тушками кроликов, при этом продолжительность сублимации снегообразного оксида углерода (IV) сокращается, и, соответственно, расстояние, на которое можно транспортировать продукт в данной среде, сокращается. Для предотвращения подмораживания крольчатины, следует учитывать прямое влияние снижения температуры окружающей среды на уменьшение количества загружаемого снегообразного оксида углерода (IV) в контейнеры для перевозки.

Влияние диоксида углерода на качество охлаждаемого мяса кролика

В процессе холодильной обработки образцов, масса которых составляла $1,3 \pm 0,15$ кг, с использованием газообразного оксида углерода (IV) были изучены качественные показатели

мяса. Контрольным образцом выступали тушки кроликов, которые были помещены в полимерные контейнеры и охлаждались воздушным потоком в холодильной камере при температуре 0 °С. Газообразный оксид углерода (IV) получаемый при сублимации оксида углерода (IV), использовался в качестве холодильного агента для охлаждения образцов мяса и распределялся по специальным карманам в теплоизолированном контейнере, который впоследствии устанавливался на стеллажи в изолированной камере с температурой $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$. В таблицах 6 и 7 отображены результаты исследований.

Таблица 6 – Физико-химические показатели мяса кролика

Продолжительность хранения тушек кролика, (сутки)	Активная кислотность, рН			Водосвязывающая способность, % к навеске		
	контроль	опыт (без упаковки)	опыт (в упаковке)	контроль	опыт (без упаковки)	опыт (в упаковке)
Исходное сырье	$6,57 \pm 0,03$	$6,57 \pm 0,03$	$6,57 \pm 0,03$	$79,43 \pm 0,31$	$79,43 \pm 0,31$	$79,43 \pm 0,31$
1	$5,58 \pm 0,03$	$5,49 \pm 0,03$	$5,47 \pm 0,03$	$66,13 \pm 0,36$	$64,69 \pm 0,27$	$65,22 \pm 0,36$
2	$5,62 \pm 0,03$	$5,52 \pm 0,03$	$5,41 \pm 0,03$	$65,82 \pm 0,27$	$65,02 \pm 0,36$	$65,27 \pm 0,27$
3	$5,87 \pm 0,03$	$5,60 \pm 0,03$	$5,44 \pm 0,03$	$66,14 \pm 0,22$	$65,13 \pm 0,22$	$65,44 \pm 0,22$
5	$5,99 \pm 0,03$	$5,67 \pm 0,03$	$5,47 \pm 0,03$	$67,46 \pm 0,32$	$65,86 \pm 0,32$	$65,99 \pm 0,32$
7	-	$5,70 \pm 0,03$	$5,52 \pm 0,03$	-	$66,04 \pm 0,35$	$66,35 \pm 0,35$
8	-	-	$5,59 \pm 0,03$	-	-	$66,54 \pm 0,19$
Продолжительность хранения тушек кролика, (сутки)	Кислотное число, мг КОН/г			Перекисное число, ммольО ₂ /кг		
	контроль	опыт (без упаковки)	опыт (в упаковке)	контроль	опыт (без упаковки)	опыт (в упаковке)
Исходное сырье	$0,38 \pm 0,1$	$0,38 \pm 0,1$	$0,38 \pm 0,1$	$0,243 \pm 0,02$	$0,243 \pm 0,02$	$0,243 \pm 0,02$
1	$0,50 \pm 0,1$	$0,41 \pm 0,1$	$0,38 \pm 0,1$	$0,399 \pm 0,02$	$0,298 \pm 0,02$	$0,246 \pm 0,02$
2	$0,67 \pm 0,1$	$0,46 \pm 0,1$	$0,42 \pm 0,1$	$0,679 \pm 0,02$	$0,410 \pm 0,02$	$0,387 \pm 0,02$
3	$0,99 \pm 0,1$	$0,69 \pm 0,1$	$0,66 \pm 0,1$	$0,80 \pm 0,02$	$0,498 \pm 0,02$	$0,342 \pm 0,02$
5	-	$0,82 \pm 0,1$	$0,77 \pm 0,1$	$0,598 \pm 0,02$	-	-
7	-	$0,94 \pm 0,1$	$0,91 \pm 0,1$	-	$0,692 \pm 0,02$	$0,646 \pm 0,02$
8	-	-	$0,95 \pm 0,1$	-	-	$0,701 \pm 0,02$

