

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Кемеровский государственный университет

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научные руководители:

Доктор технических наук, доцент

Неверов Евгений Николаевич

Кандидат технических наук

Ворошилин Роман Алексеевич

Кемерово 2023

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Обзор литературы	11
1.1 Производство и потребление мяса в России и за рубежом.....	11
1.2 Тенденции в развитии производства и потребления мяса кролика.....	12
1.3 Строение и состав мяса кролика, его особенности.....	21
1.4 Влияние кормовых добавок на нутриенты и мясную продуктивность кроликов.....	25
1.5 Основные направления развития техники и технологии низкотемпературного консервирования мяса кролика.....	38
1.6 Выводы по главе.....	44
Глава 2. Технические средства и методика экспериментальных исследований	46
2.1 Организация выполнения работы.....	46
2.2 Методика экспериментальных исследований.....	49
Глава 3. Экспериментальная часть	54
3.1 Разработка белково-минеральной кормовой добавки с техническими подходами в применении диоксида углерода, обоснование использования компонентов.....	54
3.2 Разработка схем рационов, включение белково-минеральной кормовой добавки в рацион кроликов.....	61
3.3 Определение влияния разработанной кормовой добавки на продуктивные и убойные показатели исследуемого поголовья кроликов.....	62
3.4 Исследование влияния применяемой кормовой добавки на физико-химические и функционально-технологические свойства исследуемых образцов мяса кроликов.....	70
3.5 Математическое моделирование процесса низкотемпературного консервирования тушек кролика диоксидом углерода.....	75
3.6 Исследование влияния угла конуса снегообразователя на получение снегообразного диоксида углерода.....	80

3.7 Исследование процесса теплообмена при низкотемпературном консервировании мяса кролика диоксидом углерода.....	89
3.8 Исследование процесса теплообмена при низкотемпературном консервировании мяса кролика диоксидом углерода в условиях транспортировки.....	98
3.9 Влияние диоксида углерода на качество мяса кролика при низкотемпературном консервировании.....	111
3.10 Органолептические показатели мяса кроликов при охлаждении в среде диоксида углерода.....	117
3.11 Показатели безопасности исследуемых образцов мяса кролика.....	119
Глава 4. Практическое использование результатов исследований.....	122
4.1 Обоснование технологических решений по организации производства белково-минеральной кормовой добавки.....	122
4.2 Технологическое и аппаратное обеспечение обработки тушек кролика диоксидом углерода.....	126
4.3 Транспортировка охлажденных тушек кролика в условиях газовой среды, модифицированной CO_2	129
4.4 Макет теплоизолированного малотоннажного контейнера для транспортировки тушек кролика в среде снегообразного диоксида углерода....	134
4.5 Номограмма для определения массы диоксида углерода и продолжительности низкотемпературного консервирования тушек кролика.....	136
4.6 Номограмма для определения расхода снегообразного диоксида углерода необходимого для поддержания нормируемой температуры при транспортировке тушек кролика.....	137
4.7 Программа для определения расхода снегообразного диоксида углерода необходимого для поддержания нормируемой температуры при транспортировке тушек кролика	139
Результаты исследований и выводы.....	141
Список использованной литературы.....	143
Приложения.....	170

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В современном секторе АПК появилась потребность в полном цикле производства и переработки продукции, многие сельхозтоваропроизводители заинтересованы в организации бизнеса, который позволит производить продукцию, эффективно переработать, сохранить и её реализовать. В отрасли АПК большое внимание уделяется безотходному производству, которое включает переработку отходов в ценные целевые продукты и компоненты для производства других видов продукции.

Многие вторичные сырьевые ресурсы животного происхождения ценны белком и кальцием, на примере желатинового производства можно отследить линию таких вторичных сырьевых продуктов как концентрат соединительнотканых белков, получаемый в процессе обезжиривания коллагенсодержащего сырья, и преципитат, который является ценным носителем фосфата кальция, играющий большую роль в минеральном обмене живого организма. Данные компоненты имеют большой потенциал использования в кормлении сельскохозяйственных животных для увеличения 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 по кулинарным и функционально-технологическим характеристикам, сохраняет большее количество микро- и макроэлементов, 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 таких 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 сохранение окружающей среды, в результате чего прекращено производство ряда хладагентов: R12, R502 и других. С начала 2020 года также было приостановлено использование хладона R22, который широко применялся в системах охлаждения и транспортировки 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 такими как: 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 CO₂ 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 белково-минеральной 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 мяса кролика 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 CO_2 от угла конуса снегообразователя диоксида углерода и температуры жидкой углекислоты, а также количества снегообразного CO_2 , 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. Научные исследования проводились с использованием современных методов 3D моделирования, программирования. Анализ полученных результатов проводился с помощью современных общепринятых, стандартных и собственных разработанных методов с применением высокотехнологических достижений 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, рекомендованных 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.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Производство и потребление мяса в России и за рубежом

Объем производства всех категорий мяса в настоящее время в агропромышленном комплексе России существенно вырос. Объемы производства в аграрных структурах претерпели существенные изменения: увеличение составило 382,5 тыс. тонн в сельхозорганизациях, 10,5 тыс. тонн в крестьянско-фермерских хозяйствах, в то время как в частных хозяйствах населения отмечается отрицательная динамика в размере почти 63,0 тыс. тонн. Максимальный прирост отмечен в хозяйствах, ориентированных на производство свинины (7,0 %), который составляет 246,2 тыс. тонн, при этом общий объем производства составляет 3775,8 тыс. тонн. Производство говядины показало повышение на 1,9 % (31,5 тыс. тонн) до 1 645,1 тыс. тонн. Объемы производства мяса птицы также прибавили 1,3 % (62,3 тыс. тонн), а в случае мяса кролика произошел прирост на 2 %.

В процессе изучения прочих мясных продуктов отмечается легкое уменьшение: объем производства баранины и козлятины сократился на 3,0%, в то время как суммарное снижение для остальных видов мяса (конина, оленина) составило 4,3 % [1, 4].

Потребление мяса в России так же продолжает расти. По результатам первой декады 2019 г. потребление свинины возросло на 1,1 %, птицы – на 1,3 %, мяса прочих видов – на 0,9 %. Основной движущей силой такой тенденции является понижение закупочных и розничных цен, связанное с расширением Российского производства мяса и увеличением в последние годы внутренней конкуренции. Потребление мяса в последние годы достигло 75,4 кг на человека (+2,7 кг/чел). Эта тенденция справедлива как для частных хозяйств, так и для крупных предприятий, занимающихся мясопереработкой. Стоит отметить, что доля потребления говядины сохраняется на низком уровне, около 20 %, в завершившемся году – 13,5 кг/чел (для сравнения в 1990 г. эта цифра

достигала 45 %). Также неуклонно увеличивается, с 20 % и приближается к 50 % потребление птицы. А потребление свинины на протяжении значительного времени сохраняется на стабильном уровне в одну треть всего рынка. Данный тренд не изменится в долгосрочной перспективе, это нельзя не отметить как позитивный сигнал для предприятий свиноводства [5].

Прогнозируется незначительный рост потребления мяса в нашей стране до 77 кг/чел. в 2025 году. Это обусловлено не только ростом платежеспособности населения, но и изменениями культуры потребления мяса. Для сравнения можно привести следующие данные: в период СССР на человека норма потребления мяса составляла 72 кг, в это же время в США – 115 кг.

Согласно прогнозам, в предстоящем десятилетии наблюдается перспективное увеличение потребления мяса на глобальном уровне. Оценки предполагают значительный рост в потреблении мяса в ряде стран, включая страны Латинской Америки (+3,7 кг/чел.) и Северной Америки (+3,4 кг/чел.). Прогнозируется увеличение уровня потребления мяса на 2,3 кг/чел. в странах Азиатско-Тихоокеанского региона [5, 7, 87].

1.2 Тенденции в развитии производства и потребления мяса кролика

На российском рынке незначительный сегмент занимает крольчатина. Этот вид мяса нетрадиционен для россиян, но активно расширяющийся ассортимент продуктов питания из крольчатины способствует увеличению ценителей данного вида мяса.

Импорт крольчатины сокращается, а в РФ увеличивается количество кролиководческих инвестиционных проектов. Не только появляются новые предприятия, но и существующие модернизируются и расширяются [7, 13, 15].

Кролиководством занимаются крупные кролиководческие комплексы, которые контролируют полный цикл производства: выращивание молодняка, получение взрослой особи, дальнейшая переработка и реализация крольчатины. Кроликофермы среднего и мелкого плана (в частности, личные

хозяйства) снабжают региональные рынки мясом кролика. Недостаток местных производителей восполняет импорт крольчатины.

В России наиболее эффективны следующие кролиководческие предприятия: АО «Племенной завод кролика»; ЗАО Агропромышленный кролиководческий комплекс «Рощинский»; ООО «Кролик деревенский»; ООО «Раббит»; Агропромышленный комплекс «Занино»; ООО «Бежин Луг»; ЗАО «Кроль и К»; ООО «Русский кролик»; ООО «Челябинское акселерационное кролиководство»; Агрокомплекс «Ногино»; АО «Экокрол»; ООО «Касимов-Миакро»; ООО «Бизнес Эстейт Сельхоз»; ООО «Крол-агро»; ЗАО «Великан»; ООО «Лелечи», Животноводческое хозяйство «Воронежский кролик»; ООО «Омск-Миакро», ООО «Кролики Поволжья».

На рисунке 1.1 представлена динамика производства мяса кролика в России. В соответствии с графиком 1.2 наблюдается трехкратное увеличение объёма производства мяса кроликов. С 2001 по 2009 гг. периоды снижения сменялись периодами повышения объемов производства. С 2009 по 2019 гг. производство мяса крольчатины постепенно увеличивалось. В течение трёх последних лет спрос на кроличье мясо увеличился более, чем вдвое: в 2022 году часть отечественной продукции на рынке выросла с 8 % до 15 % [7, 16, 87].

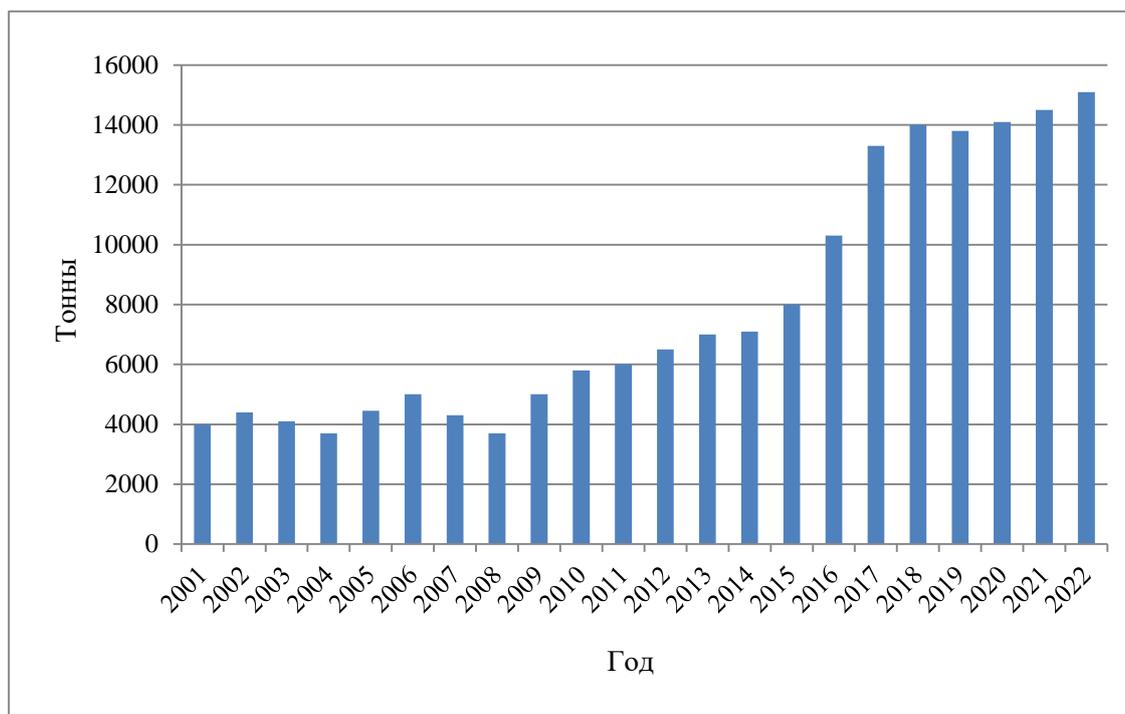


Рисунок 1.1 – Динамика производства мяса кролика

На рисунке 1.2 продемонстрированы объемы производства крупных российских округов, занимающихся кролиководством, в сравнении с общим производством страны. Показатели приведены на 2022 год.

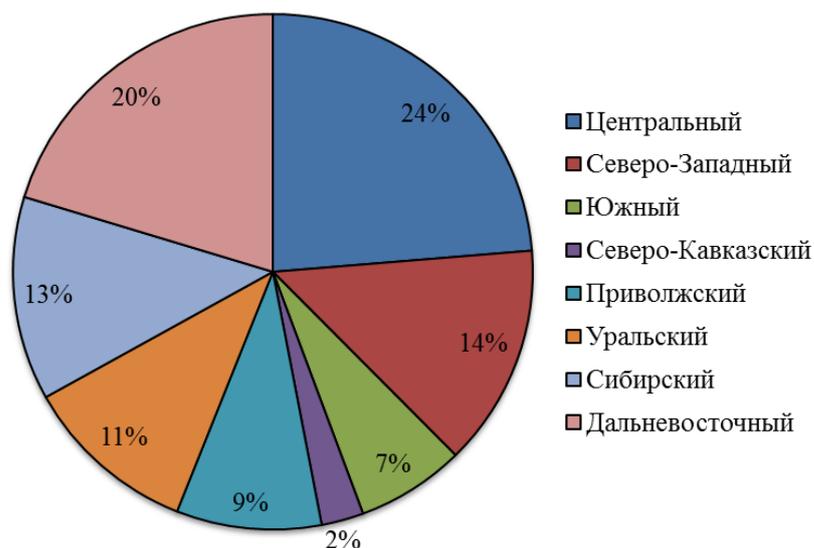


Рисунок 1.2 – Доли федеральных округов – производителей мяса кроликов

Из анализа данных, представленных на рисунке 1.2, можно увидеть, что в 2022 году основными производителями мяса кролика являются два

федеральных округа: Центральный – 24 % и Дальневосточный – 20 %, на их долю приходилось 44 % от всего объема производимого мяса кролика в 2022 г. Также весомую часть производства мяса крольчатины в России занимают Северо-Западный и Сибирский федеральный округа с общим объемом производства в 27 % от общего [7, 23, 24].

В таблице 1.1 представлены доли регионов-производителей мяса кроликов от общего объема производства Сибирского федерального округа. Проанализировав данные из таблицы 1.1, можно сделать вывод, что определенным лидером в производстве мяса крольчатины среди регионов Сибирского федерального округа является Алтайский край с долей в общем объеме производства 39,7 %, среди лидеров – Красноярский край (22,4 %), Новосибирская область (15,9 %), Томская область (9,5 %), Омская область (5 %).

Кузбасс с объемом производства в 22 тыс. тонн и с долей в общем объеме 1,3 % занимает среднюю позицию [7, 26, 76].

На рисунке 1.3 представлены тенденции развития производства мяса кролика в Кемеровской области [7].

В Кемеровской области за десять лет производство крольчатины развивалось не поступательно. Если с 2007 по 2009 гг. наблюдалось плавное развитие кролиководства, то в 2010 году, благодаря резкому увеличению спроса на крольчатину, увеличивается и производство. Высокий спрос продержался лишь год, и с 2011 года он вновь падает. Далее развитие производства возрождается и постепенно наращивает темпы.

Таблица 1.1 – Рейтинг регионов-производителей мяса кролика Сибирского федерального округа

<i>Регионы Сибирского федерального округа</i>	<i>Объем производства мяса кроликов, т</i>	<i>Доля в общем объеме производства, %</i>
Алтайский край	675	39,7
Красноярский край	380	22,4

продолжение таблицы 1.1

Новосибирская область	270	15,9
Томская область	162	9,5
Омская область	85	5,0
Кемеровская область-Кузбасс	22	1,3
Иркутская область	20	1,2
Республика Алтай	18,5	1,1
Республика Бурятия	17,5	1,0
Республика Тыва	17	1,0
Республика Хакасия	17	1,0
Забайкальский край	16	0,9
Сибирский ФО	1700	100

Повышение производства крольчатины в Кемеровской области отличается динамичным развитием с 2014 по 2022 гг. Объясняется эта ситуация мерами поддержки администрации Кемеровской области производителей крольчатины и увеличивающимся спросом на мясо кролика.

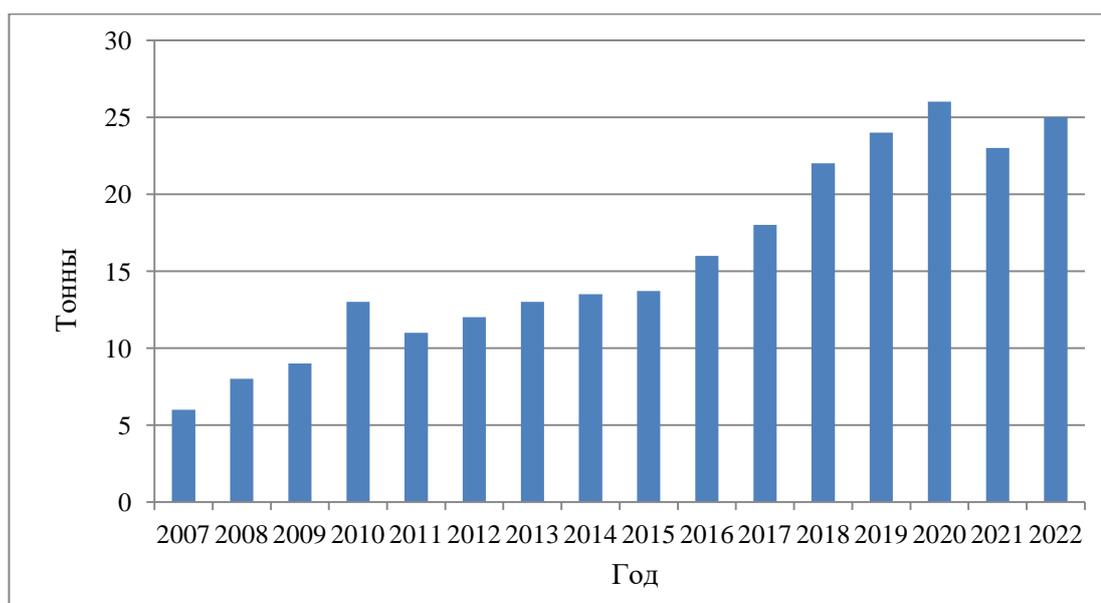


Рисунок 1.3 – Тенденции развития производства мяса кролика в Кемеровской области

Крупнейшие производители крольчатины на Кузбассе: ООО «Кузбасский кролик»; КФХ «Демьяновское»; ООО «Славения».

Эти три производителя в 2016 г. обеспечили продовольственный рынок 14750 тоннами мяса кролика, а в 2022 году – 17830 тоннами крольчатины.

В Кемеровской области функционируют также частные предприниматели и мелкие производители крольчатины, в 2022 году они суммарно произвели 4150 тонн.

Вышеназванные данные позволяют сделать вывод, что кролиководство в Кемеровской области-Кузбассе эффективно развивается и концентрируется на трех указанных выше производителях.

Лидеры мирового кролиководства – Китай, Италия, Франция и Испания. Совместный объем производства – 70 % мирового рынка, около 2,5 миллионов тонн крольчатины.

На рисунке 1.4 представлены показатели мирового производства крольчатины.

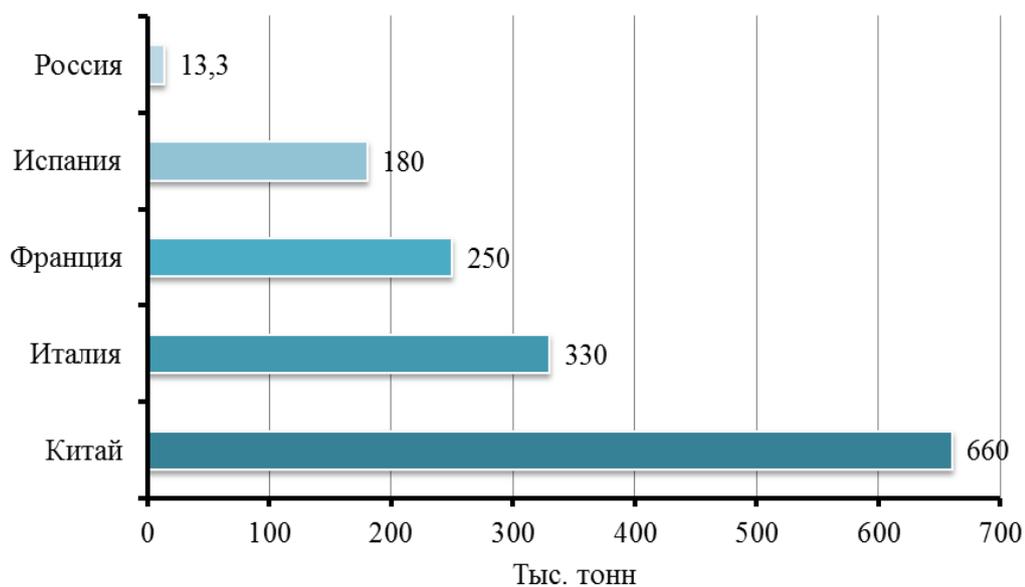


Рисунок 1.4 – Объемы мирового производства мяса кролика

Из данных рисунка 1.4 можно сделать вывод о лидерстве Китая в отрасли кролиководства (660 000 тонн, 45 %) и Евросоюза (более 500 000 тонн): Италия – 22,5 %, Франция – 17 %, Испания – 12 %.

Основными ведущими мировыми производителями мяса кролика являются: «Chghunhe Chghunsin», «Shuanghui Group», «Juifusyan», «Buon Coniglio», «Casa Commerciale», «Dezmunido», «Lepre Galante», «Eurolap», «Bel homme de Californie», «Le grand lapin», «ZBazils», «SLR.Desperado», «Lièvre de Nouvelle-Zélande») [8, 15, 86, 210, 223].

Позиции России далеки от мировых лидеров производства мяса кролика. Но США и Евросоюз своими экономическими санкциями простимулировали высокие темпы развития российского кролиководства.

На рисунке 1.5 представлены объемы потребления мяса кролика в мире [8].

В 2022 году европейские страны потребили 570 051 тонну мяса кролика. Китай (615 тысяч тонн) и Индия (95 тысяч тонн) вывели Азию в лидеры по потреблению крольчатины с общим объемом континентского потребления 820 тысяч тонн.



Рисунок 1.5 – Объемы потребления мяса кролика в мире, тыс. тонн

Население России потребляет мясо кролика в соответствии с его производством. В 2022 году в Америке зафиксированы следующие данные:

- Центральная Америка – 34 364 тонн,
- Южная Америка – 56 317 тонн,
- Северная Америка – 135 000 тонн.