Состояние жировой ткани в процессе охлаждения и под влиянием различных способов термической обработки оценивали по окислительным и гидролитическим изменениям. Это позволило выявить следующие значения кислотного и перекисного чисел у исследуемых образцов: они достигли максимального допустимого значения на третьи сутки при охлаждении в воздушной среде и на восьмые сутки хранения при охлаждении в среде диоксида углерода.

Оценка степени влияния охлаждения различными способами на микробиологическую составляющую исследованных образцов позволила выявить снижение в значительной степени роста микроорганизмов при обработке в среде оксидом углерода (IV) (таблица 7), что является положительным эффектом по сравнению с традиционными способами охлаждения.

Таблица 7 – Результаты исследования микробиологических показателей мяса кролика

Продолжительность хранения тушек кролика, сутки	Мезофильные м/о, КОЕ/г			Психрофильные м/о, КОЕ/г		
	контроль	опыт (без упаковки)	опыт (в упаковке)	контроль	опыт (без упаковки)	опыт (в упаковке)
исходное сырье	$0,79 \times 10^3$	$0,79 \times 10^3$	$0,79 \times 10^3$	$0,31 \times 10^1$	$0,31 \times 10^1$	$0,31 \times 10^1$
1	$0,61 \times 10^4$	$0,69 \times 10^3$	$0,64 \times 10^3$	$0,18 \times 10^2$	$0,14 \times 10^1$	$0,10 \times 10^1$
2	$0,182 \times 10^4$	$0,78 \times 10^3$	$0,73 \times 10^3$	$0,59 \times 10^4$	$0,44 \times 10^2$	$0,36 \times 10^2$
3	$0,49 \times 10^6$	$0,89 \times 10^3$	$0,82 \times 10^3$	$0,50 \times 10^7$	$0,29 \times 10^4$	$0,24 \times 10^4$

5	-	$0,324 \times 10^4$	$0,219 \times 10^4$	-	$0,85 \times 10^4$	$0,78 \times 10^4$
6	-	$0,58 \times 10^5$	$0,401 \times 10^4$	-	$0,27 \times 10^5$	$0,16 \times 10^5$
7	-	$0,91 \times 10^6$	$0,82 \times 10^6$	-	$0,51 \times 10^5$	$0,31 \times 10^5$
8	-	-	$0,147 \times 10^6$	-	-	$0,43 \times 10^5$

Изменение времени хранения мяса, при охлаждении которого использовалась диоксидуглеродная среда, напрямую связано с изменением скорости автолитических процессов и замедлением развития микробной составляющей в тушках кроликов в период хранения. Использование диоксидуглеродной среды для обработки мяса кролика позволяет увеличить время хранения продукта, в течение которого он остается высокого качества, так, до пяти суток без упаковки, и на сутки больше в упаковке.

Органолептические показатели мяса кроликов при охлаждении в среде диоксида углерода

С целью изучения влияния оксида углерода (IV) на качество мяса проводили органолептический анализ образцов. Органолептическую оценку кроличьего мяса после пятидневного хранения в среде оксида углерода (IV) и оценку качества бульона проводили по критериям, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты органолептической оценки исследуемых образцов мяса (тушек) кроликов

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Внешний вид и цвет поверхности тушки	Имеет корочку подсыхания бледно-розового цвета	
Покровной и внутренней жировой ткани	Желтовато-белого цвета	
Серозной оболочки брюшной полости	Влажная, блестящая	
Внешний вид и цвет мышц на разрезе	Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге, бледно-розового цвета с красноватым оттенком	
Консистенция	Мышцы плотные, упругие, при надавливании пальцем образующаяся ямка быстро выравнивается; жир плотный	
Аромат	Специфический, свойственный свежему мясу кроликов	
Прозрачность и аромат бульона	Прозрачный, имеет мясной аромат. Без хлопьев белка	

При сравнении двух методов хранения мяса (в диоксидуглеродной среде и традиционном) после пяти и двух суток соответственно, образцы показали сходные результаты по степени свежести. Оба образца обладали сухой корочкой подсыхания, бледно-розовым цветом, влажной поверхностью свежего разреза, прозрачным мясным соком и плотной консистенцией. Изменения в цвете, текстуре и запахе жира и костного мозга также не были замечены. Запах мяса был естественным, без заметных посторонних ароматов. Костный мозг полностью заполнял полость трубчатой кости и обладал желаемыми характеристиками упругости, цвета и блеска. Суставы и сухожилия также сохраняли гладкость, блеск и упругость. Определено, что не было значительных различий в качестве и свежести мяса между двумя рассматриваемыми методами.

Практическое использование результатов исследований

Разработана новая белково-минеральная кормовая добавка на основе зерносмеси, концентрата соединительнотканых белков и преципитата, доказана целесообразность применения разработанной добавки в рационах молодняка кроликов. Предложены технологические решения по организации промышленного производства белково-минеральной

кормовой добавки. Были сконструированы следующие устройства: аппарат для низкотемпературной консервации кроличьего мяса в атмосфере углекислого газа, контейнеры и термоизолированный кузов для перевозки кроличьего мяса в среде CO₂. По результатам исследований разработана технология низкотемпературной консервации мяса кроликов, основанная на применении диоксида углерода.

Основные результаты работы и выводы

1. Проанализировано влияние кормовых добавок на продуктивные качества кроликов и показатели безопасности крольчатины. Произведен анализ различных традиционных методов холодильной обработки тушек кролика, в результате которого показаны недостатки данных методов и необходимость перехода к другим более эффективным холодильным агентам.

2. Разработана рецептура белково-минеральной кормовой добавки для молодняка кроликов. Определено, что более эффективным использование в качестве кормовой добавки для молодняка кроликов является 12 г белково-минеральной добавки на 88 г зерносмеси (соотношение белок / дикальций фосфат – 2 / 1). Выявлено, что эффективность прироста средней живой массы в III опытной группе повышается – на 10,61 %, среднесуточный прирост живой массы на 31,69 %. Обеспечен высокий уровень мясной продуктивности, по расчетному показателю убойной массы кроликов III опытная группа превосходила контрольную на 12,42 %. По изученным физико-химическим и функционально-технологическим свойствам отмечено превосходство опытных групп перед контрольной по ряду изученных хозяйственных и технологических показателей.

3. Получены зависимости изменения массы снегообразного диоксида углерода в зависимости от температуры жидкого CO₂ и угла конуса генератора – снегообразователя, выявлено, что максимальный выход снегообразного CO₂ получен при температуре минус 10 °С и с углом конуса 12°.

4. Изучены особенности теплообмена при низкотемпературном консервировании тушек кролика в модифицированной газовой среде CO₂, установлены нормы расхода и продолжительности сублимации диоксида углерода при условии достижения нормируемых температур.

5. Разработана технология низкотемпературного консервирования тушек кролика в среде диоксида углерода как в стационарных условиях, так и при транспортировке.

6. Предложена математическая модель для расчета продолжительности низкотемпературного консервирования тушек кроликов в среде диоксида углерода при двухстороннем отводе теплоты.

7. Получены закономерности изменения индикаторов качества тушек кролика в процессе низкотемпературного консервирования в среде диоксида углерода.

8. Разработаны программы и номограммы для определения зависимости производства снегообразного CO₂ от угла конуса генератора снегообразного диоксида углерода и температуры жидкой углекислоты, а также количества снегообразного CO₂, необходимого для поддержания нормируемой температуры в тушках кролика.