На мировом рынке лидером по потреблению крольчатины является Италия – 5,8 кг на душу населения в год, Китай – 0,07 кг на человека в год. Это обусловлено тем, что первоочередная задача разведения кроликов в Китае – получение ангорской шерсти, а не мяса. Среди азиатских стран наиболее развитые кролиководческие предприятия сосредоточены в Индонезии.

Крупнейшими в мире потребителями являются страны-производители мяса кролика, а именно: Китай, Италия, Испания и Франция. Объемы потребления вышеуказанных стран мяса кролика в 2022 г. показаны на рисунке 1.6 [8].

За 2022 год Китай произвел 660 тыс. тонн крольчатины, из них 615 тыс. тонн составило внутреннее потребление в стране, разница была экспортирована. Италия аналогично большую часть производства реализовала на внутреннем рынке (321 из 330 тыс. тонн). Из подраздела 1.1 было определено, что Франция опередила Испанию по производству. Однако по потреблению лидерство не зафиксировано. Франция экспортировала в эквивалентном соотношении большую часть своего производства, нежели Испания, произведя 250 тыс. тонн. Из них потребление внутри страны составило 185 тыс. тонн. Испанцы не только употребили большую часть своего производства, но и импортировали из Европы. Объем употребления превысил объем производства на 55 тыс. тонн.

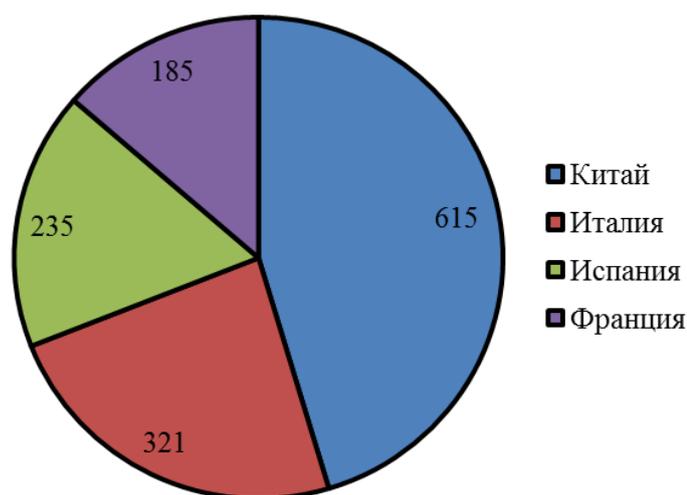


Рисунок 1.6 – Объемы потребления стран-лидеров по потреблению мяса кролика, тыс. тонн

Региональные объемы потребления крольчатины в Российской Федерации показаны на рисунке 1.7. Лидером потребления крольчатины в Российской Федерации с показателем 2 952,8 тонны является Московская область. Региональное производство мяса кролика не в полном объеме справляется со спросом населения на крольчатину. В 2022 году местные производители не удовлетворили потребительский рынок на 226 000 тонн. В 2022 году показатели потребления выросли, потребительский рынок вырос на 310 000 тонн.

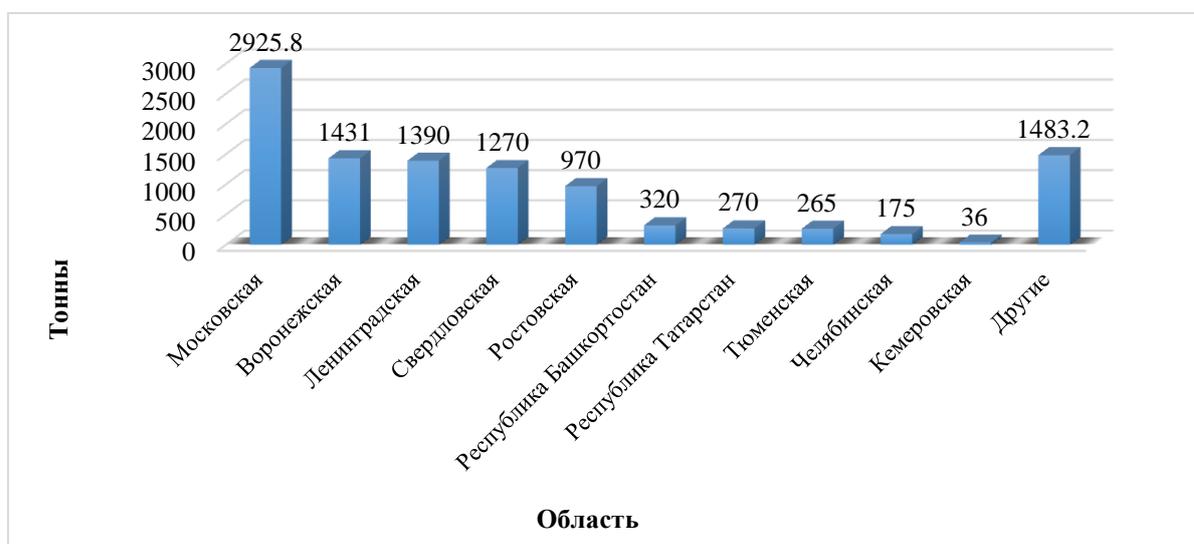


Рисунок 1.7 – Потребление крольчатины в регионах Российской Федерации

Потребляя намного меньше (1431 тонна), на втором месте находится Воронежская область. В этом регионе областные потребители полностью справляются со спросом населения, а излишки продукции кролиководства (389 тонн) отправляются в другие регионы и экспортируются.

Большая часть крольчатины в Ленинградской области, которая по потреблению расположилась на третьем месте, привозная из других регионов России и импортная. Потребность населения в мясе кролика здесь – 1390 тонн.

В Кемеровской области – Кузбассе потребление крольчатины находится на уровне 36 тонн. Наблюдается стабильный рост интереса к потреблению мяса кролика во время всего периода без резких падений или повышения в спросе [8].

Из всего вышесказанного следует, что российское и мировое потребление крольчатины стабильно растет.

1.3 Строение и состав мяса кролика, его особенности

В мясе кролика отмечено низкое содержание холестерина и жира, насыщенность витаминами и минералами. Эти показатели способствуют востребованности мяса кролика на современном продуктовом рынке. Для поддержания и восстановления здоровья очень ценными являются состав, органолептические свойства крольчатины [9].

Среди разных видов мяса крольчатина выделяется высокой питательностью, доказаны и оценены её химические, морфобиохимические, технологические достоинства.

Из данных таблицы 1.2 прослеживается достоинство и своеобразие крольчатины, характеристики крольчатины: содержание белка ($22,06 \pm 0,04$ %), водная составляющая ($71,8 \pm 0,19$ %), жировая составляющая ($4,85 \pm 0,17$ %), зольные элементы ($1,29 \pm 0,01$ %).

Самое ценное свойство мяса кролика, которое обеспечивают уникальные органолептические показатели и невысокая энергетическая ценность мяса (калорийность всего 131,87 Ккал) – низкий жировой процент и низкое содержание холестерина [3].

Доказано, что соотношение жира к белку в рационе здорового человека составляет 1 : 0,8. Из таблицы 1.2 видно, что установленное требование больше удовлетворяют говяжье мясо и мясо курицы, а мясо кролика характеризуется относительно низким содержанием жира и является низкокалорийным, диетическим продуктом питания [3].

Таблица 1.2 – Сравнительный анализ мяса кроликов, кур, говядины по химическому составу и энергетической ценности

Вид мяса	Массовая доля, %				Соотношение жира к белку	Калорийность	
	Воды	Белка	Жиры	Золы		Ккал	кДж
Говядина первой категории	64,5	18,6	16	0,9	0,9	144	603,4
Куры первой категории	61,9	18,2	18,4	0,8	1	141,4	592,4
Крольчатина	71,8± 0,19	22,06± 0,04	4,85± 0,17	1,29± 0,01	0,23	131,87± 1,59	551,17± 6,68

Зольность в 1,29 % показывает, что мясо кролика насыщено большим количеством таких важных для здоровья человека элементов, как фосфор, магний, калий, железо. Это определяет биологическую ценность крольчатины. Сравнительный анализ минерального состава мяса кролика, кур и говядины можно наблюдать в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Минеральный состав крольчатины, говядины и мяса кур

Показатель	Вид мяса		
	Крольчатина	Куры	Говядина
Зола, %	1,29±0,01	0,8±0,01	0,9±0,01
Макроэлементы, мг/100 г			
Кальций	18,83±0,23	17±0,23	10,2±0,23
Фосфор	211,97±1,02	180±1,02	188±1,02

Калий	361,33±7,88	217±7,88	355±7,88
Натрий	45,1±1,55	75±1,55	60±1,55
Магний	31,03±0,41	20±0,41	22±0,41
Микроэлементы, мкг/100 г			
Железо	3 200±61,34	1 600±61,34	2 900±61,34
Марганец	19,17±2,51	19±2,51	35±2,51
Медь	100,75±1,83	76±1,83	182±1,83
Цинк	1 660±14,14	2 055±14,14	3 240±14,14

Как видно из данных таблицы 1.3 в мясе кролика содержание железа двукратно превышено, чем в мясе кур, что важно в процессах кроветворения и дыхания.

С медицинской точки зрения соотношение кальция к фосфору должно быть 1 : 1,5, но ни один вид мяса не поддерживает такой показатель. В любом мясе содержание фосфора многократно превышает содержание кальция. А содержание магния и кальция сбалансировано во всех видах мяса, приблизительно 1 : 0,5. При таком соотношении кальций оптимально усваивается организмом человека.

Крольчатина относится к белому мясу, баланс белков, жиров, минеральных веществ и витаминов соответствует рекомендованной норме. Важным является и небольшое количество эластина и тяжелоусваиваемых коллагенов.

При биологическом окислении белков и жиров образуется необходимая для жизнедеятельности человека энергия. У каждого продукта можно определить энергетическую ценность. Энергетическая ценность крольчатины зависит от возраста и упитанности кролика, в среднем 525-800 кДж на 100 г мяса. В таблице 1.4 представлена средняя энергетическая ценность мяса различных животных на 100 г мяса [3].

Белок крольчатины содержит 19 аминокислот, в том числе все незаменимые. Ценность мяса кролика обеспечена еще и сохранностью качественного состава аминокислот при тепловой обработке. В мясе кролика

содержится максимальное количество незаменимой аминокислоты Лизина – 10,43%, метионина и триптофана – соответственно 2,37 и 1,55 %. Возраст животного на содержание аминокислот незначительно влияет.

Таблица 1.4 – Пищевая ценность различных видов мяса (в 100 граммах, кДж)

Говядина	Свинина	Курица	Баранина	Крольчатина
250	242	336	294	550

В сравнении с мясом других животных мясо кролика насыщено витаминами: никотиноамид, аскорбиновая кислота, пиридоксин, кобаламин.

Для диетического питания обосновано рекомендуют именно мясо кролика. Еще одним выгодным отличием крольчатины является наличие арахидоновой и других полинасыщенных жиров, которые благоприятны для усвоения.

Перечислим некоторые свойства мяса кролика: мышечные волокна имеют мелкую зернистость и тоньше, чем у других видов мяса, недоразвитая соединительная ткань, жир находится на холке и в паху под шкурой, плавится при низких температурах, поэтому легко усваивается.

Содержание мышечной ткани: кролик – 84–85 %, конина – 60–65 %, говядина 57–62 %, овца 50–60 %, свинья 40–52 %, цыпленок – бройлер 51–53 % [2].

Соотношение мышечной и соединительной тканей определяют пищевую ценность и качество в целом мяса. Качественное мясо должно содержать максимум мышечной ткани.

Мясо имеет хорошие вкусовые и кулинарные свойства и легко усваивается. Белок кроличьего мяса человеком усваивается на 90 %, а, например, из говядины – на 62 %, свинины – на 48 % [3].

Таким образом, можно однозначно отметить, что мясо кролика является одним из уникальных видов мясных продуктов, а набирающее популярность кролиководство является перспективной областью мясной промышленности. Учитывая химические, морфобиологические и

технологические особенности мяса кролика нетрудно предсказать его активное распространение на мировом мясном рынке.

1.4 Влияние кормовых добавок на нутриенты и мясную продуктивность кроликов

Одной из наиболее актуальных проблем на сегодняшний день является создание экологически чистой сельскохозяйственной продукции, характеризующейся высокими количественными и качественными показателями, что, в свою очередь, является необходимым условием обеспечения здоровья человека. Микроэлементы, необходимые для жизни, выполняют свои функции в живых организмах. Поэтому среди мероприятий, которые должны решить эту проблему, наиболее актуальным является обеспечение организма сельскохозяйственной птицы и животных оптимальным количеством и соотношением микроэлементов и белков. Этого можно достичь созданием кормов нового поколения с использованием вторичных сырьевых ресурсов, имеющих белковую и минеральную ценность.

Текущие рекомендации по кормлению сельскохозяйственных животных включают общую концентрацию питательных элементов в рационе, поскольку концентрация в кормах растительного происхождения и их биодоступность могут широко варьироваться и часто недостаточно эффективны для удовлетворения потребностей животных [81].

Современными учеными разрабатываются подходы в обогащении кормов белковыми компонентами. В последние несколько лет кормовые добавки использовались в питании животных для улучшения показателей здоровья и продуктивности животных.

Основным материалом для развития мускулатуры кроликов и половых функций, формирования волосяного покрова, молока, которым вскармливают приплод, является белок.

Животный белок может быть заменен жирами и углеводами при отсутствии прочих источников энергии. Однако жиры и углеводы не могут заменить белок в период развития организма. Корма животного происхождения наиболее богаты белками, например, мясокостная и рыбная мука, сухое обезжиренное молоко; из кормов растительного происхождения наиболее богаты белками жмыхи и шроты. Но в этих кормах мало переваримых протеинов и витаминов. Для увеличения количества питательных веществ в рационе используют витаминные премиксы. В рационе должно быть достаточное количество кальция, калия, фосфора и других макро- и микроэлементов. Из макроэлементов наибольшее значение имеют кальций и фосфор [40, 74].

Кальций необходим для укрепления костей и зубов, а также для образования в организме костной ткани. Фосфор входит в состав костей, зубов и нервной ткани, необходим для обмена веществ. На кальций и фосфор приходится около 2 % массы животного и около 70 % от всех других минеральных веществ. Растущему молодняку требуется больше протеина и меньше клетчатки, чем взрослым кроликам.

Отмечается, что в особенности богаты белком бобовые травы, такие как: люцерна, клевер, эспарцет, викоовсяные и горохоовсяные смеси. Комбинирование различных кормов позволяет предоставить все составные части белков в рацион, так как белки некоторых растительных кормов не содержат всех необходимых компонентов, за счет чего они не могут быть полноценными. Комбинирование обеспечивает кроликам полноценное белковое кормление [89].

Белковые компоненты, при переваривании корма в желудке животных, подвергаются распаду аминокислот. Правильное соотношение протеина и клетчатки в питании кроликов регулируется и определяется набором ингредиентов в составе гранулированного комбикорма. К полноценно-белковым кормам относятся: молоко; кровяная, мясная, мясокостная и

рыбная мука; зеленая молодая трава, в особенности бобовые и сено-бобовые травы, такие как люцерна и клевер.

Важность качества белка в кормлении кроликов общепризнана. Для быстрого роста кроликам необходимо достаточное количество незаменимых аминокислот в рационе. Зависимость от незаменимых аминокислот в рационе подразумевает, что небелковые источники азота неэффективны в кормлении кроликов [162].

Включение кормовых добавок с различными свойствами в рацион питания кроликов является довольно обширной темой, которая глубоко изучается на данный момент. Содержание в кормах макро и микроэлементов имеет большое значение для нормального течения физиологических процессов кроликов, а также оказывает влияние на мясную продуктивность и нутриентный состав крольчатины.

В исследовании, проведенном Искандаровой Ш. И. [155], было установлено, что дефицит витаминов в рационе питания кроликов негативно влияет на их жизнедеятельность. Дефицит кальция и фосфора снижает уровень размножения, жизнеспособности, уровень потребления питательных веществ снижается, затрудняется образование костей у молодых кроликов. Было предложено введение в рацион препарата «Sel-Plex». Данный препарат повысил количество фагоцитарных лейкоцитов, что способствует положительному влиянию на дыхательную систему животных.

В кормах для сельскохозяйственных животных наиболее дорогостоящим компонентом является белок. Для повышения интенсивности его обмена в комбикорма растительноядных животных включают жирорастворимые витамины. В исследовании Квартникова М. П. и Квартниковой Е. Г. [81] было изучено влияние на баланс протеина в организме молодняка кроликов витаминов А и D. В результате опытов было установлено, что показатели количества переваренного азота у всех опытных групп практически не отличались. Уровень выделения азота с мочой кроликов был стабильным. Добавление в рацион синтетических витаминов А

и D не воздействует на интенсивность белкового обмена у молодняка кроликов. Суточное отложение азота в организме молодняка кроликов, в возрасте 45–74 суток, по отношению к принятому среднему значению составило 49,55 %; по отношению к переваренному азоту рациона – 76,5 %. Это указывает на рациональное использование белка кроликами на пластические нужды.

В исследовании Гаунуллиной М. К. и Цветковой А. М. [43] был определён фактор влияния на продуктивность молодняка кроликов природных сорбентов. Для проведения опыта было сформировано три группы кроликов. Первая группа была контрольной и получала рацион, состоящий из комбикорма. Для соответствия основному рациону кроликов, комбикорм состоял из 19,89 % сырого протеина и 14 % клетчатки. Вторая опытная группа получала обычный рацион с добавлением 2 % диатомита, третья опытная группа получала обычный рацион с добавлением 2 % цеолита (от массы комбикорма). В ходе работы было определено, что диатомит и цеолит благоприятно отразились на улучшении усвоения питательных веществ комбикорма. Также была отмечена положительная динамика в увеличении интенсивности роста и снижении затрат кормов у опытных групп, получавших данные добавки.

В работе Ревазова Ч. В. и Калоева Б. С. [159] предметом исследования было изучение добавления в рацион кроликов сухой послеспиртовой барды и влияние данной добавки на откорм. Барда сухая послеспиртовая является продуктом переработки отходов спиртового производства. Данный компонент является высокобелковым и витаминосодержащим кормом для сельскохозяйственных животных и птицы. По итогам исследования была определена целесообразность внедрения в рацион питания молодняка кроликов, породы калифорнийская, с 30–32 суточного возраста сухой послеспиртовой барды. Удешевление 1 кг прироста опытной группы составило 4,19 рублей (меньше контрольной группы на 6,7 %), а в сравнении со второй опытной группой – 6,99 рублей (меньше контрольной группы на 12,6 %).

В исследовании, проведенном Востроиловым А.В. и соавторами [40, 41], было изучено влияние пробиотического препарата «ВетКор» на факт повышения мясной продуктивности кроликов и качества мяса. Основным рационом контрольной группы кроликов состоял комбикорм ПК-90. Рацион опытной группы кроликов состоял из основного рациона контрольной группы с добавлением к нему пробиотического препарата. Было установлено, что рацион опытной группы положительно сказался на массе мышечной ткани испытуемых кроликов. Улучшение сбалансированности аминокислотного и химического состава при применении пробиотического препарата «ВетКор» было отмечено в дозе 100 мг на 1 кг живого веса, что подтвердилось оценкой физико-химических и органолептических показателей мясного сырья.

В одном из исследований Востроилова А. В. и Курчаевой Е. Е. [40] было изучено влияние пробиотического препарата «Ветом 3.0». Прирост живой массы в опытной группе в среднем был 18,12 %, что превосходило по массе контрольную группу. Убойный выход опытной группы составил 70,9 %, что на 12,3 % выше убойного выхода контрольной группы (63,13 %).

В работе Курчаевой Е. Е. [88] была исследована целесообразность использования зеленой массы топинамбура в симбиозе с пробиотическим комплексом «Энзимспорин» и сорбентом «Фунгистат-ГПК» в составе комбикормов для кроликов. Морфологический состав тушек показал, что внедрение в рацион кормления животных представленных добавок оказало благоприятное воздействие на интенсивность роста мышечной ткани. Также было отмечено повышение качественных показателей и пищевой ценности получаемого мясного сырья. Данные компоненты проявили себя как перспективный продукт из ряда пробиотиков и позволили увеличить продуктивность и качество мяса кроликов.

В исследовании Черенкова Е. Н. и Мироновой И. В. [188] была изучена роль кормовой добавки «Биогумитель» в изменении морфологического, химического и биологического составов тушки, а также ее влияние на

биологическую ценность мяса кроликов. Кролики опытных групп превосходили животных контрольной группы по следующим показателями: по массе мяса – на 74–154 г (5,09–10,59 %); по содержанию жира – на 0,20–0,40 %; по содержанию белка – на 0,30–0,64 %; по содержанию триптофана – на 2,96–19,80 %. В то же время кролики контрольной группы характеризовались большим содержанием оксипролина. Наилучшие показатели были получены при включении в рацион пробиотика «Биогумитель» в дозе 0,20 г/кг живой массы.

В исследовании Горковенко Л. Г. и соавторами [49] было изучено эффективное и профилактическое воздействие пробиотического препарата «Бацелл-М» в составе зерновой смеси и полнорационного гранулированного комбикорма. Введение препарата в количестве 0,6 % от массы корма способствовало улучшению кишечного микробиоценоза кроликов, что в свою очередь является показателем иммунитета и роста. Также была повышена экономическая эффективность продукции животноводства: в опытной группе кроликов было отмечено снижение себестоимости продукции на 3,9 %, рентабельность продукции составила 365 %. В свою очередь рентабельность продукции контрольной группы составила 285 %.

В исследовании, проведенном Пономаревым В. Я. и соавторами [144], было зафиксировано влияние минеральных добавок на качественные и технологические показатели мяса кроликов и готовой продукции, выработанной на его основе. В процессе кормления кролики получали кормовые и минеральные добавки «Сапропель» и «Цеолит» в дозировке 4 % к массе сухого комбикорма. Мясо кроликов, получавших в рационе агроминералы, характеризовалось высокими функционально-технологическими свойствами. Результаты определения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей готовой продукции из мяса кроликов позволили сделать вывод, что продукция соответствовала требованиям действующих нормативных документов. Результаты исследования позволили положительно оценить перспективу применения

агроминералов при кормлении кроликов с целью повышения мясной продуктивности и улучшения качества мяса в производстве.

Также применение минеральной добавки «Цеолит» было исследовано Жидик И. Ю. и Заболотных М. В. [73, 74]. В данной работе целью было определение биологической ценности мяса кроликов породы серебристая под воздействием данной добавки. Было установлено, что «Цеолит» целесообразен для добавления в состав концентрированных кормов в измельченном виде. Благодаря проведенным анализам было установлено увеличение общего количества аминокислот в образцах первой опытной группы на 2,93 %. Применение данного препарата в качестве минеральной добавки молодняку кроликов в дозе 3,0 и 5,0 % к основному рациону способствовало улучшению пищевой и биологической ценности мяса.