9. Прогнозируемый годовой экономический эффект в результате внедрения технологии низкотемпературного консервирования тушек кролика составит до 629819,52 руб., а экономическая эффективность от транспортировки тушек кролика 19800 руб. на 1 т.

ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах индексируемых в базах WoS и Scopus

1. Neverov, E. N. Freezing fruits in the environment of carbon dioxide / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkih, **A. N. Grinyk** // *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research*. Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 183–189.

2. Neverov, E. N. The design of the device for the solid carbon dioxide production / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, A. N. Rashchepkin, M. I. Ibragimov, **A. N. Grinyuk** // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. – Vol. 640(7), № 072022.

3. Neverov, E. N. Use of Carbon Dioxide for Transport of Rabbit Meat / E. N. Neverov, **A. N. Grinyuk** // Advances in Engineering Research. International Conference on Smart Solutions for Agriculture (Agro-SMART 2018) – 2018. – № 151. – P. 825–829. DOI: 10.2991/Agrosmart-18.2018.154.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

4. Неверов, Е. Н. Определение продолжительности сублимации таблетированного диоксида углерода в условиях транспортировки / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, Р. А. Ворошилин, **А. Н. Гринюк** // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2023. – № 3. Т. 15. – С. 132–140.

5. **Гринюк, А. Н.** Разработка и исследование влияния белково – минеральной кормовой добавки на продуктивные качества и убойные характеристики кроликов / **А. Н. Гринюк**, Е. Н. Неверов, Р. А. Ворошилин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 9 (227). – С. 73–75.

6. Неверов, Е. Н. Исследование процесса охлаждения диоксидом углерода тушек кролика в процессе транспортировки / Е. Н. Неверов, П. С. Коротких, **А. Н. Гринюк**, М. Ю. Мокрушин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 5 (211). – С. 111-121.

7. Неверов, Е. Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки мяса с высоким содержанием белка / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, П. С. Коротких, **А. Н. Гринюк** // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса: Сельскохозяйственные науки. – 2020. – № 3 (59). – С. 281–288.

8. **Гринюк, А. Н.** Влияние диоксида углерода на качество охлаждаемого мяса кролика / **А. Н. Гринюк**; Е. Н. Неверов // Вестник Красноярского Государственного аграрного университета. – 2018. – № 2. – С. 107–112.

9. Неверов, Е. Н. Применение диоксида углерода для охлаждения тушек кролика / Е. Н. Неверов, **А. Н. Гринюк**, Н. Г. Третьякова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. URL: <http://www.science-education.ru/129-22318>.

Статьи в конференциях

10. **Гринюк, А. Н.** Кормовые добавки на основе вторичных сырьевых ресурсов животного происхождения / **А. Н. Гринюк**, Е. Н. Неверов, Р. А. Ворошилин // XXV всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научные основы развития АПК». – Томск, 2023. – С. 118–120.

11. **Гринюк, А. Н.** Морозильное оборудование для предприятий агропромышленного комплекса / **А. Н. Гринюк**, С. Е. Жуков, Е. Н. Неверов // Холодильная техника и биотехнологии: материалы IV Национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Кемеровский государственный университет – Кемерово, 2023. – С. 82–84.

12. **Гринюк, А. Н.** Разработка технологии производства твердого диоксида углерода / **А. Н. Гринюк**, К. Э. Олейник // Холодильная техника и биотехнологии: материалы III Национальной конференции / Кемеровский государственный университет; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2021. – С. 107–110.

13. **Гринюк, А. Н.** Исследование влияния диоксида углерода на микробиологические показатели охлаждаемого мяса кролика / **А. Н. Гринюк**, Е. Н. Неверов // Холодильная техника и биотехнологии: материалы II Национальной конференции / Кемеровский государственный университет; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2020. – С. 67–69.