В исследовании Кашириной Л. Г. и Деникина И. О. [79, 80] было зафиксировано влияние кратности введения порошка кобальта в наноразмерной форме, представляющего собой совокупность частиц металлического незаряженного кобальта в виде мелкодисперсного порошка черного цвета (20–30 нм). Исходя из гематологических характеристик было установлено, что содержание эритроцитов, гематокритной величины в крови животных опытных групп значительно рознились с аналогичными показателями контрольной группы. Опытные показатели превышали показатели контрольной группы на 6,2 % и 4,4 %. Была выявлена положительная обратная связь между введением препарата и предубойной массой тела животных, послеубойной массой тушки и убойным выходом. Кратность введения кобальта в организм кроликов в дозировке 0,02 мг/кг живой массы имеет решающее значение при его использовании.

Также, в условиях промышленной технологии, Озерецковской Е. В. и соавторами [117], были исследованы продуктивные характеристики самок кроликов при их питании универсальным комбикормом. Была дана оценка влияния универсального рациона с усредненным содержанием протеина (16 %) и повышенным содержанием клетчатки (17,5 %) на воспроизводительные

свойства самок кроликов и динамику роста молодняка в условиях промышленного предприятия. Использование экспериментального комбикорма незначительно снизило молочность самок и динамику прироста живой массы кроликов в маточнике (12 % при $p < 0,05$), но способствовало более высокой интенсивности роста в период откорма ($p < 0,05$) и большей убойной массе (8 % при $p < 0,001$). Отличие убойной массы опытной группы дало положительный эффект на показатели экономической эффективности. В совокупности с более низкой стоимостью универсального комбикорма и снижением коэффициента конверсии это привело к снижению себестоимости продукции.

В работе Бабина Н. А. [14] было исследовано влияние витамина парааминобензойной кислоты на морфологию лейкоцитов, биохимический и минеральный состав крови кроликов в весенний период. Было установлено, что при добавлении в рацион кроликов данного витамина в дозе 10 мг на 1 кг живой массы в течение 10 дней в лейкоцитарной формуле крови обнаружено небольшое повышение количества эозинофилов. Данный факт говорит о том, что витамин снизил действие стрессовых факторов на организм животных. Внедрение в рацион парааминобензойной кислоты оказало влияние на кальциево-фосфорный обмен, при этом увеличивая всасывание кальция и фосфора в кровь животных.

На современном рынке кормовых добавок ассортимент препаратов, корректирующих процессы перекисного окисления в организме кроликов, довольно разнообразен, однако реакция перекисного окисления до конца не изучена. Использование антиоксидантов дает возможность получить более качественную продукцию.

В одной из работ Аджиева Д. Д. [2] была изучена реакция гомеостаза кроликов мясной породы на включение в их рацион антиоксидантного препарата, а также возрастные изменения субстратной составляющей плазмы и активности ферментов крови молодых самок. В результате установлено, что использование препарата благоприятно влияет на состояние мембран гепатоцитов и миоцитов и пресечении процессов перекисного окисления

клеточных мембран, последствием которого является повышенная активность трансфераз в крови. В процессе онтогенеза активность всех ферментов крови снизилась: щелочная фосфатаза – на 50 %, амилаза – на 13 %, лактатдегидрогеназа – на 47 %.

Исследование Тарабарина В. В. и Орлова Н. М. [167] было направлено на изучение воздействия на биохимические показатели крови кроликов препарата на основе минерала каолинит. Данный препарат был введен в дозировках 3,0; 3,5; 4,0 г/кг массы кроликов. Было отмечено воздействие препарата на кислотно-щелочное равновесие в тканях животных; на сокращения мышц, естественную резистентность, всасывание и межклеточный обмен ряда веществ, обмен белков, жиров, углеводов и витаминов в организме.

Актуальным направлением в сфере животноводства является применение антибиотиков и оценка их влияния на рост и развитие кроликов, а также их поведенческие функции. В работе Орлова М. М. и соавторов [118] были исследованы такие препараты как биоветин, биомицин, пенициллин, тетрацилин. Все препараты положительно повлияли на среднесуточный привес и живую массу животных. Лучшие результаты получены при дозировках: пенициллин, 1,0 мг/кг – со 2-го месяца; тетрацилин, 0,5 и 1,0 мг/кг – в первые 2 месяца, 1,0 мг/кг – в последующие 2 месяца, 1,5 мг/кг – в 5 месяцев; биомицин, 1,0 и 1,5 мг/кг – в первые 3 месяца, 1,0 мг/кг – в последующие 2 месяца; биоветин, 0,5 мг/кг – в первые 2 месяца, 1,0 мг/кг – в последующие 3 месяца. Дозировка 1,0 мг/кг обладала более пролонгированным действием, как минимум на 3 месяца более, чем дозировки 0,5 и 1,5 мг/кг.

Также научный интерес представляет изучение различных способов введения антибиотика в ткани животных. Тер-Аветисьянц И. А. и соавторами [169] было исследовано распределение гентамицина в органах и тканях кроликов при различных способах введения, а также некоторых особенностей связывания антибиотика в местах введения препарата. При

ингаляционном введении гентамицина сульфата легкие подвергаются высоким концентрациям антибиотика. На задержку препарата в организме указывал анализ мочи кроликов, в котором было установлено понижение уровня выводимого гентамицина. Постепенное всасывание антибиотика в кровь гарантирует его продолжительное воздействие на организм кроликов.

Авторами патента RU 2792895 [121] была предложена кормовая добавка на основе минерала каолинита, содержащая в своём составе, по массе: каолинит 29–32 %, фосфор 28–31 %, кальций 26–29 %, витамин В1 1–3 %, калий йодид 1–3 %, витамин В6 1–4 %, витамин С 0,65–0,70 %, цинк 0,40–0,50 %, марганец 0,35–0,40 %, медь 0,10–0,20 %, кобальт 0,10–0,20 %. По итогам проведенной апробации было установлено, что данная кормовая добавка, за счет всасывания составляющих компонентов в тонком отделе кишечника и желудке кроликов, способна повысить производственные показатели и показатели естественной резистентности, а также скорректировать показатели гематологии и биохимии крови за счет нормализации процессов обмена веществ.

В исследованиях Simonová M. P. [226] было изучено влияние «Энтероцин М» и шалфея на показатели роста, физико-химические свойства, концентрацию жирных кислот, аминокислот и минеральных веществ в мясе кролика. Добавки не повлияли на аминокислотный состав крольчатины. Включение шалфея в рацион может улучшить качество крольчатины из-за более высокого содержания белка, жира и энергии, а также повысить содержание полиненасыщенных жирных кислот и минералов в крольчатине.

Abdel-Wareth A. [205] было изучено влияние добавки наночастиц оксида цинка на производительность, усвояемость и биохимию крови калифорнийских кроликов-самцов в жарких климатических условиях. Добавка Nano-ZnO в дозах 25, 50, 75 и 100 мг/кг значительно повышала коэффициент усвояемости сырого протеина и эфирного экстракта ($P < 0,05$) по сравнению с контрольной группой. Кроме того, при приеме Nano-ZnO в дозах 25, 50, 75 и 100 мг/кг сывороточные уровни креатинина, аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы были значительно ниже, чем в контрольной группе без добавок. В сравнении

кроликов контрольной группы и кроликов опытных групп, получавших Nano-ZnO, концентрация тестостерона в сыворотке значительно увеличилась ($P < 0,05$) в обработанных группах. Опытная группа кроликов, принимавшая 50 мг/кг Nano-ZnO, имела самый высокий показатель *Lactobacilli spp.* в слепой кишке. Эти данные свидетельствуют о том, что добавление 50 мг/кг Nano-ZnO в рацион калифорнийских кроликов повышало усвояемость сырого протеина и эфирного экстракта в слепой кишке, а также уровни тестостерона в сыворотке и снижало уровни аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы в сыворотке.

Также в работе [206] было установлено, что наночастицы оксида цинка в рационах кроликов могут смягчать жаркие условия окружающей среды и способствовать улучшению качества мяса. Масса тела, прирост массы тела кроликов и потребление корма линейно увеличивались при употреблении добавок с наночастицами оксида цинка. Добавление ZnO-NPs в количестве 20, 40, 60 и 80 мг/кг значительно улучшало ($P < 0,05$) коэффициент конверсии корма по сравнению с контрольной группой. Окисление липидов было ниже, а водоудерживающая способность кроличьего мяса улучшалась ($P < 0,001$) у кроликов, которых кормили рационами, содержащими 20, 40, 60 и 80 мг/кг ZnO-NP. По результатам было определено, что пищевые добавки ZnO-NPs (20–80 мг/кг) могут смягчить негативное воздействие теплового стресса на продуктивность и здоровье кроликов. Добавка улучшала ростовые показатели и физико-химические свойства мяса, а также показатели биохимии крови белых новозеландских кроликов.

В исследовании Kishawy A. T. Y. [219] было изучено влияние добавления в рацион растущих кроликов порошка молочной сыворотки и лимонной кислоты на показатели роста, усвояемость питательных веществ, показатели мяса и костей и здоровье кишечника. Выявлено, что добавление порошковой сыворотки (1,5 и 2,25 %) увеличило показатели роста, усвояемость питательных веществ и содержание сырого протеина в мышцах бедра, а также улучшило здоровье кишечника растущих кроликов, и

наилучший уровень был при добавлении 2,25 % сухой сыворотки. Добавление лимонной кислоты не оказало положительного влияния на показатели роста, усвояемость питательных веществ, содержание сырого протеина в мышцах бедра и здоровье кишечника. Содержание кальция в бедренной кости было выше ($P < 0,05$) в пятой опытной группе, за которой следовали четвертая и третья опытные группы. Стенка различных отделов тонкой кишки улучшилась в четвертой и пятой опытных группах, демонстрируя наибольшее увеличение ворсинок тонкой кишки, кишечных желез и количества бокаловидных клеток.

В работе Khan K. [218] были изучены показатели роста и мясного качества кроликов при разных режимах кормления. Крольчат разделили на группы и кормили четырьмя экспериментальными рационами: сеном люцерны, кормом berseem, кормом berseem с добавлением низкоуровневых концентратов (50 %) и высокоактивных концентратов (75 %). Кролики, получавшие рационы из корма berseem и сена люцерны, имели плохую прибавку массы тела ($P < 0,05$) по сравнению с кроликами, которых кормили рационами с низкоуровневыми и высокоактивными концентратами. Эффективность преобразования корма была наилучшей в группах с низкоуровневыми концентратами (4,47) и высокоактивными концентратами (4,58). Средний выход туши (743 г) и процент разделки туши (56,2) были выше ($P < 0,05$) у группы с низкоуровневыми концентратами. Отложение жира у животных было выше ($P < 0,05$) в группах, получавших низкоуровневый концентрат.

В исследовании El-Kady R. I. [213] было изучено влияние кормления кроликов обработанными грибами *Trichoderma reesei* стеблями кукурузы на характеристики тушки и состав мяса. По результатам исследования, в группе с рационом со 100 % обработанных стеблей кукурузы с кормом было зафиксировано самое высокое значение зольности по сравнению с уровнями 33, 66 и 100 % без *Trichoderma reesei*. При скармливании обработанных стеблей кукурузы на 66 % снизилось содержание эфирного экстракта по

сравнению с уровнем скармливания на 66 % без *Trichoderma reesei*. Обработанные грибами стебли кукурузы можно внедрять в рацион кроликов и тем самым улучшить характеристики тушки и химический состав мяса кроликов.

В исследовании Mabrouki S. и соавторов [221] было изучено влияние включения предварительно пророщенных семян пажитника в рационы с низким содержанием клетчатки на состояние здоровья кроликов после отъема, показатели роста, характеристики тушки и химический состав мяса. Включение проросших семян пажитника уменьшило ($P < 0,05$) потребление корма на уровне 10 % и, следовательно, имело тенденцию к повышению коэффициента конверсии корма, в то время как влияния на характеристики тушки и состав мяса выявлено не было.

В исследовании Falcone D. B. [215] была изучена продуктивность, мясные характеристики и экономическая эффективность рационов кроликов, содержащих банановую кожуру. Результаты выявили, что различий в производительности и мясных показателях обнаружено не было. Включение банановой кожуры привело к снижению затрат. Таким образом, банановая кожура может до 100 % заменить кукурузу в рационе кроликов без потери продуктивности и мясного состава, представляя собой многообещающую альтернативу в питании кроликов.

Таким образом, в современной отрасли АПК, в частности в кролиководстве, проводится работа по поиску новых эффективных способов и средств, которые позволят повысить продуктивные качества поголовья кроликов. Важным аспектом при производстве крольчатины является увеличение мышечной массы тушек, что способствует повышению рентабельности производства. Выявлено, что вторичные продукты АПК при правильной переработке могут представлять собой эффективную альтернативу в питании кроликов.

1.5 Основные направления развития техники и технологии низкотемпературного консервирования мяса кролика

Повышение качества кормов, разработка и применение кормовых добавок с различными компонентами и свойствами в рацион питания сельскохозяйственных животных позволяет повысить качество готового мяса. Но далее в агропромышленном комплексе возникает следующая проблема, связанная с эффективным охлаждением, дальнейшим хранением, транспортировкой и реализацией мяса, которую в настоящее время необходимо решать, т. к. порядка 15–20 % мяса и мясной продукции в настоящее время теряется. Данных потерь можно избежать, применяя современное, инновационное оборудование и технологии при хранении и переработки мяса на предприятиях агропромышленного комплекса [10, 12, 18, 20].

Искусственный холод обеспечивает техническую функциональность предприятий АПК. Технический прогресс напрямую зависит от эффективности холодильного оборудования. Основная функция холодильного оборудования в агропромышленном комплексе – обеспечение сохранности скоропортящейся продукции как животного, так и растительного происхождения. Это успешно реализуется созданием непрерывной холодильной цепи. Непрерывная холодильная цепь – это комплекс технических средств, которые обеспечивают бесперебойное воздействие низких температур на продукты с малым сроком хранения, начиная с этапа их производства (или заготовки) до потребления [21, 22, 93, 103, 105, 106].

Максимально эффективный и распространенный способ сохранить мясо – хранение при отрицательных температурах. При данном способе продолжительное время сохраняется качество мяса и мясопродуктов, появляется возможность транспортировки на значительные расстояния. При уменьшении температуры в мясе снижается скорость физико-химических и биохимических процессов. Холод не позволяет микрофлоре навредить мясопродуктам [11].

При различных методах термообработки температура охлажденного мяса в толще мышц различных животных находится в пределах от минус 2 до 5 °С. Для мяса кролика этот диапазон составляет от минус 1 до 4 °С [12].

Для охлаждения крольчатины применяют современные методы: погружное (водяное), воздушное, гидроаэрозольное (воздушно-капельное), охлаждение в среде диоксида углерода.

Данные методы не полностью удовлетворяют требования к хранению мяса кролика, поэтому во многих странах стремятся совершенствовать способы холодильной обработки крольчатины и различные способы хранения. Специалисты стремятся разрабатывать высокоэффективные методы и безопасные холодильные технологии.

Погружное (водяное) охлаждение

Для охлаждения в воде используется оборудование, представленное на рисунке 1.8.

Данный аппарат предназначен для охлаждения потрошенных тушек крольчатины в ледяной воде. Для достижения наилучшего эффекта применяется ледяная вода температурой 1,5 – 2 °С.

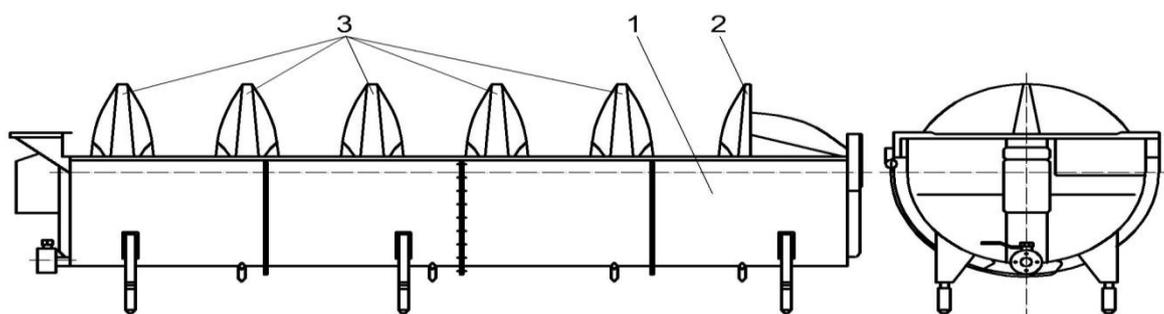


Рисунок 1.8 – Схема шнекового охладителя: 1 – ванна; 2 – винт; 3 – ведомый винт

Шнековый охладитель изготовлен из нержавеющей стали в форме открытого сосуда, образованного из сегментов длиной 1,5 м или 2 м (в зависимости от диаметра), соединенных нержавеющей винтами (2 и 3);

уплотняющим элементом является силикон с большой механической прочностью [13].

В соответствии с технологическим процессом тушки кролика или птицы с конвейера попадают в охладитель при помощи сбрасывателя тушек (или ручным способом), с помощью шнека проходят по всей длине охладителя, а в конце охладителя выгружаются в контейнер, на стол или с помощью желоба, – во второй шнековый охладитель.

Предварительное охлаждение должно длиться не более 15 минут, а охлаждение в ванне с холодной водой – не более 45 минут. Толща грудной мышцы за это время опускается до температуры 6–8 °С (температура воды около 2 °С). Далее в течение 10 минут тушки обтекают, затем сортируются и упаковываются [13].

Наибольший эффект охлаждения достигается при применении нескольких охладителей, в которых есть отдельная подача и слив ледяной воды. Технология с применением двух-трёх охладителей достигает высшего качества охлаждения тушек кролика [13].

Недостатками данного способа являются: большой расход воды (1л/1кг тушки в первой ванне + ледяная вода), большой перепад температур в процессе охлаждения, что негативно влияет на качество мяса и сроки хранения в охлажденном виде. Водяное охлаждение сопровождается развитием и передачей бактерий. Циркуляция ледяной воды требует дополнительного хлорирования оборотной воды.

Воздушное охлаждение

На рисунке 1.9 представлено устройство, предназначенное для охлаждения мяса кролика в потоке воздуха [15].

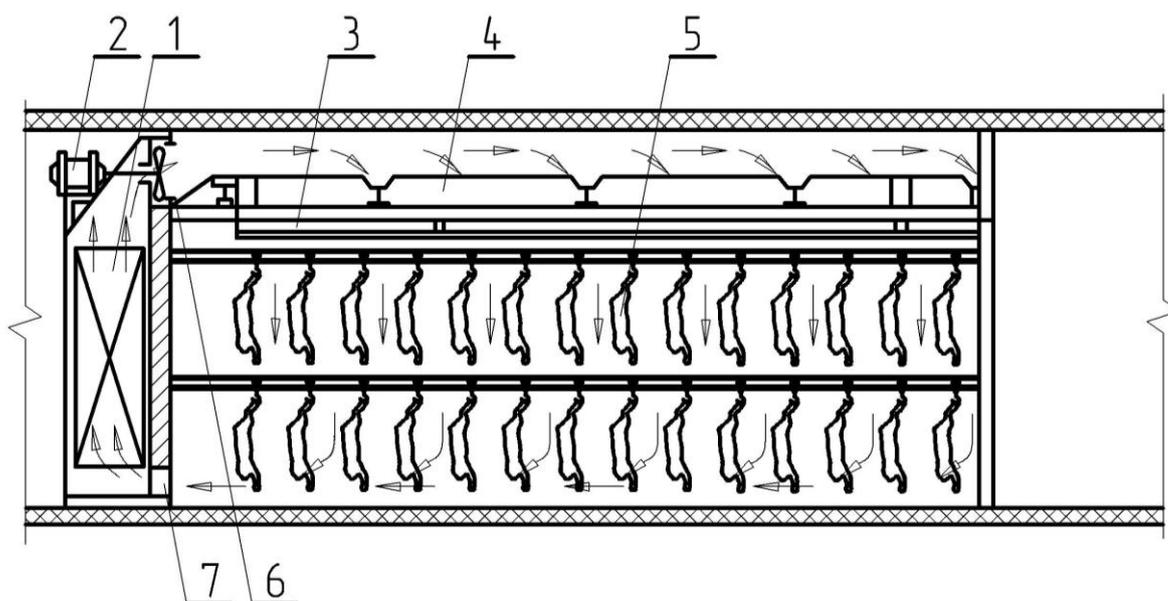


Рисунок 1.9 – Аппарат для воздушного охлаждения мяса кролика

Аппарат для воздушного охлаждения мяса кролика с подачей воздуха сверху вниз включает в себя: 1 – воздухоохладитель; 2 – вентилятор с электродвигателем; 4 – ложный потолок; 5 – охлаждаемые туши, перемещаемые с помощью подвесных путей 3; 7 – всасывающую полость; 6 – нагнетательную полость.

Охлажденный и осушенный в воздухоохладителе (1) воздух электродвигателем с вентилятором (3) подается через нагнетательную полость (6) и ложный потолок (4) на поверхности туш, предварительно расположенных на подвесных путях (3). Направление воздушного потока вертикальное. Это обеспечивает наибольший теплообмен между воздухом и поверхностями туш. Но данный способ наиболее эффективен в том случае, когда форма подвешенной туши позволяет обеспечить наибольший контакт с воздушным потоком. Увлажнённый и нагретый воздух возвращается через всасывающую полость (7) и возвращается в воздухоохладитель. Благодаря теплоизолированному корпусу (8) обеспечивается уменьшение значения тепловой нагрузки на воздухоохладитель 1 [15, 125, 126, 127, 128].

Гидроаэрозольное (воздушно-капельное) охлаждение

Аппарат для гидроаэрозольного (воздушно-капельного) охлаждения мяса кролика представлен на рисунке 1.10, составляющие аппарата: 1 – теплоизолированная камера; 2 – конвейер; 3 – несущие подвески для размещения тушек; 5 – форсунки для гидроаэрозольного орошения; 6 – воздухоохладители.

Принцип работы устройства: тушки кролика закрепляют на подвесках конвейера, конвейер движется и сдвигает подвески в теплоизолированную камеру. Тушки попадают в теплоизолированную камеру, где подвергаются гидроаэрозольному орошению при помощи форсунок, а также охлаждаются воздухом в воздухоохладителе.

Тушки кролика подсушиваются в камере, затем сбрасываются на приемный стол, а подвески возвращаются автоматически в рабочее положение. Весь процесс цикличен. Тушки упаковываются в картонные коробки и замораживаются или отправляются на реализацию [20].

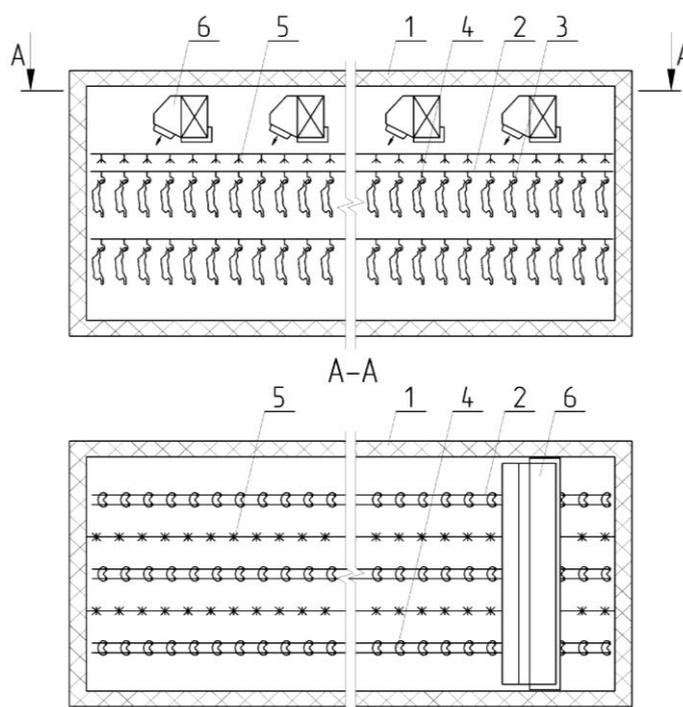


Рисунок 1.10 – Аппарат для гидроаэрозольного (воздушно-капельного) охлаждения мяса

Охлаждение в среде диоксида углерода

На рисунке 1.11 представлена система охлаждения мяса кролика с использованием туннельного аппарата и газообразного диоксида углерода.

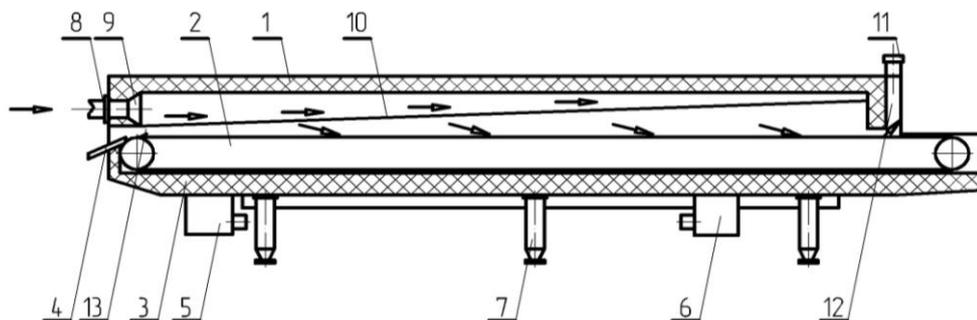


Рисунок 1.11 – Туннельный аппарат для охлаждения мяса кролика газообразным диоксидом углерода

Состав туннельного аппарата следующий:

- 1 – теплоизолированный корпус с охлаждающей камерой,
- 2 – транспортирующий орган, который расположен вдоль корпуса,
- 3 – несущая рама,
- 4 – нож для съема продуктов с транспортирующего органа,
- 5 – приводная часть,
- 6 – приводная часть для подъема теплоизолированного корпуса,
- 7 – опоры,
- 8 – патрубок для подачи низкотемпературного газообразного диоксида углерода от турбохолодильной машины,
- 9 – расширительный канал,
- 10 – съемный экран, который наклонен в сторону выгрузки продукта,
- 11 – устройство для отсоса отработавшего газа назад в турбохолодильную машину,
- 12 – окна загрузки,
- 13 – окна выгрузки.

Продукт, нуждающийся в охлаждении, располагают на транспортируемом органе через окно загрузки. Приводная часть перемещает тушки. Поток низкотемпературного газообразного диоксида углерода направляется в камеру на продукт через расширительный канал и патрубок. Дросселирующий эффект ускоряет пучки газа, проходящие через отверстия в экране. Продукт охлаждается пучками воздушного потока, которые возвращаются в турбохолодильную машину. Продукт через окно выгрузки выходит из камеры аппарата и упаковывается для хранения в холодильной камере [23, 25, 27, 120, 122, 123, 124, 129, 130, 134, 139].

1.6 Выводы по главе

1. Потребление мяса кролика растет пропорционально его производству в Российской Федерации и в других странах. В производстве и потреблении крольчатины мировыми лидерами в основном являются одни и те же страны.

2. Несмотря на то, что объемы производства и потребления мяса кролика в России значительно уступают объемам производства и потребления мировых лидеров в данном направлении, крольчатина в России набирает все большую популярность благодаря своим уникальным свойствам.

3. Рассмотренные вопросы по влиянию кормовых добавок на нутриенты и мясную продуктивность кроликов показали, что использование различных по составу кормовых добавок в рационе животных необходимы для получения качественной и безопасной продукции животноводства. Выявлено, что вторичные продукты АПК при правильной переработке могут представлять собой многообещающую альтернативу в питании кроликов.

4. Исследование применяемых методов холодильной обработки мяса кролика выявило, что имеющиеся в промышленности технологии обладают рядом недостатков, включая распространение бактериальных микроорганизмов при взаимодействии с водными средами, ухудшение

товарного вида, поглощение влаги тушками, усушка при воздушном охлаждении. Это провоцирует активизацию поисков альтернативных безопасных рабочих тел и технологий для применения в холодильной обработке крольчатины на предприятиях АПК.

ГЛАВА 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация выполнения работы

Экспериментальные исследования проводились в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.1.

На первом этапе был произведен литературный обзор, анализ которого показал производственную ситуацию и картину потребления мяса кролика в России и мире в целом. Описаны химические, морфобиохимические и технологические особенности мяса кролика в сравнении с мясом других видов животных. Рассмотрены кормовые добавки и их влияние на нутриенты и мясную продуктивность кроликов, определено, что вторичные продукты АПК могут являться альтернативными источниками нутриентов в кормовых рационах кроликов. Представлено оборудование для низкотемпературной обработки мяса кролика и транспортировки.

На втором этапе был разработан экспериментальный стенд для проведения исследований по влиянию кормовой добавки на качество мяса кроликов и процесса низкотемпературного хранения мяса кролика при различных температурах, а также была разработана методика проведения экспериментальных исследований.

На третьем этапе проведены исследования по разработке белково-минеральной кормовой добавки и обоснованию использования рассматриваемых компонентов. Разработаны схемы рационов кроликов с учетом включения в них разработанной белково-минеральной кормовой добавки. Определено влияние разработанной добавки на продуктивные и убойные показатели исследуемого поголовья кроликов. Исследовано влияние применяемой добавки на физико-химические и функционально-технологические свойства исследуемых образцов мяса кроликов.



Рисунок 2.1 – Схема выполнения диссертационной работы

Проведен анализ и математическое моделирование для определения продолжительности охлаждения мяса кроликов. Теоретический расчет показал, что предложенное аналитическое решение может быть применено при расчете поставленной задачи, так как теплоотвод осуществляется с двух сторон окорока тушки кролика и условия теплообмена могут быть симметричными.

На четвертом этапе исследования был проведен ряд экспериментальных анализов, охватывающих процесс охлаждения тушек кроликов в контактном аппарате с модифицированной средой CO₂ и при их транспортировке, с контролем изменения температуры и плотности теплового потока. Кроме того, производилась оценка продолжительности процесса холодильной обработки тушек кроликов, а также требуемого количества диоксида углерода для поддержания заданной температуры в тушке кролика при различных значениях температуры окружающей среды, а также продолжительности транспортировки.

На следующем этапе выполнения диссертации проведены исследования по воздействию диоксида углерода на качественные характеристики охлаждаемого мяса кролика. Определены сроки хранения и изменения, происходящие в мясе.

На заключительном этапе представлены и обоснованы технологические решения по организации производства белково-минеральной кормовой добавки.

Основываясь на установленных закономерностях, разработали технологические принципы охлаждения крольчатины как при охлаждении в контактных аппаратах, так и при транспортировке. Для наиболее эффективного практического применения разработана программа, позволяющая определять продолжительность охлаждения мяса кроликов и объем диоксида углерода при различных условиях.

2.2 Методика экспериментальных исследований

В первой части исследований проводили научно-хозяйственный опыт на производственной базе КХ «Кузнецов Н.А.».

Объектами исследований при проведении научно-хозяйственного опыта являлись:

- молодняк кроликов калифорнийской породы;
- кормовая зерносмесь, состоящая из пшеницы, овса, ячменя;
- жмых подсолнечника;
- концентрат соединительнотканых белков (ТУ 700079410.002-2008, ОАО «Можелит»);
- преципитат дикальций фосфат ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (ТУ 700049410.005-2011, ОАО «Можелит»).

Ниже представлены методы, используемые при проведении научно-хозяйственного опыта по влиянию разрабатываемой кормовой добавки на продуктивные показатели поголовья кроликов калифорнийской породы, а также методы, направленные на изучение влияния добавок на качественные характеристики мяса после убоя.

Живую массу молодых кроликов определяли с использованием метода индивидуального взвешивания животных в каждой из исследуемых групп. Исходя из этих измерений, вычислялись показатели среднесуточного, абсолютного и относительного прироста живой массы. На основе данных о массе после каждого взвешивания рассчитывалась скорость роста в абсолютных и относительных значениях.

Абсолютный прирост (A_n) вычисляли по формуле:

$$A_n = M_k - M_n, \quad (1)$$

Среднесуточный прирост (C_n) вычисляли по формуле:

$$C_{\text{П}} = \frac{M_{\text{К}} - M_{\text{Н}}}{t}, \quad (2)$$

Относительный прирост ($O_{\text{П}}$) определяли по формуле:

$$O_{\text{П}} = \frac{M_{\text{К}} - M_{\text{Н}}}{0,5(M_{\text{К}} + M_{\text{Н}})} \times 100, \quad (3)$$

где: $M_{\text{Н}}$ – масса кролика в начале данного периода (кг или г);

$M_{\text{К}}$ – масса кролика в конце этого периода (кг или г);

t – продолжительность периода между двумя взвешиваниями (дни).

Сохранность молодняка кроликов определяли путем учёта падежа за все время проведения опыта.

Оценку упитанности проводили по ГОСТ 7686-88 «Кролики для убоя. Технические условия» [60].

По завершению научно-хозяйственного опыта по изучению убойных качеств и определению физико-химических характеристик мяса проводили контрольный убой по 6 голов из каждой группы. Мясную продуктивность кроликов определяли взвешиванием на весах тушек после проведения контрольного убоя и разделки тушек. Убой кроликов осуществляли по общепринятой методике [170].

Химический анализ мяса проводили по общепринятым методикам. Химический анализ включал: определение количества влаги высушиванием в сушильном шкафу при температуре 105 ± 2 °С, содержание азота – по методу Кьельдаля, сырого жира – с использованием экстракционного аппарата Сокслета, золы – гравитометрическим методом, кальций – трилонометрическим методом, аминокислотный состав определяли хроматографическим методом на аминокислотном анализаторе ARACUS.

Массовую долю влаги в мясном сырье и готовой продукции определяли методом высушивания навески до постоянной массы по ГОСТ 33319-2015 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги» [67].

Массовую долю жира определяли методом Сокслета по ГОСТ 23042 – 2015 [52].

Содержание белка определяли пересчетом на белок общего азота, определяемого методом Кьельдаля по ГОСТ 25011-2017 [54].

Содержание золы определяли методом, основанным на высушивании, обугливание и озолении пробы по ГОСТ 31727-2012 [56].

Содержание аминокислот в мясном сырье определяли методом ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе Aracus (PMA).

Влагосвязывающую способность мяса и фарша определяли методом Г. Грау и Р. Хамма в модификации ВНИИМП, основанным на выделении воды испытуемым образцом при легком прессовании, сорбции выделяющейся воды фильтровальной бумагой и определении количества отделившейся влаги по размеру площади пятна, оставляемой ей на бумаге.

Влагоудерживающую и жирудерживающую способности мяса определяли методами, разработанными сотрудниками ВНИИМП.

На втором этапе было освоено производство снегообразного диоксида углерода методом дросселирования жидкого диоксида углерода в конусы с изменяющимися углами для обеспечения максимального выхода снега при минимальном расходе жидкой углекислоты.

На третьем этапе эксперименты проводили с неупакованными тушками кроликов, массой 1,7–1,8 кг. Процесс охлаждения осуществлялся с использованием газообразного диоксида углерода, который подавался при обработке тушек кроликов на конвейере, а также снегообразного CO₂, подаваемого в контейнер, предназначенный для транспортировки.

Заключение об эффективности процесса холодильной обработки мяса кролика сформулировано на основе исследования термограмм и динамических характеристик изменения плотности теплового потока в течение процесса охлаждения. Кроме того, для оценки этой эффективности

использован закон Ньютона-Рихмана, позволяющий определить коэффициент теплоотдачи.

На последующем этапе осуществлялась оценка степени качества крольчатины, подвергаемой холодильной обработке с использованием диоксида углерода, с целью анализа и поддержания послеубойной сохранности. Этот анализ включал оценку следующих параметров: водосвязывающая способность (ВСС), активная кислотность, кислотное и перекисное числа. Также проводилась оценка органолептических и микробиологических характеристик с использованием общепринятых методологий.

Исследования качественных показателей мяса кроликов, подвергаемого обработке снегообразным диоксидом углерода, осуществлялось на базе лаборатории ООО «Алинкино» и Научно-образовательного центра «ХКТиТ» Кемеровского государственного университета.

Для изучения механизмов формирования снегообразного диоксида углерода и процесса охлаждения крольчатины была разработана и изготовлена экспериментальная установка, изображенная на рисунке 2.2.

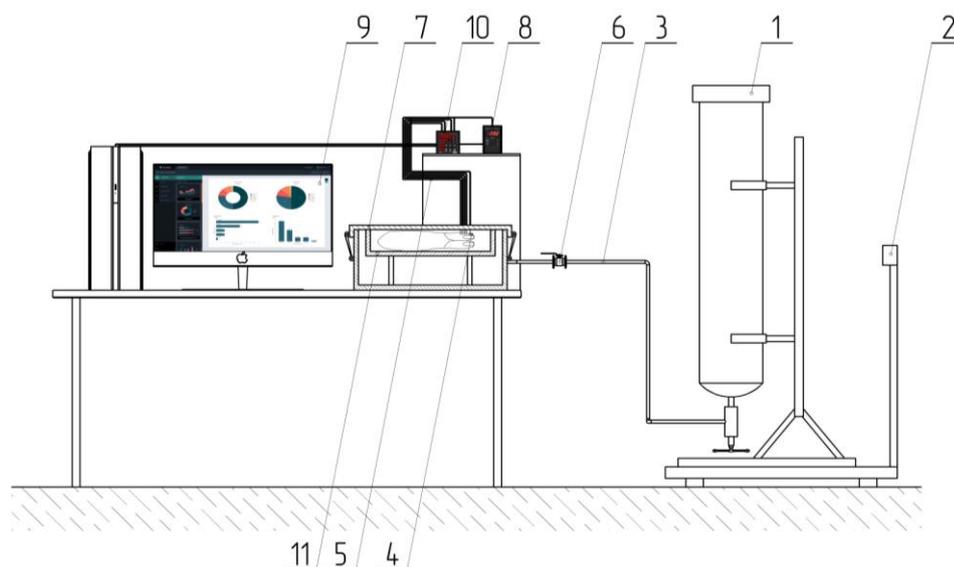


Рисунок 2.2 – Схема экспериментальной установки: 1 – углекислотный баллон; 2 – весы; 3 – медный трубопровод; 4 – зонд теплового потока 5 – хромель-копелевые термопары; 6 – регулирующий вентиль; 7 – теплоизолированная камера; 8 – измеритель плотности теплового потока ИИП; 9 – портативный компьютер; 10 – контроллер температуры; 11 – контейнер

Данная установка представляет собой комплекс устройств, аппаратов и приборов для реализации процесса охлаждения кроличьего мяса с мониторингом и контролем всех необходимых параметров, таких как масса тушки кролика и диоксида углерода, изменение температуры внутри тушки кролика в зависимости от времени холодильной обработки, в камере, а также изменения теплового потока на внутренней поверхности тушки кролика.

Между внутренним (11) и внешним теплоизолированными (7) камерами набивают снегообразный CO₂, кролика помещают во внутреннюю камеру (11). После этого внешнюю камеру (7) плотно закрывают. Контроль температурных изменений внутри тушки кролика и в камере производится с использованием хромель-копелевых термопар (5), информация от которых передается на контроллер температуры (10), а результаты отображаются в форме графических изображений на компьютере. Величина плотности теплового потока на верхней поверхности кролика измеряется с помощью зонда теплового потока (4), сигнал с этого зонда поступает на измеритель теплового потока ИПП-2 (8).

Контроль температуры исследуемого образца, в процессе охлаждения, и температуры в камере, в которой проводились исследования, осуществлялись по показаниям электрического контроллера температуры ТРМ-138.

Плотность теплового потока измеряли при помощи измерителя плотности тепловых потоков марки ИПП-2.

Измерение толщины кролика выполнялось при помощи штангенциркуля и штангенглубиномера с диапазоном измерений от 0 до 125 мм и точностью измерения по нониусу в 0,1 мм.

Массу тушки и объем использованного диоксида углерода измеряли с применением лабораторных весов AND GX-10001A.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка белково-минеральной кормовой добавки с техническими подходами в применении диоксида углерода, обоснование использования компонентов

В целях получения качественной и безопасной продукции за основу разрабатываемой кормовой добавки взята зерносмесь, дополнительными компонентами являлись преципитат, представленный дикальцием фосфата, и концентрат соединительнотканых белков, полученный из говяжьего мягкого коллагенсодержащего сырья.

В таблице 3.1 представлены основные компоненты разрабатываемой кормовой добавки и их свойства.

Таблица 3.1 – Основные компоненты разрабатываемой кормовой добавки, их характеристики и свойства

Компонент	Характеристика	Состав
Зерносмесь	Сбалансированная смесь по витаминному составу, влажность не более 14%	Ячмень, овес, пшеница, кукуруза, жмых подсолнечника
Преципитат	Сыпучий кристаллический порошок белого цвета, без запаха. Кальциево-фосфорная добавка для животных и птиц совместима со всеми кормами и кормовыми примесями	Дикальций фосфат представляет собой в основном двуводный двузамещенный фосфат кальция ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
Концентрат соединительно-тканых белков	Сухой концентрат говяжий. массовая доля белка 90%, массовая доля жира 5%, массовая доля влаги 5%. Срок хранения - 36 месяцев	Изготовлен из говяжьего мягкого коллагенсодержащего сырья

Преципитат (дикальций фосфат) является важным компонентом при развитии костного скелета молодняка животных. Исследуемый преципитат (дикальций фосфат) обладал характеристиками, представленными в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристика преципитата (дикальция фосфата)

Элементы	Содержание
Фосфорный ангидрид, %	34,5
Азот, %	0,3
Окись кальция, %	37,4
Соли тяжелых металлов	отсутствуют
Мышьяк	отсутствует
Фтор, %	0,08
Массовая доля влаги, %	2,8
Патогенная микрофлора	отсутствует

Исходя из результатов, представленных в таблице 3.2, можно заключить, что преципитат имеет в своем составе значительное количество фосфорного ангидрида (34,5 %) и окиси кальция (37,4 %), что свидетельствует о высоком содержании минеральных веществ в используемом компоненте.

Белки – важные структурные элементы живого организма, являются структурным пластическим элементом. Мономерами белков являются аминокислоты, выполняющие функцию строительных блоков. Для подтверждения эффективности использования концентрата соединительнотканых белков был проведен аминокислотный анализ данного компонента. На рисунке 3.1 и 3.2 представлены хроматограмма аминокислотной последовательности и аминокислотный состав исследуемого белкового компонента.

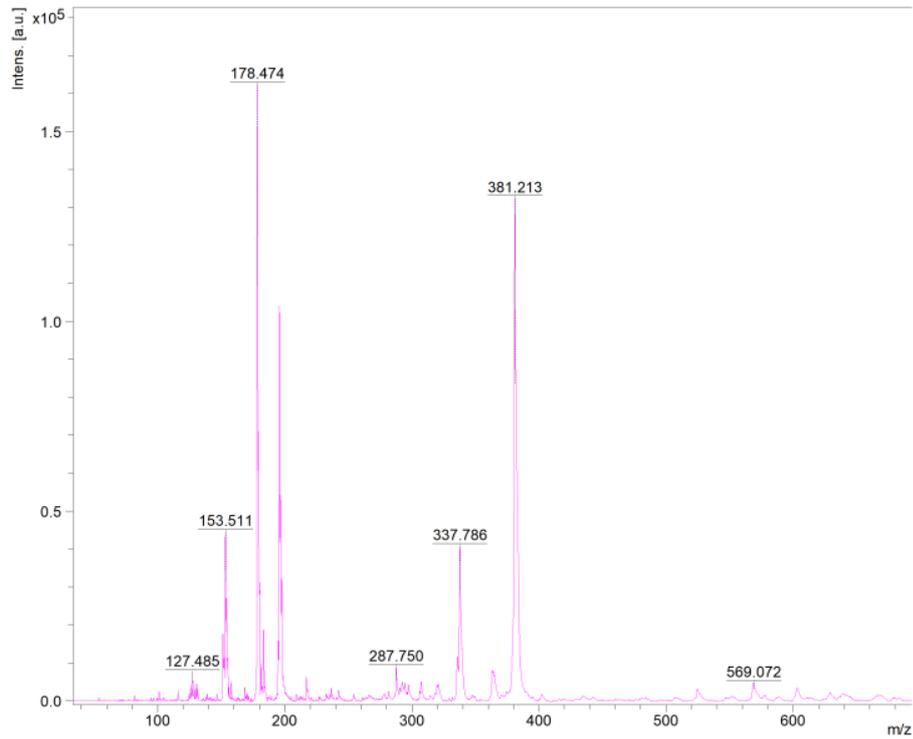


Рисунок 3.1 – Хроматограмма аминокислотной последовательности в концентрате соединительнотканых белков

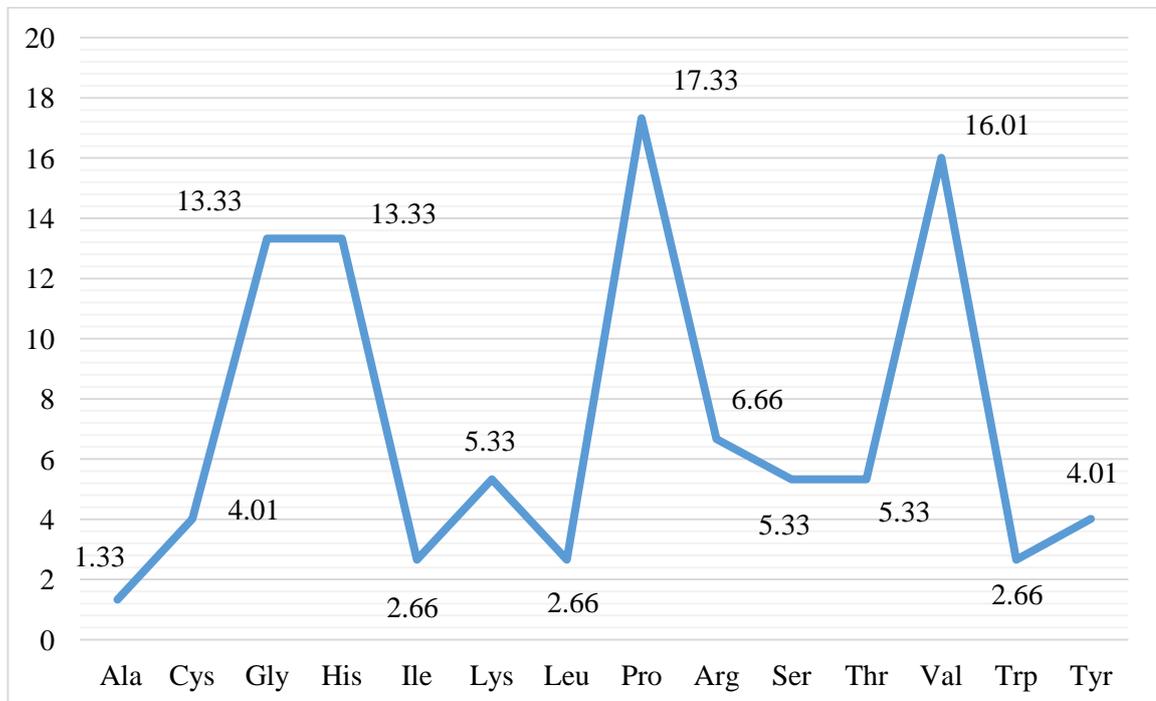


Рисунок 3.2 – Аминокислотный состав концентрата соединительнотканых белков, %

В пептидной последовательности представлено 75 аминокислот, общей молекулярной массой 8153 г/моль. Анализируя аминокислотный состав концентрата соединительнотканых белков отмечено, что в общем составе преобладают следующие аминокислоты: пролин (17,33 %), валин (16,01 %), цистеин (13,33 %) и гистидин (13,33 %).