14. **Гринюк, А. Н.** Исследование режимов охлаждения мяса кролика в воздушно-газовой среде диоксида углерода / **А. Н. Гринюк**, С. В. Хохлов // Холодильная техника и биотехнологии: материалы I Национальной конференции / Кемеровский государственный университет; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2019. – С. 185–190.

15. Приб, И. А. Новое техническое решение аппарата для холодильной обработки продуктов в среде диоксида углерода / И. А. Приб, **А. Н. Гринюк** // Холодильная техника и биотехнологии: материалы I Национальной конференции / Кемеровский государственный университет; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2019. – С. 182–185.

16. Неверов, Е. Н. Применение диоксида углерода для транспортировки пищевых продуктов / Е. Н. Неверов, **А. Н. Гринюк**, П. С. Коротких // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы IX Международной научно-технической конференции. Том.2 / Университет ИТМО; под ред. И. В. Баранова [и др]. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 103–108.

17. **Гринюк, А. Н.** К вопросу об производстве снегообразного диоксида углерода / **А. Н. Гринюк**, Б. Б. Шахобидинов, Р. В. Переверзев // Химия, химические технологии и экология: наука, производство, образование: материалы международной научно-практической конференции и школы молодых ученых, 18–19 октября 2018 г. – Махачкала: Издательство ДГУ, 2018. – С. 221–222.

18. **Гринюк, А. Н.** Исследование процесса получения снегообразного диоксида углерода / **А. Н. Гринюк**, Б. Б. Шахобидинов // Инновации в пищевой биотехнологии: материалы VI международной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Том.1 / Кемеровский государственный университет; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2018. – С. 371 – 375.

19. Алдаматов, Н. Э. Охлаждение мяса кролика снегообразным диоксидом углерода при его транспортировке в теплоизолированном контейнере / Н. Э. Алдаматов, **А. Н. Гринюк** // Инновации в пищевой биотехнологии: материалы VI международной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Том.1 / Кемеровский государственный университет; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2018. – С. 84 – 89.

20. **Гринюк, А. Н.** Разработка нового метода охлаждения мяса кролика в условиях транспортировки / **А. Н. Гринюк**, Н. Э. Алдаматов // Кузбасс: образование, наука, инновации: материалы инновационного конвента. Том 1 / Кем. гос. университет; под ред. Е. В. Просвиркина. – Кемерово: Полиграф, 2017. – 515 с.

21. **Гринюк, А. Н.** Применение диоксида углерода при транспортировке мяса кролика / **А. Н. Гринюк** // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы международной науч. конф. Том.1 / Кем. технол. институт пищевой пром.; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2017. – С. 146–147.

22. Неверов, Е. Н. Номограмма для определения расхода снегообразного диоксида углерода и времени охлаждения мяса кролика / Е. Н. Неверов, Е. В. Новиков, **А. Н. Гринюк** // Пищевые инновации и биотехнологии: Сб. материалов Международной научной конференции – Кемерово, 2015. – С. 183–184.

23. Неверов, Е. Н. Исследование процесса охлаждения мяса кролика диоксидом углерода / Е. Н. Неверов, **А. Н. Гринюк** // «Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия»: Сб. материалов VI Международной научной конференции – Северный Чарльстон, Южная Каролина, США, 2014. – С. 28–33.

24. Неверов, Е. Н. Аппарат для холодильной обработки мяса кролика в среде диоксида углерода / Е. Н. Неверов, **А. Н. Гринюк**, Е. О. Храмцов, К. С. Лапшин // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы международной науч. конф. Том.1 / Кем. технол. институт пищевой пром.; под ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2014. – 343 с.

Патенты

25. Патент РФ № 2526653 С1, МПК F25D 3/12, F25D 13/06. Аппарат для холодильной обработки продуктов с рециркуляцией диоксида углерода / Е. Н. Неверов, О. Н. Буянов, **А. Н. Гринюк**; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – № 2013120624/13, заявл. 06.05.2013, опублик. 27.08.2014. – 7 с. : ил.