Известно, что пролин является важным компонентом коллагена и, следовательно, жизненно важен для правильного функционирования суставов и сухожилий. Кроме того, эта аминокислота помогает поддерживать и укреплять сердечные мышцы. Аминокислота валин предотвращает разрушение мышц, снабжает мышцы дополнительной глюкозой, ответственной за выработку энергии во время физической активности. Цистеин отвечает за повышение активности лейкоцитов. Аминокислота гистидин способствует регулированию в организме железа, меди, молибдена, цинка и марганца. Необходима для образования металлосодержащих ферментов и соединений, таких как антиоксидант супероксиддисмутаза.

Для получения белково-минеральных кормовых добавок для кроликов, концентрат соединительнотканых белков и преципитат смешиваются с вспомогательным сырьем согласно разработанным рецептурам (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Рецептуры основного корма и разработанных белково-минеральных добавок

Группа	Компоненты кормовой добавки, фактическое содержание, г						Всего, г
	Пшеница	Овес	Ячмень	Жмых подсолнечника	Концентрат соединительно-тканых белков	Преципитат (фосфат кальция)	
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 разработанные рецептуры заменяли вносимые компоненты, корректируя в равной степени компоненты зерносмеси и жмыха подсолнечника.

На рисунке 3.3 представлена принципиальная схема производства белково-минеральных кормовых добавок.

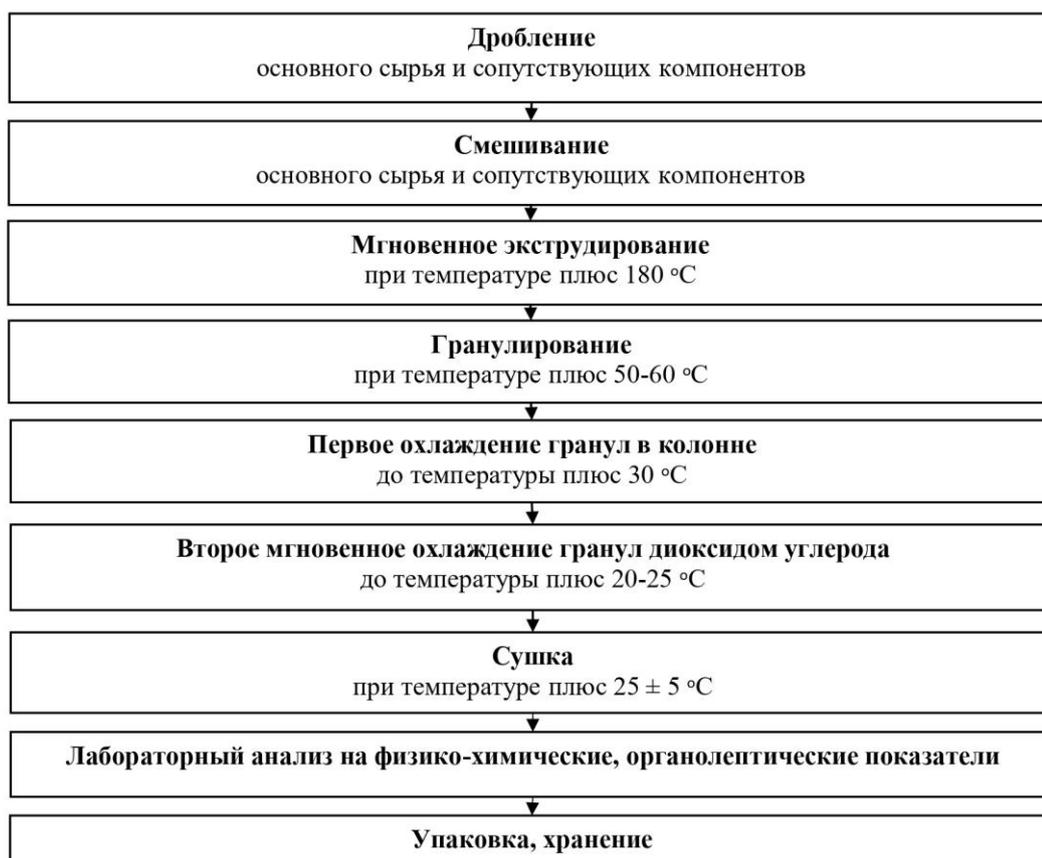


Рисунок 3.3 – Схема производства белково-минеральных кормовых добавок

Технологический процесс производства белково-минеральных кормовых добавок состоит в следующем.

Сопутствующие и основные компоненты дозируются, взвешиваются и подвергаются дроблению.

Далее все компоненты попадают в экструдер, где мгновенно экструдированы при температуре плюс 180 °C, к контрольным образцам дополнительно добавляются преципитат и концентрат соединительнотканых белков, согласно рецептуре (таблица 3.3).

После экструдирования компоненты добавки с сопутствующими веществами поступают в гранулятор на гранулирование при температуре плюс 50–60 °С. Размер гранул соответствовал характеристикам, представленным в таблице 3.4. Параметры гранул соответствовали характеристикам, необходимым для исследуемого вида сельскохозяйственных животных – молодняку кроликов.

Таблица 3.4 – Характеристики гранул для кроликов

Размер гранул	Форма гранул	Описание гранул
до 50 мм	Овальная	Цвет, свойственный используемым компонентам, диаметр – 3,6 мм, хорошо растворимы в воде, рН=5,0 – 6,0; плотность – 1,2 кг/л

Далее гранулы охлаждаются до температуры плюс 30 °С, после чего в охладителе мгновенно охлаждаются диоксидом углерода до температуры плюс 20 – 25 °С. Далее гранулированные кормовые добавки поступают в сушилку, где сушатся до влажности 5 – 10 %.

После сушки гранулированная кормовая добавка поступает в бункер-накопитель готовой продукции, из которого готовая добавка поступает на упаковку и транспортируется на склад готовой продукции.

После смешения и гранулирования готовые кормовые добавки подвергали лабораторному анализу на физико-химические, органолептические показатели.

В таблице 3.5 представлены основные физико-химические и органолептические показатели разработанных кормовых добавок.

Таблица 3.5 – Основные физико-химические и органолептические показатели белково-минеральных кормовых добавок

Показатель	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III
Физико-химические показатели				
Массовая доля влаги, %	13,50	13,05	13,43	13,30
Обменная энергия в 100 г корма, ккал	240,50	262,03	265,65	271,80
Массовая доля сырого протеина, %	17,10	19,10	19,80	21,0
Массовая доля кальция, %	1,50	7,40	9,14	13,89
Массовая доля фосфора, %	1,30	2,80	3,75	5,02
Органолептические показатели				
Внешний вид	Гранулы овальной формы, диаметром 3,6 мм			
Цвет	Коричневый	Светло-коричневого цвета		
Запах	Соответствует набору. Без посторонних.			

Из представленных результатов можно заключить, что разработанные рецептуры кормовых белково-минеральных добавок по основным физико-химическим и органолептическим показателям соответствуют нормативным показателям, представленным в ГОСТ 32897-2014 «Комбикорма для пушных зверей, кроликов и нутрий. Общие технические условия» [58]. Можно отметить, что по отношению к контролю опытные образцы превосходят по следующим показателям: обменной энергии в 100 г корма на – от 9,17 % до 13 – 25 %, массовой доле сырого протеина на – от 11,70 % до 22,80 %, также существенные отличия отмечены по показателям массовой доли кальция и фосфора. Выявлено, что у контрольного образца кормовой добавки массовая доля сырого протеина находится на нижней границе нормативного

показателя ГОСТ 32897-2014 [58] – 19,1 % (значение, регламентируемое ГОСТ – не менее 18 %). По полученным данным можно предположить, что разработанная белково-минеральная кормовая добавка эффективно повлияет на рост мышечной массы и костного скелета молодняка кроликов в период интенсивного роста (от 2 до 3 месяцев).

3.2 Разработка схем рационов, включение белково-минеральной кормовой добавки в рацион кроликов

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: I опытная группа: употреблявшие 4 г белково-минеральной добавки на 96 г зерносмеси (соотношение белок / дикальций фосфат – 2 / 1), II опытная группа: употреблявшие 8 г белково-минеральной добавки на 92 г зерносмеси (соотношение белок / дикальций фосфат – 2 / 1), III опытная группа: употреблявшие 12 г белково-минеральной добавки на 88 г зерносмеси (соотношение белок / дикальций фосфат – 2 / 1) и контрольная группа, в основной рацион которой входила зерносмесь по рецептуре, представленной в таблице 3.3. Каждая группа состояла из 6 голов молодняка кроликов калифорнийской породы.

Кормление кроликов во время хозяйственного опыта было организовано по существующим нормам. Был учтен возраст кроликов, живая масса и физиологическое состояние животного, что говорит о достаточно высоком уровне питания. Потребность кроликов в питательных веществах нормировалась по энергии, перевариваемому протеину, фосфору и кальцию.

Кролики получали основной корм в виде зерносмеси, состоящей из ячменя, овса, пшеницы, жмыха подсолнечника. Обменная энергия комбикорма 9 мДж/кг. Кормление осуществляли один раз в день согласно детализированным нормам кормления.

Началом основного периода опыта служит 60-дневный возраст кроликов. С этого периода обстоятельства содержания и кормления для групп были идентичными. Опытным группам животных, в дополнении к основному рациону, который был у контрольной группы и включал в себя полнорационный комбикорм и сено, добавляли целевые компоненты согласно утвержденной схеме. Схема научно-хозяйственного опыта представлена на рисунке 3.3.

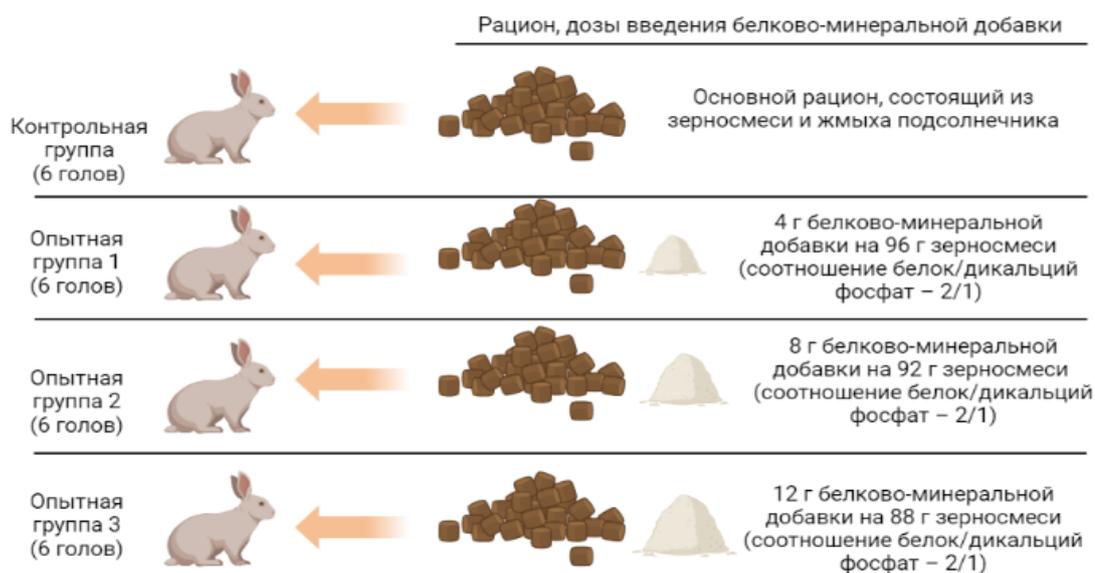


Рисунок 3.3 – Схема научно-хозяйственного опыта

Первое опытное взвешивание проводили в 60-дневном возрасте кроликов, основное взвешивание в возрасте 90 дней, по окончании эксперимента. Продолжительность эксперимента составляла 30 дней.

3.3 Определение влияния разработанной кормовой добавки на продуктивные и убойные показатели исследуемого поголовья кроликов

Для фиксирования показателей роста каждой группы живую массу молодняка кроликов определяли методом индивидуального взвешивания.

После проведенных опытов осуществляли контрольный убой для изучения качественных характеристик мяса и его химического состава.

Проводили определение массы парной тушки и рассчитывали убойный выход. Интенсивность развития живой массы подопытных животных при скармливании белково-минеральной кормовой добавки представлена в таблице 3.6

Таблица 3.6 – Динамика развития живой массы подопытных кроликов при скармливании белково-минеральной кормовой добавки, г (n = 24)

№ подопытного животного	Масса животного на начало опыта, г	Масса животного на конец опыта, г	Среднесуточный прирост, г
<i>Контрольная группа (основной рацион)</i>			
1	1720 ± 2	2530 ± 1	27,00
2	1840 ± 1	2680 ± 2	28,00
3	1698 ± 2	2594 ± 1	29,80
4	1780 ± 3	2830 ± 2	35,00
5	1805 ± 2	2798 ± 1	33,10
6	1745 ± 3	2672 ± 1	30,90
μ	1764 ± 2,2	2684 ± 1,4	30,60
<i>Опытная группа I (рацион, включающий 4 г белково-минеральной добавки)</i>			
7	1790 ± 3	2848 ± 2	35,26
8	1740 ± 2	2810 ± 1	35,66
9	1845 ± 1	2945 ± 2	36,66
10	1810 ± 1	2882 ± 2	35,70
11	1708 ± 2	2829 ± 2	37,30
12	1750 ± 3	2852 ± 1	36,70
μ	1773 ± 2,0	2861 ± 1,5	36,20

<i>Опытная группа II (рацион, включающий 8 г белково-минеральной добавки)</i>			
13	1810 ± 2	2839 ± 1	34,30
14	1764 ± 2	2915 ± 2	38,36
15	1683 ± 3	2832 ± 2	38,30
16	1827 ± 1	2874 ± 1	34,90
17	1738 ± 2	3022 ± 2	42,80
18	1782 ± 3	2945 ± 2	38,76
μ	1767 ± 2,2	2904 ± 1,9	37,90
<i>Опытная группа III (рацион, включающий 12 г белково-минеральной добавки)</i>			
19	1756 ± 2	2985 ± 2	40,96
20	1840 ± 1	3082 ± 2	41,40
21	1694 ± 2	2865 ± 1	39,03
22	1743 ± 3	2940 ± 2	39,90
23	1802 ± 1	3064 ± 2	42,06
24	1731 ± 2	2880 ± 1	38,30
μ	1761 ± 1,8	2969 ± 1,8	40,30

Исходя из конечных данных, было определено, что в каждой опытной группе, относительно контрольной группы кроликов, было отмечено возрастание показателя средней живой массы. В I опытной группе прирост был выше на 6,59 % показателя контрольной группы, во II опытной группе – на 8,19 % ($P > 0,05$), в III опытной группе – на 10,61 %. Показатели среднесуточного прироста живой массы были выше – на 18,30 %, 23,85 % и 31,69% соответственно ($P < 0,01$). Таким образом, следует отметить, что включение белково-минеральной кормовой добавки в рацион выражено

стимулируют процессы обмена веществ в организме молодняка кроликов, что оказало благоприятное воздействие на окислительно-восстановительные процессы в период интенсивного роста кроликов и повысило их продуктивность в период проведения исследований.

Также был произведен расчёт абсолютной и относительной скорости роста кроликов в период проведения хозяйственного опыта для определения общего межгруппового различия эффективности применения разработанной кормовой добавки. Результаты расчётов представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – 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 кроликов опытных групп находился в пределах от 46,95 % до 51,07 %. По окончании эксперимента было отмечено, что наивысший относительный прирост зафиксирован в опытной группе III, по сравнению с контрольной группой он был выше на 19,13 %,

полученные данные подтверждают результаты динамики развития живой массы в период эксперимента.

Далее проводили визуальный осмотр кроликов контрольной и опытных групп. Внешний осмотр показал, что у всех групп шерсть была без аллопеции, опрятного блестящего вида, зубы без нарушения структуры с отмеченным постоянным ростом.

В практическом кролиководстве большое внимание уделяется повышению мясной продуктивности, а, следовательно, экономической эффективности отрасли. В соответствии с нормативными документами тушки кроликов подразделяют на две категории упитанности. Целью дальнейших исследований было провести расчеты убойного выхода исследуемых животных по показателям предубойной и убойной массы. Результаты контрольного убоя подопытных кроликов представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты контрольного убоя подопытных кроликов, г
(n = 24)

№ животного	Предубойная масса, г	Убойная масса, г	Убойный выход, %
<i>Контрольная группа</i>			
1	2530 ± 1	1373,7	54,3
2	2680 ± 2	1476,6	55,1
3	2594 ± 1	1395,5	53,8
4	2830 ± 2	1564,9	55,3
5	2798 ± 1	1516,5	54,2
6	2672 ± 1	1429,5	53,5
μ	2684 ± 1,4	1459,5 ± 0,58	54,36 ± 0,57

<i>Опытная группа I</i>			
7	2848 ± 2	1572,1	55,2
8	2810 ± 1	1570,7	55,9
9	2945 ± 2	1613,8	54,8
10	2882 ± 2	1622,5	56,3
11	2829 ± 2	1524,8	53,9
12	2852 ± 1	1585,7	55,6
μ	2861 ± 1,5	1581,6 ± 0,75	55,28 ± 0,79
<i>Опытная группа II</i>			
13	2839 ± 1	1595,5	56,2
14	2915 ± 2	1600,3	54,9
15	2832 ± 2	1577,4	55,7
16	2874 ± 1	1569,2	54,6
17	3022 ± 2	1716,5	56,8
18	2945 ± 2	1652,1	56,1
μ	2904 ± 1,9	1618,5 ± 0,80	55,71 ± 0,86
<i>Опытная группа III</i>			
19	2985 ± 2	1650,7	55,3
20	3082 ± 2	1753,6	56,9
21	2865 ± 1	1598,6	55,8
22	2940 ± 2	1646,4	56,0
23	3064 ± 2	1749,5	57,1
24	2880 ± 1	1604,1	55,7
μ	2969 ± 1,8	1666,5 ± 0,63	56,13 ± 0,65

По данным анализа убойных качеств животных всех подопытных групп, можно сделать вывод о значительном повышении уровня мясной продуктивности. Также стоит отметить межгрупповые различия, I, II и III опытные группы превосходили контрольную по показателю убойной массы на 7,72 %, 9,82 % и 12,42 %, соответственно. В среднем опытные группы по рассчитываемому показателю превосходили контрольную на 9,98 %. Полученные данные свидетельствуют об эффективном влиянии разрабатываемой добавки на убойные показатели кроликов, данные изменения связаны с более продуктивным развитием мышечной массы у подопытного поголовья кроликов.

Можно отметить, что тушки всех исследуемых кроликов по результатам визуальной оценки относятся к первой категории упитанности. Мышцы тушек хорошо развиты, отростки спинных позвонков не выступают, наблюдались жировые отложения на холке и почках.

По результатам научно-хозяйственного опыта была выявлена эффективная рецептура кормовой добавки. В таблице 3.9 представлен расчет эффективного состава корма по компонентам.

По результатам расчета эффективного состава кормовой добавки видно, что корм, приготовленный по рецептуре 3 обладал высоким показателем обменной энергии, который составлял 271,80 Ккалл / 100г, также отмечено высокое содержание показателей кальция и фосфора. По массовой доле содержания белка и клетчатки корм также превосходил минимально допустимые пределы при кормлении молодняка кроликов, показатели составляли 21,00 % и 14,05 % соответственно. Данные компоненты необходимы для нормального физиологического развития и роста молодняка кроликов.

Таблица 3.9 – Компонентный расчет эффективного состава корма*

Компоненты	Вес (кг)	Обменная энергия Ккал/100г	Протеин, %	Клетчатка, %	Лизин, %	Метионин, %	Цистин, %	Фосфор, %	Кальций, %	Натрий, %
Жмых подсолнечный	13	267.00	37.00	16.00	1.33	0.78	0.65	0.91	0.32	0.08
Ячмень	25	267.00	10.80	5.50	0.40	0.18	0.21	0.34	0.06	0.04
Пшеница	30	285.00	13.90	3.80	0.35	0.17	0.20	0.42	0.05	0.02
Овес	20	316.00	10.00	12.00	0.38	0.16	0.26	0.12	0.36	-
Дикальцийфосфат	4	-	-	-	-	-	-	18.80	25.00	-
Преципитат	8	270.00	85.00	16.00	6.00	1.40	0.34	14.00	32.00	1.54
Всего в компонентах, кг	100	271.80	21.00	14.05	0.52	0.24	0.25	13.89	5.02	0.04
Значения нормы, не менее		230.00	17.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

*по данным расчета на ресурсе <http://perepel.info/calc>

3.4 Исследование влияния применяемой кормовой добавки на физико-химические и функционально-технологические свойства исследуемых образцов мяса кроликов

Известно, что рацион и кормовые добавки, включенные в него, напрямую влияют на развитие мышечной массы у животных, как следствие происходит влияние на физико-химические и функционально-технологические свойства мяса.

В данном разделе диссертационного исследования представлены результаты по определению влияния применяемой кормовой добавки на физико-химические и функционально-технологические свойства, а также представлен анализ аминокислотного состава исследуемых образцов мяса кроликов.

На первом этапе были отобраны образцы тушек кроликов каждой группы, исследование проводили на средней составленной пробе мяса каждой выбранной исследуемой группы. Результаты определенных основных физико-химических показателей исследуемых образцов представлены на рисунке 3.4.

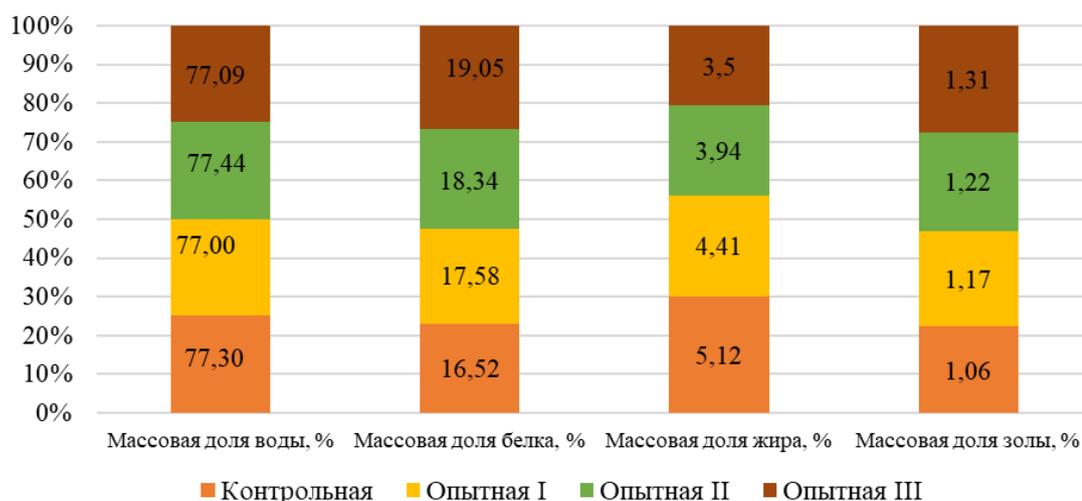


Рисунок 3.4 – Основные физико-химические показатели исследуемых образцов мяса кроликов

Из результатов, представленных на рисунке 3.5, можно сделать вывод о том, что исследуемые средние пробы мяса опытных групп превосходили контрольную. Показатель массовой доли белка в мясной пробе опытных групп превосходил контрольную в среднем на 1,8 %, при этом наблюдалась тенденция снижения массовой доли жира в пробах. Полученные данные можно обосновать интенсификацией процесса нарастания мышечной массы у опытных групп кроликов в процессе проведенного научно-хозяйственного опыта.

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 3.5.

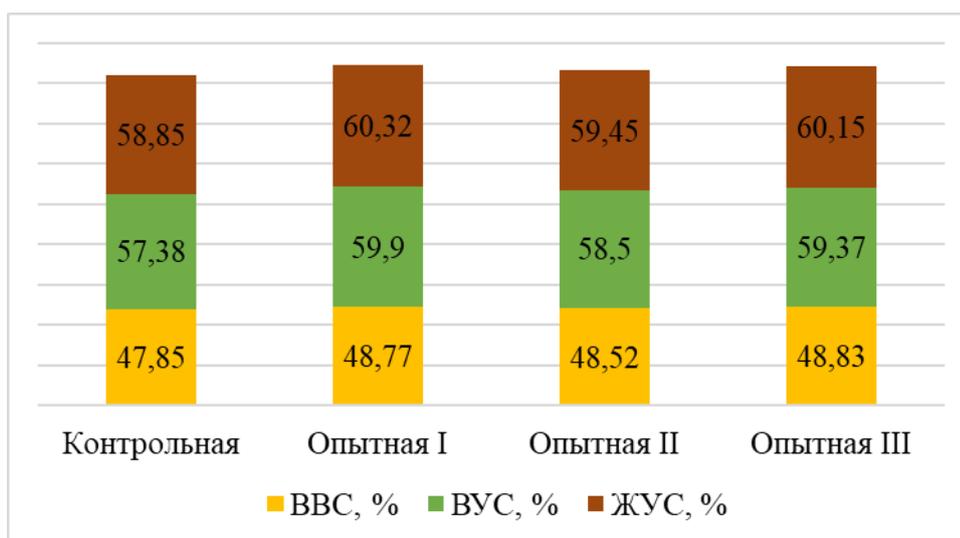


Рисунок 3.5 – Результаты определения основных функционально-технологических показателей исследуемых образцов мяса кроликов в первые сутки после убоя

По представленным результатам на рисунке 3.6 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.

Известно, что корма и кормовые добавки могут влиять на органолептические показатели мясной продукции, в связи с чем проводили изучение влияния разработанной белково-минеральной кормовой добавки на органолептические показатели пробы образцов мяса кроликов и мясных бульонов каждой исследуемой группы. При изучении органолептических показателей не было выявлено межгрупповых различий. Все образцы тушек имели следующие характеристики: запах естественный, свойственный мясному сырью; цвет тушек бледно-розовый, корочка поверхностного подсыхания сухая; консистенция мяса плотная. Консистенцию анализировали методом образования ямки при надавливании на тушу, которая исчезала в течение нескольких секунд. Поверхность свежего разреза слегка влажная, при прислонении фильтровальной бумаги не оставляет влажного пятна. Мясной сок прозрачный. Жир мягкий, белого цвета. При варке мясной бульон прозрачный, на поверхности отмечаются значительные жировые пятна, запах приятный, мясной.

Немаловажным показателем является аминокислотный состав мяса, рационы кормления, и включённые в него кормовые добавки напрямую оказывают влияние на состав аминокислот в мясе животных. В таблице 3.10 представлен аминокислотный состав мяса исследуемых животных.

Таблица 3.10 – Аминокислотный состав средней пробы мяса исследуемых животных

Аминокислота	Группа			
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III
Аланин (Ala), %	4,86	5,66	5,91	6,82
Цистеин (Cys), %	2,05	2,08	2,38	2,28
Глицин (Gly), %	16,06	17,33	16,69	16,85
Гистидин (His), %	3,52	3,64	3,89	3,72
Изолейцин (Ile), %	7,48	8,06	8,25	8,63

Аминокислота	Группа			
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III
Лизин (Lys), %	8,75	9,84	12,24	13,12
Лейцин (Leu), %	1,63	1,62	1,68	1,7
Пролин (Pro), %	2,15	2,07	2,28	2,15
Аргинин (Arg), %	6,2	6,54	6,6	6,62
Серин (Ser), %	4,07	4,43	4,19	3,85
Треонин (Thr), %	3,67	4,05	4,25	4,31
Валин (Val), %	4,47	5,59	5,54	6,03
Триптофан (Trp)	3,67	4,08	4,81	4,35
Тирозин (Tyr), %	2,58	4,39	3,68	4,56

Из представленных данных видно, что и у опытных групп кроликов, и у контрольной группы основной состав аминокислот находился на одном уровне, при этом отмечались межгрупповые различия по некоторым аминокислотам. Наблюдается повышение аминокислоты аланин в мясе опытной группы 3, по отношению к контролю данный показатель превосходит на 1,92 %, аминокислота лизин – на 4,37 %, валин – на 1,56 % и аминокислота тирозин – на 1,58 %. Можно предположить, что разработанная кормовая добавка способствовала синтезу превосходящих аминокислот в опытных образцах средней пробы мяса кроликов, данный синтез связан с обменными и биохимическими процессами в период проведения научно-хозяйственного опыта.

Параллельно проводимым опытам по исследованию влияния применяемой кормовой добавки на физико-химические и функционально-технологические характеристики исследуемых образцов также предметом для изучения стал послеубойный процесс хранения крольчатины.

Анализ микробиологических показателей мяса подопытных животных был проведен в первые сутки после убоя. Патогенных микроорганизмов обнаружено не было. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов составляло не более $1 \cdot 10^1$. Опираясь на полученное значение данного показателя, можно сделать вывод о

микробиологической безопасности, что свидетельствует о надлежащих и безопасных условиях содержания и кормления животных.

Далее был проведен анализ микробиологических показателей мяса кроликов в процессе его хранения при температуре от 2 до 6 °С. Анализ проводили каждые 24 часа.

Исходя из итоговых результатов выявления количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов видно, что в течение 96 часов хранения положительная динамика в росте данного показателя не наблюдалась. Бактерии группы кишечной палочки обнаружены не были. Результаты динамики показателей КМАФАнМ в мясе кроликов представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Изменение показателей КМАФАнМ в мясе кроликов, КОЕ/г

Срок хранения, суток	КМАФАнМ, КОЕ/г (см ³), не более				Требования ТР ТС021/2011
	Группа				
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	
1	$5,2 \times 10^2$	$4,9 \times 10^2$	$4,8 \times 10^2$	$5,1 \times 10^2$	1×10^4
2	$7,2 \times 10^2$	$7,2 \times 10^2$	$7,3 \times 10^2$	$6,9 \times 10^2$	
3	$1,3 \times 10^3$	$9,8 \times 10^2$	$9,8 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$	
4	$5,3 \times 10^3$	$5,4 \times 10^3$	$5,2 \times 10^3$	$5,1 \times 10^3$	
5	$1,4 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	
6	$2,1 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	
7	$2,6 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	

Рекомендованный срок хранения – не более 4 суток для всех испытуемых образцов тушек кроликов. Выявленный срок хранения опирается на микробиологические исследования и обосновывается за счет роста количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных

микроорганизмов в исследуемых образцах тушек кроликов. 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.

Исходя из проведенного научно-хозяйственного опыта можно заключить, что более эффективным использованием в качестве кормовой добавки для молодняка кроликов является 12 г белково-минеральной добавки на 88 г зерносмеси (соотношение белок / дикальций фосфат – 2 / 1). В результате эксперимента выявлено, что эффективность прироста средней живой массы в III опытной группе повышается на 10,61 %, среднесуточный прирост живой массы на 31,69 %. Благодаря используемой добавке обеспечен высокий уровень мясной продуктивности, по расчетному показателю убойной массы кроликов III опытная группа превосходила контрольную на 12,42 %. Полученные данные свидетельствуют об эффективном влиянии разрабатываемой добавки на убойные показатели кроликов, данные изменения связаны с более продуктивным развитием мышечной массы у подопытного поголовья кроликов. По изученным физико-химическим и функционально-технологическим свойствам отмечено превосходство опытных групп перед контрольной по ряду изученных показателей. Выявлено, что необходим поиск новых способов для обеспечения продолжительного хранения крольчатины, перспективным направлением в данном вопросе является разработка технологии применения диоксида углерода.

3.5 Математическое моделирование процесса низкотемпературного консервирования тушек кролика диоксидом углерода

Мясопродукты имеют разнообразную геометрическую форму. Помимо этого структура мясопродуктов неоднородна, а теплофизические

характеристики являются непостоянными. Описывая распространение температурного фронта в процессе холодильной обработки, необходимо учитывать все эти особенности. Устанавливается мера соответствия между расчетными и экспериментальными данными [29, 101].

Существующие методы охлаждения неограниченной пластины, цилиндра и сферы, рассмотренные с точки зрения теории теплопроводности, могут быть применены при аналитическом описании всех этапов процесса холодильной обработки. Для этой цели можно преобразовать мясные продукты в одну из стандартных геометрических форм, которые будут подвергаться охлаждению [27, 29, 70, 196, 197].

С целью определения продолжительности охлаждения тушки кролика в среде диоксида углерода рассматриваем тушку в виде пластины, при этом учитываем окорок тушки кролика т. к. при проведении замеров выявлено, что наиболее толстая часть мяса тушки – это окорок, подвергаемое охлаждению в среде CO_2 [176, 177, 179, 180]. Расчетная схема представлена на рисунке 3.6.

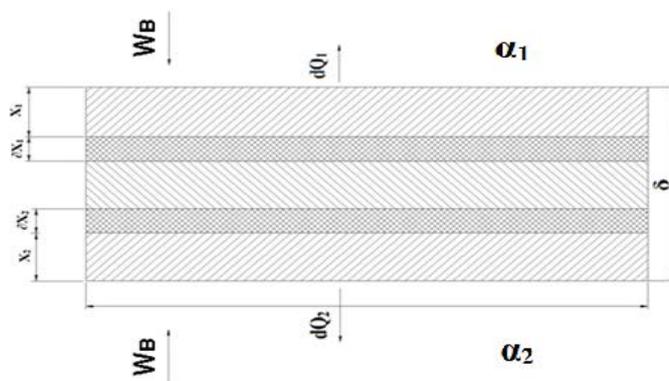


Рисунок 3.6 – Расчетная схема

Границы охлаждаемых слоев перемещаются на величину X_1 с одной стороны пластины и на величину X_2 – с другой через время τ с момента начала процесса охлаждения. Затем толщина охлаждаемых слоев

увеличивается соответственно на величину dX_1 и dX_2 через промежуток времени dt .

При охлаждении слоя ∂X_1 выделяется количество тепла, которое определяется по формуле:

$$dQ_1 = q_{\text{охл}} \cdot m \cdot f \cdot dx_1, \quad (2.1)$$

При охлаждении слоя ∂X_2 выделяется количество тепла, которое определяется по формуле:

$$dQ_2 = q_{\text{охл}} \cdot m \cdot f \cdot dx_2, \quad (2.2)$$

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

m – масса продукта, кг;

f – поверхность слоя мяса кролика, м^2 .

Теплота, выделившаяся при охлаждении мяса кролика

$$q_{\text{охл}} = h_n - h, \quad (2.14)$$

где: h_n – удельная энтальпия мяса кролика при начальной температуре, Дж/кг;

h – удельная энтальпия охлажденного мяса кролика, Дж/кг.

Рассчитываемое тепло передается охлаждающему воздуху через охлажденные слои, толщина которых X_1 и X_2 за рассматриваемый промежуток времени.

Следовательно, можно написать:

$$dQ_1 = \frac{1}{\frac{X_1}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha_n}} \cdot f \cdot (t_n - t) \cdot dt, \quad (2.3)$$

$$dQ_2 = \frac{1}{\frac{x_2}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha_B}} \cdot f \cdot (t_H - t) \cdot d\tau,$$

где α_H, α_B – коэффициент теплоотдачи с противоположных сторон продукта, Вт/(м²·К);

$\lambda_{\text{охл}}$ – коэффициент теплопроводности охлажденного продукта, Вт/(м·К);

t_H – начальная температура продукта, °С;

t – температура охлаждающей среды, °С.

Получаем количество тепла, отведенного от тела, равное сумме количества тепла, отведенного от обеих сторон пластины:

$$dQ = dQ_1 + dQ_2, \quad (2.5)$$

Приравниваем правые части уравнений (2.1), и (2.3) и (2.2), (2.4), затем решаем их относительно $d\tau$, получаем:

$$d\tau = \frac{q'' \cdot \gamma}{(t_H - t) \cdot \lambda_{\text{охл}}} \cdot x_1 \cdot dx_1 + \frac{q'' \cdot \gamma}{(t_H - t) \cdot \alpha} \cdot dx_1, \quad (2.6)$$

$$d\tau = \frac{q'' \cdot \gamma}{(t_H - t) \cdot \lambda_{\text{охл}}} \cdot x_2 \cdot dx_2 + \frac{q'' \cdot \gamma}{(t_H - t) \cdot \alpha} \cdot dx_2.$$

При интегрировании получаем:

$$\tau = \frac{q'' \cdot \gamma}{(t_H - t)} \cdot x_1 \cdot \left(\frac{x_1}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (2.7)$$

$$\tau = \frac{q'' \cdot \gamma}{(t_H - t)} \cdot x_2 \cdot \left(\frac{x_2}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right). \quad (2.8)$$

Для полного охлаждения пластины, на момент встречи слоев, истинно равенство:

$$x_1 + x_2 = \delta. \quad (2.9)$$

Приравниваем правые части уравнений (2.7) и (2.8):

$$x_1 \cdot \left(\frac{x_1}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right) = x_2 \cdot \left(\frac{x_2}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right). \quad (2.10)$$

Методом подстановки решаем полученные уравнения с двумя неизвестными и после преобразования находим:

$$x_1 = \frac{\delta \cdot \left(\frac{\delta}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right)}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha}}, \quad (2.11)$$

$$x_2 = \frac{\delta \cdot \left(\frac{\delta}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right)}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha}}. \quad (2.12)$$

При делении уравнения (2.11) на (2.12) отношение толщин слоев выразится через коэффициент теплоотдачи α , коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{охл}}$ и толщину пластины δ :

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{\frac{\delta}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha}}{\frac{\delta}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha}}. \quad (2.13)$$

Подставляем в уравнение (2.7) значение x_1 из выражения (2.11), получаем формулу для определения продолжительности охлаждения пластины τ , ч [30]:

$$\tau = \frac{q' \cdot \gamma}{(t_H - t)} \cdot \frac{\delta \cdot \left(\frac{\delta}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right)}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha}} \cdot \left[\frac{\delta \cdot \left(\frac{\delta}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right)}{2 \cdot \lambda_{\text{охл}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{охл}}} + \frac{1}{\alpha} \right)} + \frac{1}{\alpha} \right]. \quad (2.14)$$

При температуре окружающей среды 35 °С экспериментальное значение времени охлаждения крольчатины до температуры 4 °С $\tau=4,67$ ч. Проанализировав математическое и экспериментальное значения продолжительности охлаждения крольчатины можно сделать вывод, что представленная математическая модель достаточно точно определяет время достижения необходимой температуры тушки кролика.

3.6 Исследование влияния угла конуса снегообразователя на получение снегообразного диоксида углерода

С целью определения наиболее эффективных конструктивных решений, связанных с получением снегообразного диоксида углерода проведен анализ механизмов генерации снегообразного диоксида углерода, на основе которого проведена серия исследований по преобразованию диоксида углерода из жидкой фазы в снегообразную методом дросселирования в конусообразных снегообразователях с изменяемым углом наклона раструба [168].

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°. Такое варьирование углов позволило изучить

влияние геометрических параметров конусов на процесс снегообразования диоксида углерода в твердую фазу. Схема усеченного конуса представлена на рисунке 3.7, а таблица с геометрическими данными – 3.12.

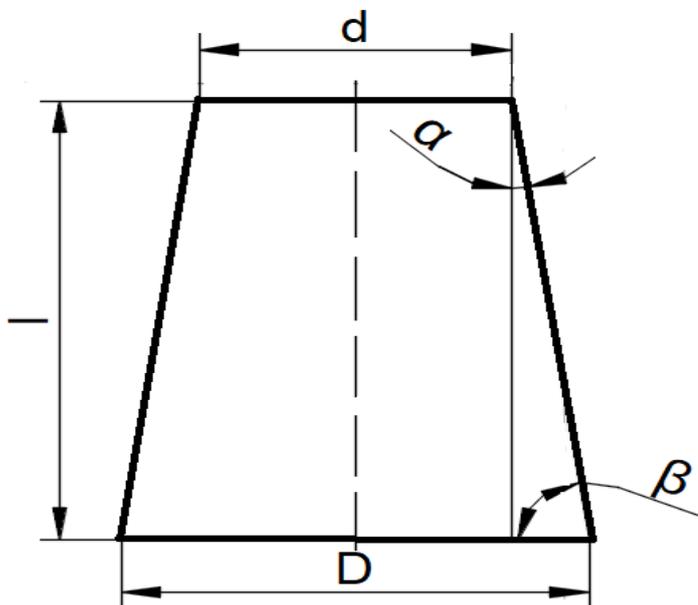


Рисунок 3.7 – Усеченный конус

Таблица 3.12 – 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

Первый этап экспериментов осуществлен при температуре жидкого диоксида углерода 20 ± 1 °С. Графический анализ зависимости массы полученного снегообразного CO_2 от угла наклона конусов, изменяемых в диапазоне 3° до 16° , приведен на рисунке 3.8.

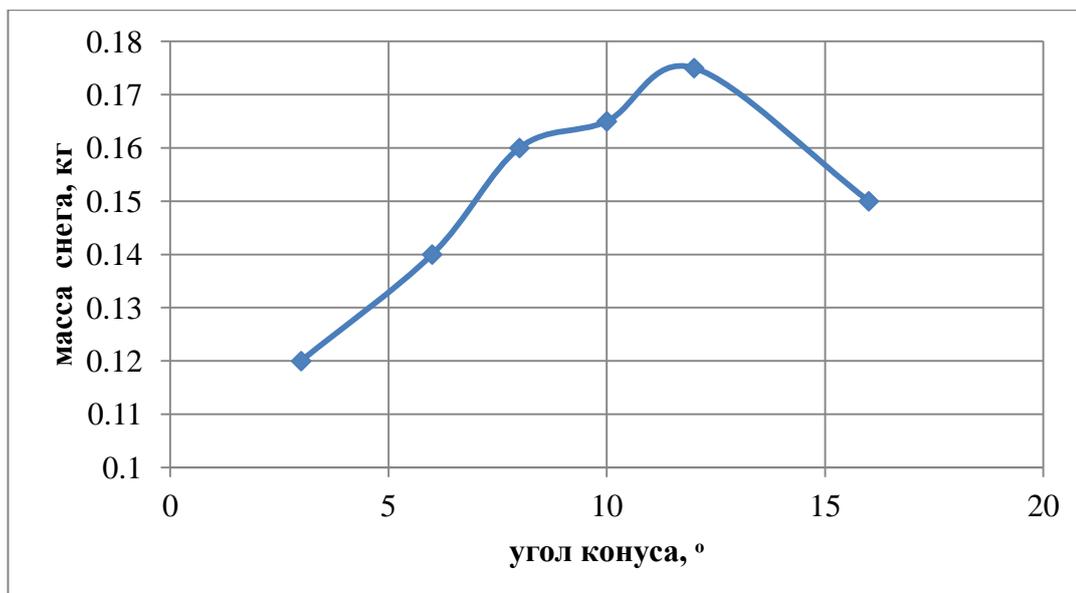


Рисунок 3.8 – Характеристика выхода снега CO₂ при температуре жидкого диоксида углерода 20±1 °С

Анализируя зависимость, представленную на рисунке 4.2, отметим, что процесс получения снегообразного диоксида углерода в конусе разбит на несколько этапов. Первый – связан с уравнением Бернулли, т. к. поток CO₂ проходит через шайбу с дроссельным отверстием диаметром 1 мм, где возрастает скорость движения газа или жидкости (возрастает динамическое давление $\frac{\rho v^2}{2}$), но в этот же момент уменьшается статическое давление. Из этого следует, что при уменьшении сечения потока, из-за возрастания скорости, то есть динамического давления, статическое давление P падает.

Далее поток попадает в конус и с увеличением угла конуса – снегообразователя наблюдается рост массы образующегося снега до 0,175 кг, угол конуса при этом составляет 12°, таким образом, увеличение давления перед конусом, приводит к увеличению скорости вдоль всего конуса. Скорость потока в расширяющейся части падает, а давление растет. Оптимальным углом конуса является угол 12°. При таком угле возникает максимальное давление, позволяющее преобразовывать максимальное количество углекислоты в снегообразное состояние.

Соотношение между расходом жидкости и выходом снегообразного CO_2 (показано на рисунке 3.9) составляет 25 %, что можно выразить как отношение 0,175 килограмма жидкости к 0,7 килограмма твердого CO_2 . При этом оптимальный угол наклона конуса равен 12° .

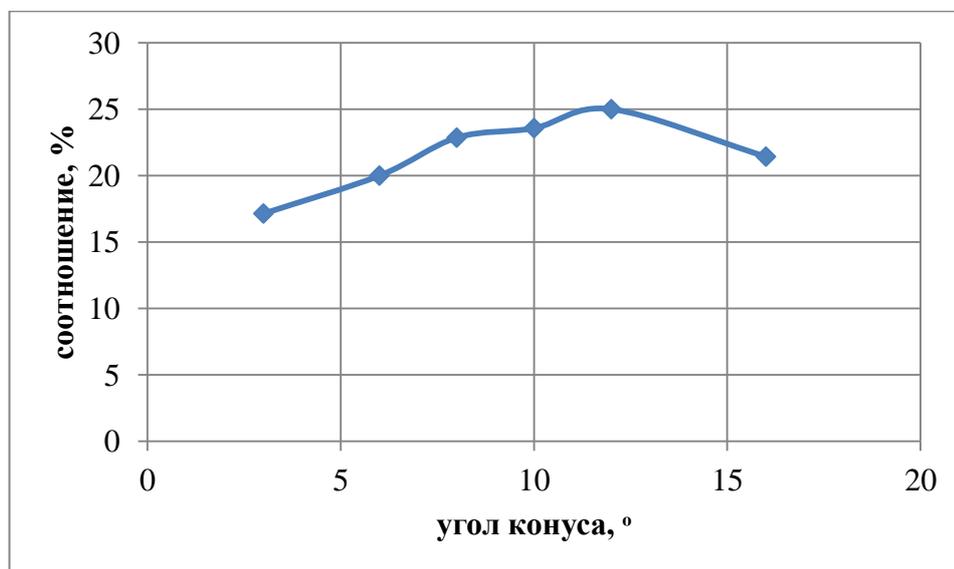


Рисунок 3.9 – Соотношение расхода жидкости к выходу снегообразного CO_2 в % при температуре жидкого диоксида углерода $20\pm 1^\circ\text{C}$

Следующие эксперименты проводились при температуре жидкого диоксида углерода $10\pm 1^\circ\text{C}$ (рисунок 3.10). С возрастанием угла наклона конуса снегообразователя проявляется увеличение массы образующегося снега, достигая значения до 0,18 килограмма, после чего происходит существенное снижение этого показателя. При этом оптимальным углом наклона конуса оказывается 12° , а отношение массы использованной жидкости к образованию снегообразной двуокиси углерода составляет 30 % (0,18/0,6 кг/кг).



Рисунок 3.10 – Характеристика выхода снега при температуре жидкого диоксида углерода 10 ± 1 °C

Понижение температуры жидкого CO_2 перед дросселированием увеличивает выход снегообразного диоксида углерода, что находит подтверждение на графике (рисунок 3.11).

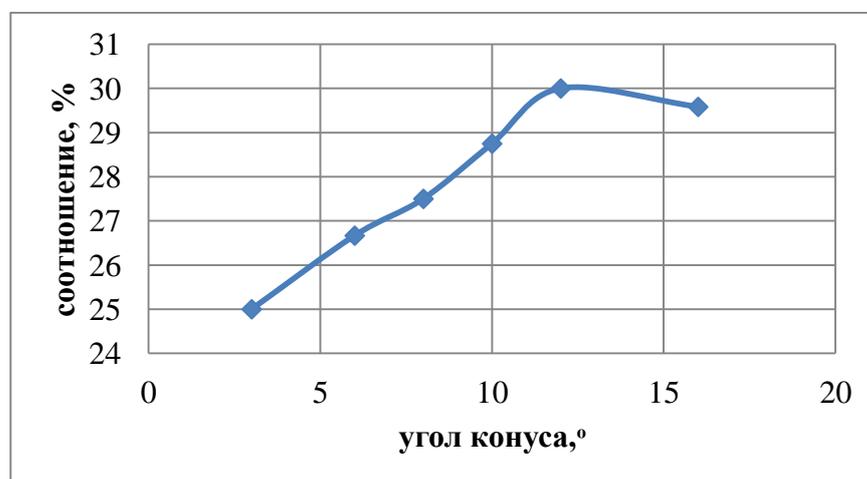


Рисунок 3.11 – Соотношение расхода жидкости к выходу снегообразного CO_2 в % при температуре жидкого диоксида углерода 10 ± 1 °C

Третья серия экспериментов, реализована при температуре жидкого диоксида углерода в пределах 0 ± 1 °C. Результаты отображают зависимость между количеством образовавшегося снегообразного CO_2 и варьирующимися

углами наклона конуса в диапазоне $3\div 16^\circ$, графически данное соотношение представлено на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12 – Характеристика выхода снега при температуре жидкого диоксида углерода $0\pm 1^\circ\text{C}$

При установленной температуре жидкого диоксида углерода $0\pm 1^\circ\text{C}$, отмечено, что соотношение расхода жидкости к полученному снегообразному CO_2 составляет 30,9 % (0,17/0,55 кг/кг). При этом, оптимальным углом наклона конуса также оказался угол 12° (рисунок 3.13).

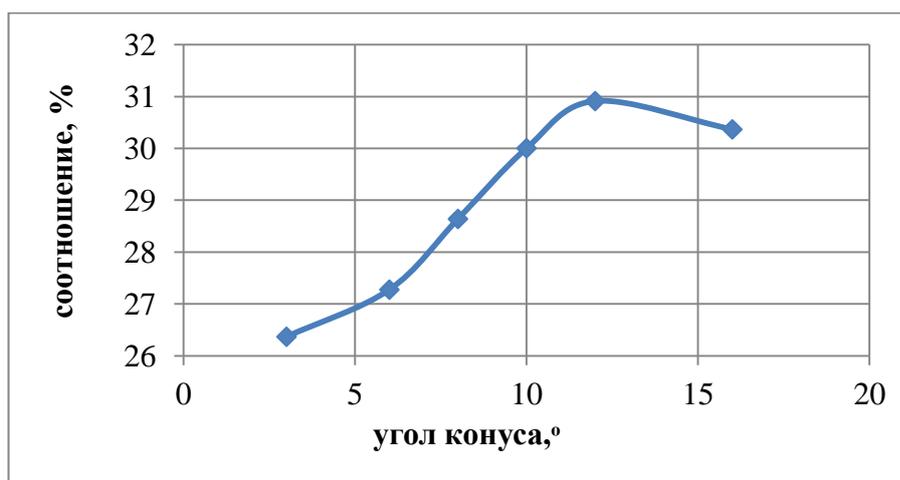


Рисунок 3.13 – Соотношение расхода жидкости к выходу снегообразного CO_2 в % при температуре жидкого диоксида углерода $0\pm 1^\circ\text{C}$

Последующие эксперименты были реализованы при температуре жидкого диоксида углерода минус 10 ± 1 °С. Результаты, отражающие взаимосвязь между количеством полученного снегообразного CO_2 и углами наклона конуса в диапазоне $3\div 16^\circ$, представлены на рисунке 3.14. В данном эксперименте также подтверждается оптимальность конуса с углом наклона 12° .

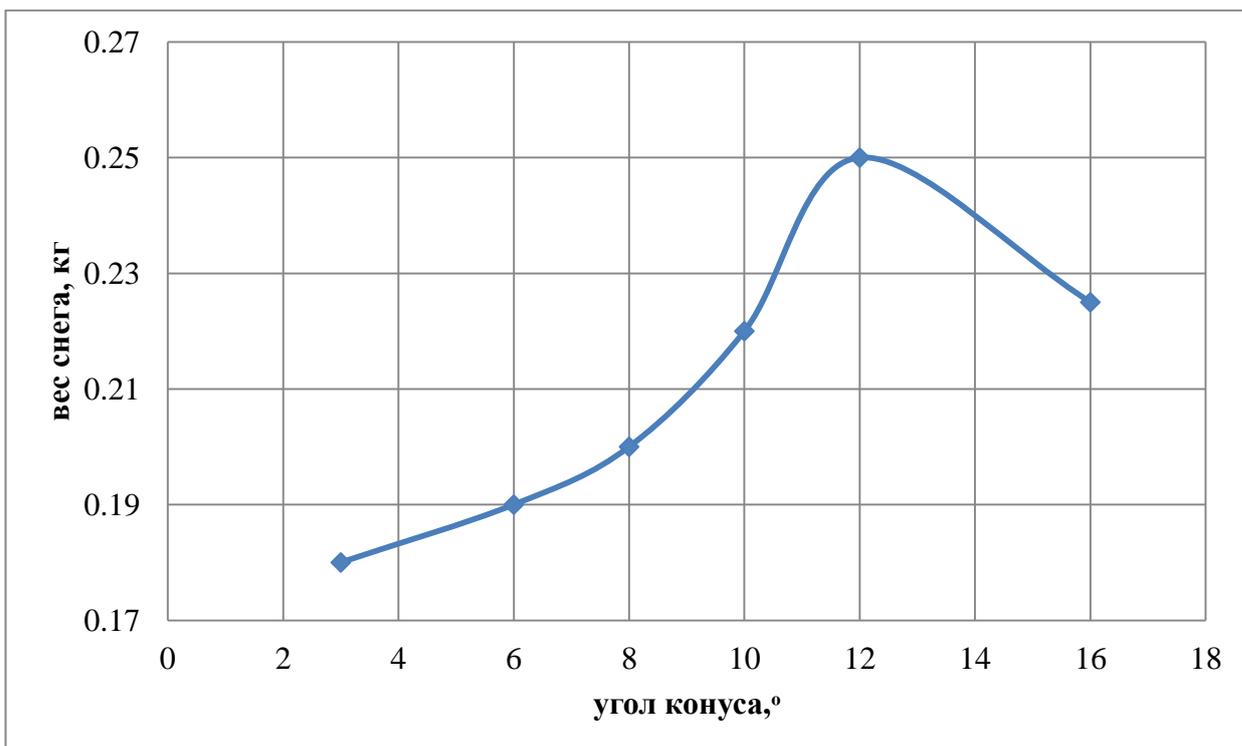


Рисунок 3.14 – Характеристика выхода снега при температуре жидкого диоксида углерода минус 10 ± 1 °С

На рисунке 3.15 представлено отношение расхода жидкости к получаемому снегообразному диоксиду углерода, которое равно 31,25 % (0,25/0,8 кг/кг).

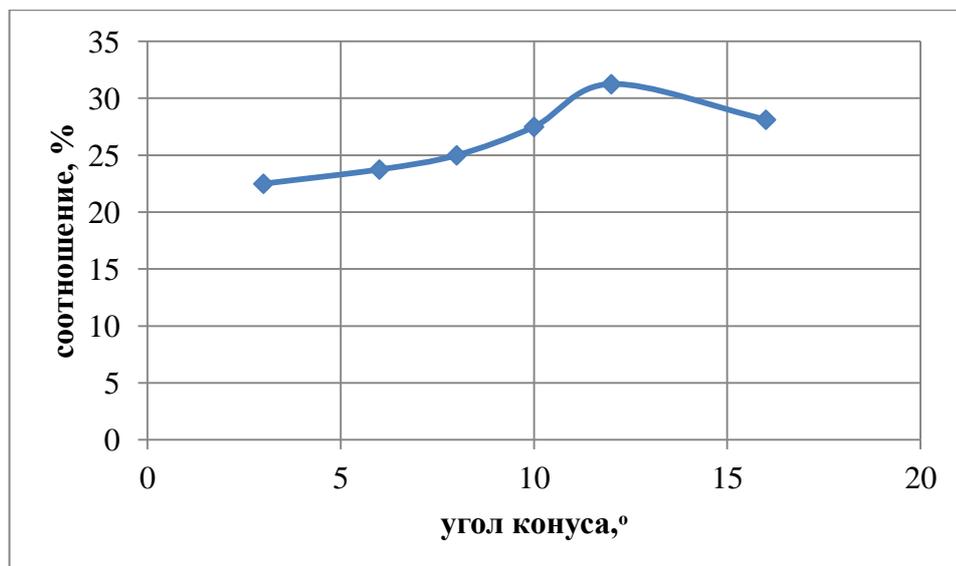


Рисунок 3.15 – Соотношение расхода жидкости к выходу снегообразного CO_2 в % при температуре жидкого диоксида углерода минус 10 ± 1 °C

Анализ зависимостей, представленных на графиках (рисунок 3.16), демонстрирует, что максимальное количество снега CO_2 было сформировано при температуре минус 10 °C, при применении конуса с углом наклона 12° .

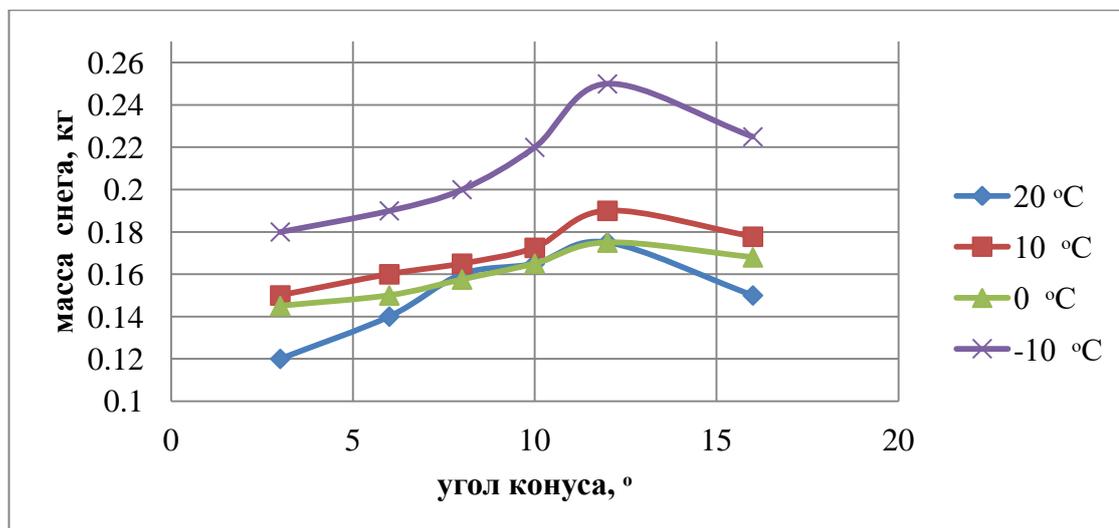


Рисунок 3.16 – Характеристика выхода снега CO_2 при разных углах конуса – снегообразователя

На рисунке 3.17 представлена характеристика выхода снега CO_2 при оптимальном угле конуса (12°). Максимальное количество снега получается при температуре минус 10°C и составляет $0,25$ кг.

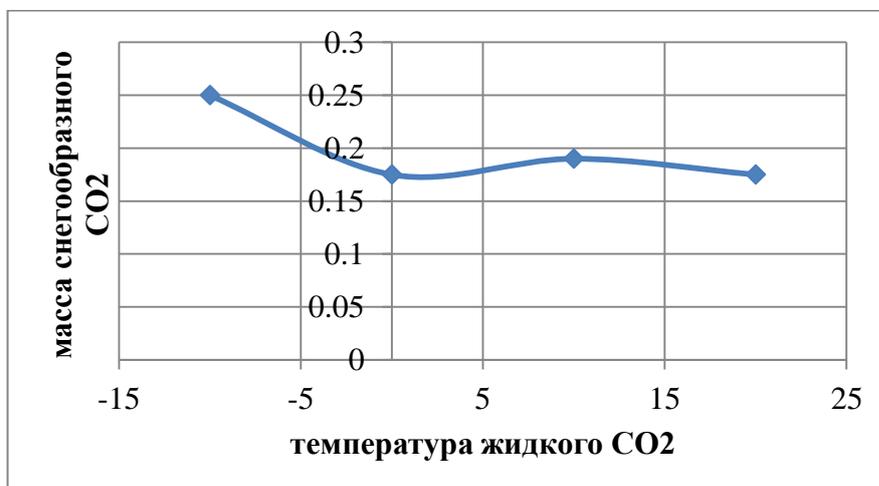


Рисунок 3.17 – Характеристика выхода снега при оптимальном угле конуса (12°)

На рисунке 3.18 изображено соотношение объема используемой жидкой углекислоты к образованию снегообразного CO_2 в процентах при оптимальном угле конуса (12°), максимальное соотношение данных параметров составляет 31% при температуре жидкой углекислоты минус 10°C .

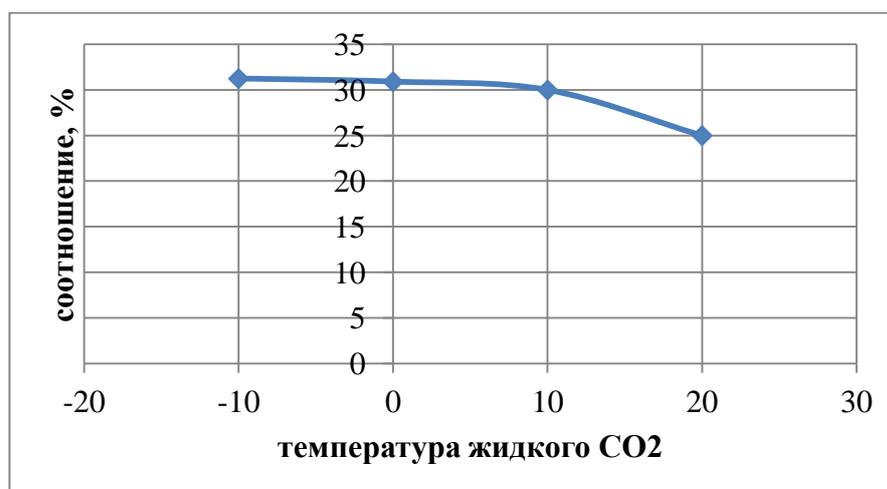


Рисунок 3.18 – Соотношение расхода жидкости к выходу снегообразного CO_2 в %, при оптимальном угле конуса (12°)

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

3.7 Исследование процесса теплообмена при низкотемпературном консервировании мяса кролика диоксидом углерода

В данном разделе диссертационной работы был 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 диоксида углерода, находящегося в аппарате. Для обеспечения оптимальной циркуляции воздушно-газовой среды внутри аппарата предусмотрен ряд вентиляторов.

Данный аппарат обеспечивает снижение расхода диоксида углерода и продолжительности холодильной обработки тушек кролика. Структурная конфигурация данного аппарата обеспечивает возможность его интеграции в традиционные схемы обработки мяса кролика, применяемые в сельскохозяйственно-производственном комплексе (АПК).

С целью определения оптимального варианта работы аппарата и внедрения его в промышленность в нем были проведены исследования по охлаждению тушек кролика массой $2 \pm 0,15$ кг.

Эксперименты проводились при температуре в аппарате 0 ± 2 °C и циркуляции воздушно-газовой среды в диапазоне $0 \div 10$ м/с, в результате чего

получены зависимости изменения температурного поля тушки кролика, кинетика теплоотвода, время холодильной обработки и расходы диоксида углерода.

Термопары были установлены с двух противоположных сторон грудной клетки симметрично относительно позвоночника тушки кролика, в окороке, а также установлен датчик измерителя плотности тепловых потоков.

Заданный диапазон температур для охлаждения тушки кролика находится в пределах от 4 °С до минус 1,5 °С, согласно установленным нормативам [55].

Первая группа экспериментов по охлаждению тушки кролика массой $2 \pm 0,15$ кг была проведена при температуре воздушно-газовой среды 0 ± 2 °С.

Термограмма процесса охлаждения тушки кролика массой $2 \pm 0,15$ кг при температуре в камере 0 ± 2 °С, без циркуляции воздушно-газовой среды и схема установки термопар представлена на рисунке 3.19.

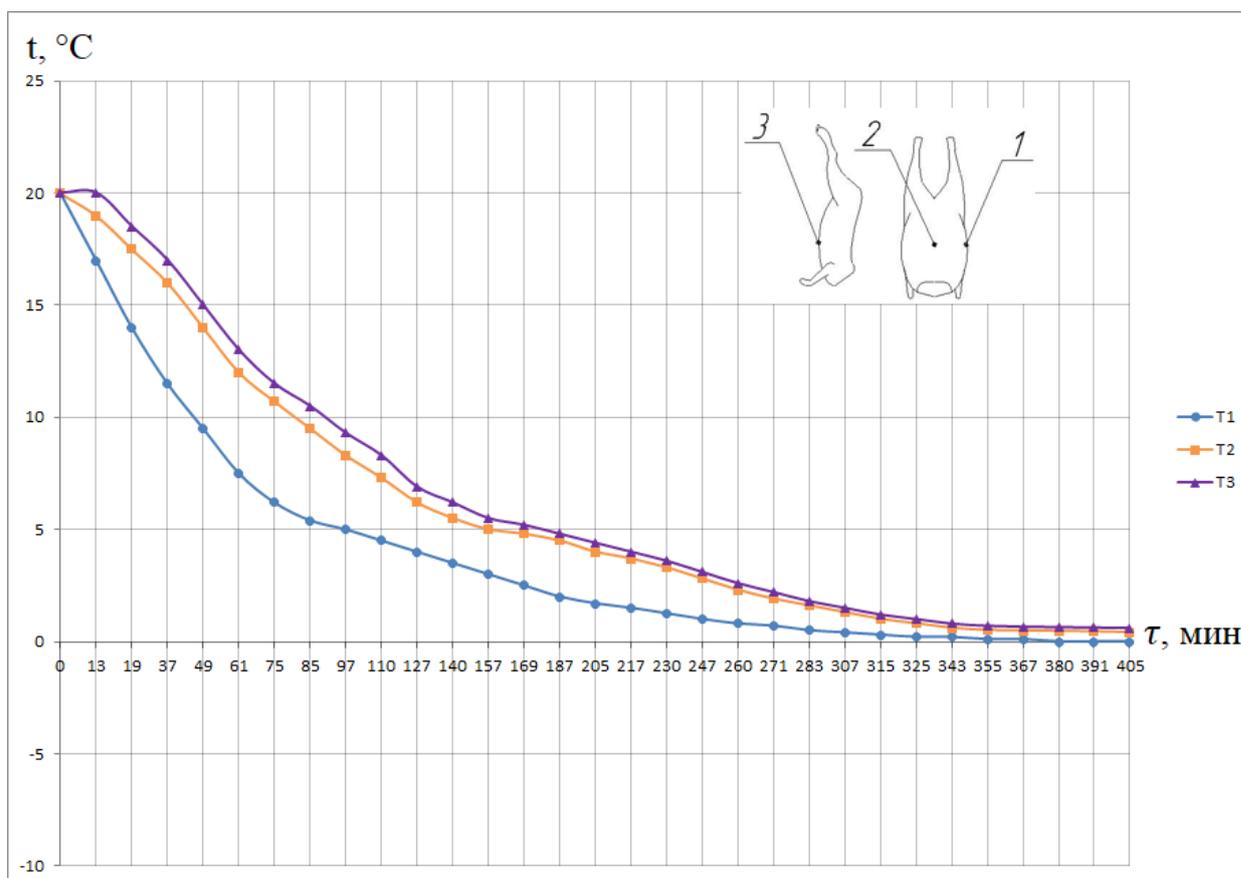


Рисунок 3.19 – Термограмма процесса охлаждения тушки кролика диоксидом углерода

Продолжительность охлаждения – 6,75 часа. Охлаждение верхнего слоя тушки проходит интенсивно, так как поверхность имеет непосредственный контакт с воздушно – газовой средой CO_2 . Охлаждение центральной части тушки происходит менее интенсивно, отвод теплоты происходит в основном через поверхностные слои за счет теплопроводности. Понижение температур в области второй и третьей термопар происходит медленнее, по сравнению с первой термопарой, так как не происходит контакта с воздушно-газовой средой. По этой причине полное охлаждение тушки кролика происходит менее интенсивно.

В силу симметричного размещения термопар относительно оси позвоночника тушки кролика, динамика охлаждения нижних слоев тушки проявляет сходство с процессами охлаждения внешних слоев, но протекает менее интенсивно. Продолжительность интенсивного отвода теплоты идет примерно до 3,4 часа, после чего происходит выравнивание температур тушки до температуры в камере, а на 6,6 часа температуры во всех трех точках выравниваются, и устанавливаются в пределах $0,3\text{ }^\circ\text{C}$.

На рисунке 3.20 представлен график изменения плотности теплового потока при охлаждении мяса кролика в воздушно-газовой среде CO_2 при температуре в камере $0\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$.

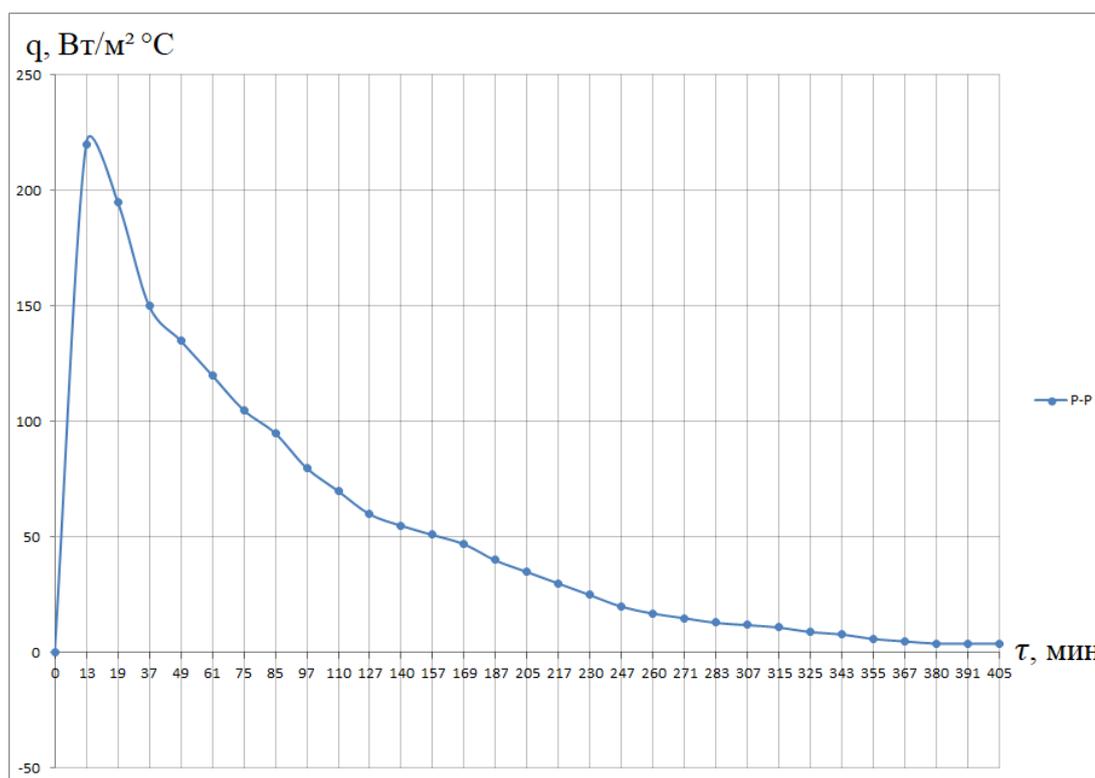


Рисунок 3.20 – График изменения плотности теплового потока при охлаждении тушки кролика диоксидом углерода

Анализируя кривую изменения плотности теплового потока, можно сделать вывод, что в первоначальный момент охлаждения наблюдаем резкое увеличение плотности теплового потока. К причинам такого явления можно отнести максимальную разность температур между тушкой и воздушно – газовой средой в камере.

В первоначальный момент охлаждения температура тушки и окружающей среды была одинакова, поэтому тепловой поток был равен нулевому значению, а после подачи тушки в камеру, температура которой намного ниже окружающей среды возникла разность температур между поверхностью тушки и окружающей средой, что привело к интенсивному теплоотводу. Максимальное значение теплового потока было на 0,25 часа и составило $q_{\max} = 225 \text{ Вт/м}^2$.

Далее наблюдается резкое падение плотности теплового потока, так как температура тушки начинает снижаться. По истечении 5 часов тепловой

поток приближается к нулевому значению и в конце процесса охлаждения стабилизируется.

На рисунке 3.21 представлен график изменения коэффициента теплоотдачи от тушки кролика.

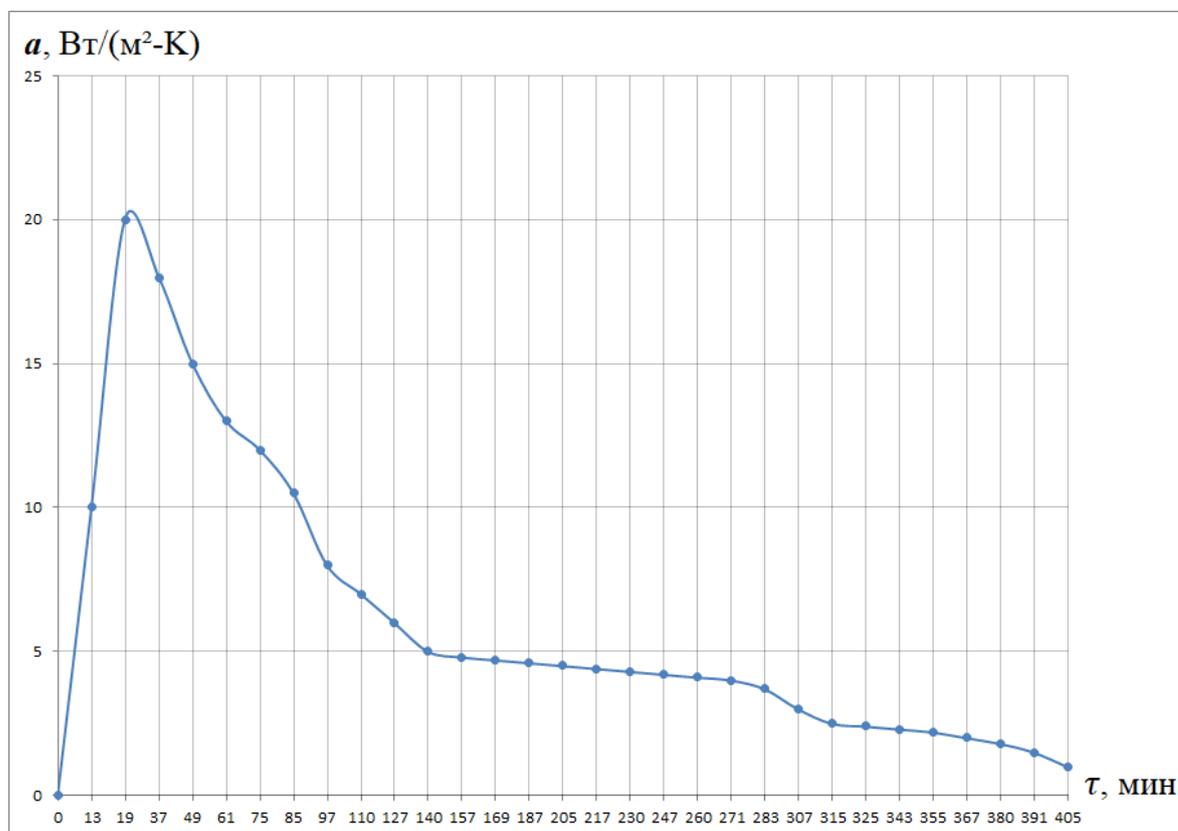


Рисунок 3.21 – График изменения коэффициента теплоотдачи при охлаждении тушки кролика

Анализируя полученные значения, можно сделать вывод, что среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи для поверхности тушки $\alpha = 5,44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Максимальное значение коэффициента теплоотдачи составляет $\alpha_{\text{max}} = 22 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, это соответствует максимальному значению теплового потока на 0,4 часа. В этот же момент времени происходит падение значения теплового потока, по истечении 5,9 часа, показания начинают выравниваться.

Продолжительность охлаждения тушки кролика соответствует 6,75 часа, процесс охлаждения протекает очень медленно, что в условиях производственной линии будет неэффективно.

Для увеличения скорости охлаждения тушки был проведен эксперимент с принудительной конвекцией воздуха внутри аппарата. Скорость циркуляции воздушно-газовой среды в аппарате составляла 5 м/с. Термограмма процесса охлаждения тушки кролика в воздушно-газовой среде CO_2 с циркуляцией воздуха 5 м/с представлены на рисунке 3.22.

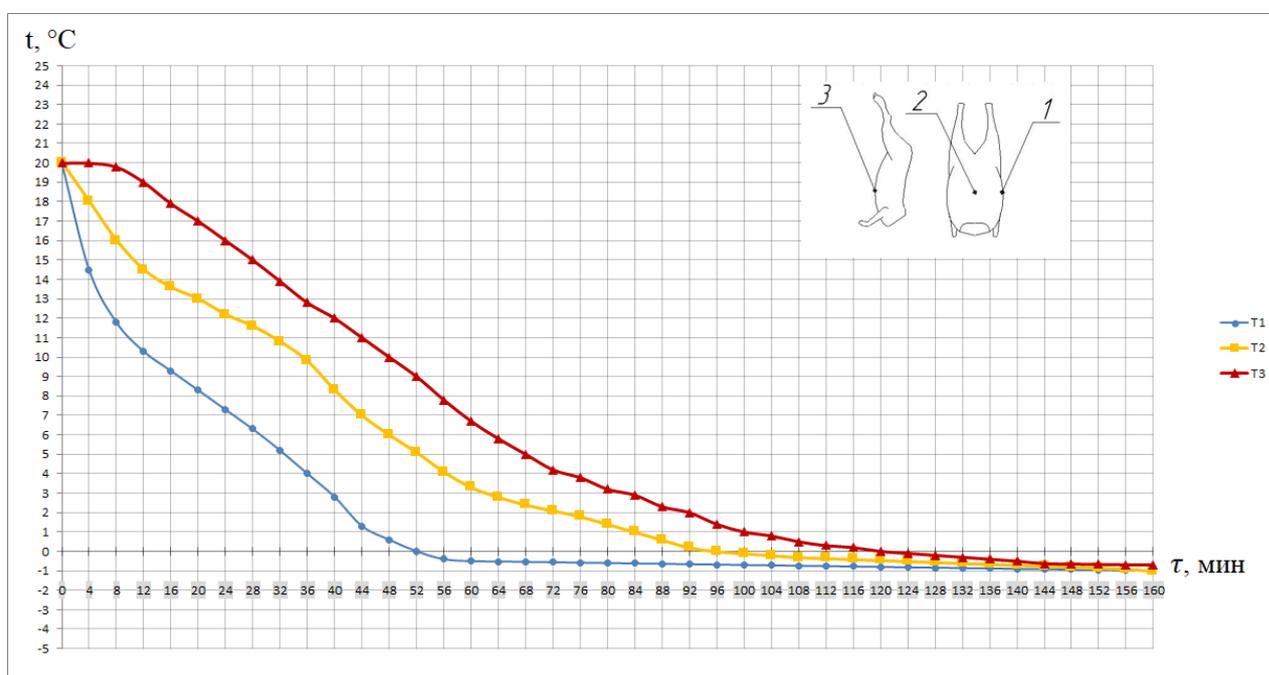


Рисунок 3.22 – Термограмма процесса охлаждения тушки кролика с циркуляцией воздушно-газовой среды 5 м/с

Благодаря циркуляции воздушно-газовой среды произошло снижение продолжительности охлаждения тушки кролика, время полного охлаждения до требуемой температуры составило 2,6 часа, что выше, в сравнении с предыдущим экспериментом.

При сравнении термограмм мы наблюдаем более интенсивное снижение температуры. На 0,25 часа температура поверхности тушки составляет 10 °C, а без циркуляции воздушно-газовой среды температура

устанавливалась на уровне 16 °С. Такую же зависимость можно наблюдать и при изменении температуры в различных слоях тушки кролика. Благодаря принудительной конвекции даже в толще тушки процесс охлаждения протекает намного интенсивнее. Данную динамику можно объяснить тем, что интенсивность отвода теплоты от тушки существенно выросла при использовании циркуляции воздушно-газовой среды в аппарате, что можно наблюдать на рисунке 3.23.

Через 1 час температура поверхности тушки уже стабилизируется и составляет 0,3 °С, что соответствует температуре в камере. По истечении 0,6 часа температура в слоях тушки выравнивается и достигает 1,1 °С. В конце процесса охлаждения температура тушки достигла значения 0,3 °С.

На рисунке 3.23 представлен график изменения плотности теплового потока при циркуляции воздушно-газовой среды 5 м/с.

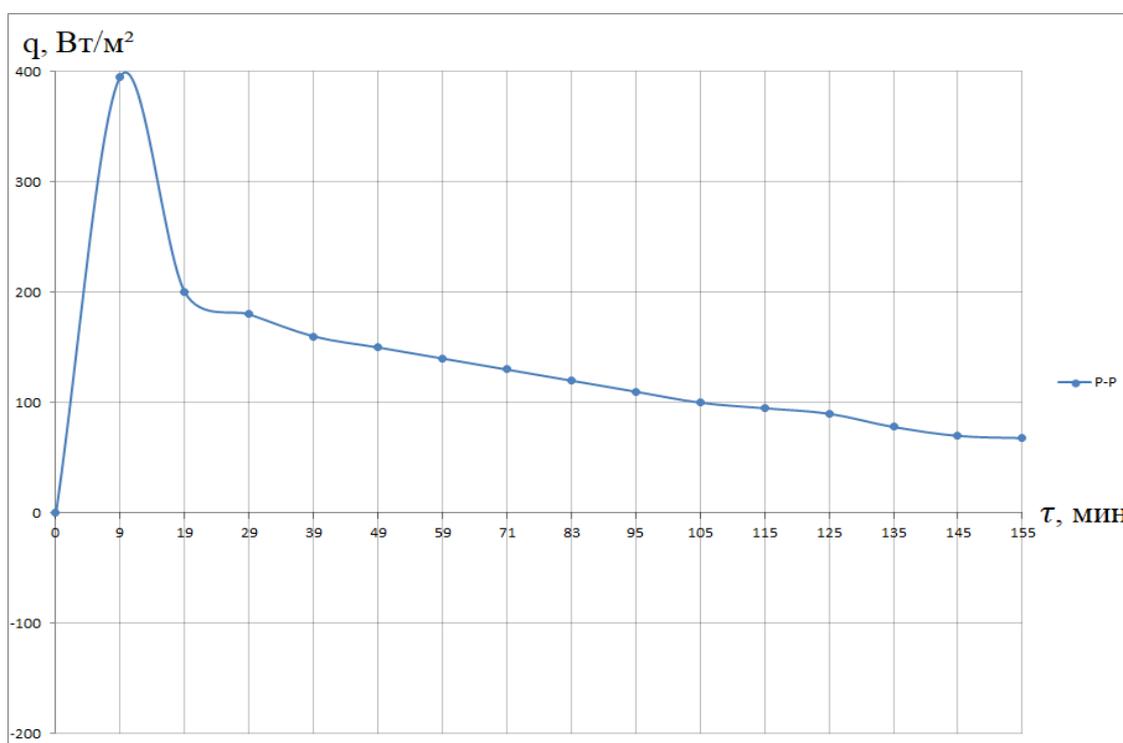


Рисунок 3.23 – График изменения плотности теплового потока при циркуляции воздушно-газовой среды 5 м/с

Максимальное значение плотности теплового потока составляет $q_{\max} = 400 \text{ Вт/м}^2$ на 7 минуте. Изменения теплового потока аналогично предыдущему эксперименту, но так как значения возросли, график плотности теплового потока располагается выше, это следствие более интенсивного отвода теплоты от поверхности тушки.

На рисунке 3.24 представлен коэффициент теплоотдачи при охлаждении мяса кролика в воздушно-газовой среде и циркуляции воздуха 5 м/с.

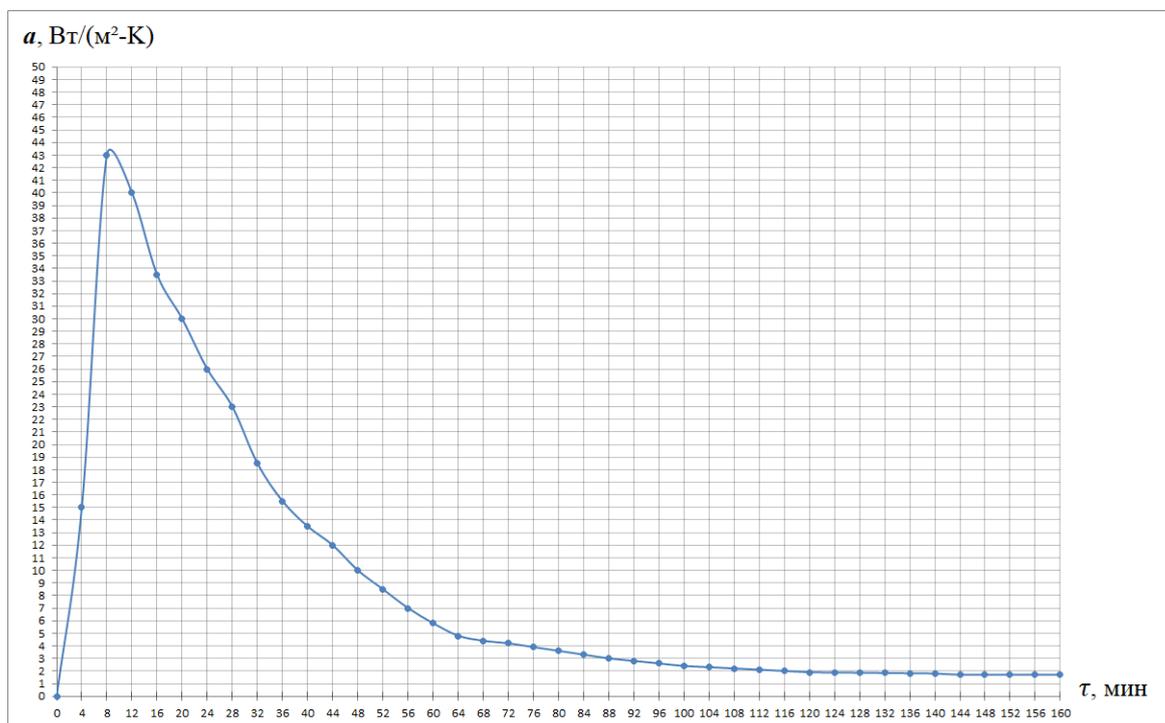


Рисунок 3.24 – График изменения коэффициента теплоотдачи при охлаждении тушки кролика с циркуляцией воздушно-газовой среды 5 м/с

Кривая графика изменения коэффициента теплоотдачи схожа с кривой охлаждения тушек без циркуляции воздушно-газовой среды, но максимальное значение коэффициента теплоотдачи будет достигать более высокого значения и составляет $\alpha_{\max} = 48 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, так же отличается и продолжительность достижения экстремума, которое соответствует 10 минутам. В отличие от предыдущего эксперимента падение значения

происходит на 15 минуте, после 2 часов коэффициент теплоотдачи стабилизируется.

Таким образом, при охлаждении мяса кролика в воздушно-газовой среде без принудительной циркуляции воздуха, время полного охлаждения мяса составило 6,75 часа, а благодаря принудительной циркуляции оно сократилось до 2,6 часа. Соответственно, для охлаждения крольчатины в условиях производственной линии в целях увеличения оборачиваемости и снижения расхода диоксида углерода рекомендуем использовать камеры с принудительной циркуляцией воздушно-газовой среды. При этом необходимо учесть затраты на привод вентиляторов и усушку продукта.

Результаты исследований по охлаждению мяса кролика массой $2 \pm 0,15$ кг в контактном аппарате с циркуляцией воздушно-газовой среды от 0 до 10 м/с представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Экспериментальные данные по охлаждению мяса кролика

Масса тушки кролика, (кг)	Масса CO ₂ , (кг)	Продолжительность холодильной обработки, (мин)	Тем-ра в камере, (°C)	Скорость циркуляции воздушно-газовой среды, (м/с)	Достигаемая средняя объемная тем-ра, (°C)
1	2	3	4	5	6
$2 \pm 0,15$	$0,230 \pm 0,05$	$98,3 \pm 2,0$	0 ± 2	10	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,290 \pm 0,05$	$120,0 \pm 2,0$	0 ± 2	8	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,610 \pm 0,05$	$160,0 \pm 2,0$	0 ± 2	5	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,680 \pm 0,05$	$260,6 \pm 2,0$	0 ± 2	3	$1,0 \pm 0,5$
$2 \pm 0,15$	$0,760 \pm 0,05$	$405,0 \pm 2,0$	0 ± 2	0	$1,0 \pm 0,5$

Таким образом, анализ данных таблицы 3.13 показывает, что 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.

3.8 Исследование процесса теплообмена при низкотемпературном консервировании мяса кролика диоксидом углерода в условиях транспортировки

Одним из важных звеньев при производстве и реализации продукции агропромышленного комплекса является транспортировка. При несоблюдении нормативных требований или использовании оборудования и технологий низкого качества не способных обеспечить нормируемые параметры в грузовых объемах возникают существенные потери продукции АПК [21, 44, 71, 96].

Применение диоксида углерода в качестве холодильного агента в процессе транспортировки мяса представляет собой перспективную альтернативу привычным фреонам. Примечательно, что при использовании диоксида углерода в прямом взаимодействии с продуктом заметно уменьшается потеря массы мяса из-за дегидратации, а воздушно-газовая среда, образующаяся в процессе сублимации снегообразного CO_2 , в существенной мере предотвращает ухудшение качества мяса во время перевозки [3, 19, 28, 47, 77, 98, 111, 222, 224, 225].

В рамках эксперимента решается задача определения зависимости изменения температурного поля тушки, как по толщине, так и во времени, а также плотности тепловых потоков при транспортировке, охлаждаемой в среде диоксида углерода крольчатины. При транспортировке определялась температура в теплоизолированном контейнере воздушно-газовой среды диоксида углерода.

С использованием термопар и датчика для измерения плотности теплового потока, были проведены измерения в нескольких точках: на наружной поверхности (1 мм); внутри мяса (7 мм); внутри мяса (15 мм); в

области окорока тушки кролика; а также внутри изолированной камеры для холодильной обработки. Кроме того, в области окорока тушки было произведено измерение плотности теплового потока.

Дополнительно, стоит отметить, что нормативный диапазон для охлаждения тушки кролика составляет от 4 °С до минус 1,5 °С [55].

Внутрь контейнера была внесена определенная масса снегообразного диоксида углерода в размере $3,5 \pm 0,05$ кг. Схематическое изображение размещения термопар и термограмма, иллюстрирующая процесс охлаждения тушки массой $1,3 \pm 0,15$ кг, представлены на рисунке 3.19. В данном случае температура окружающей среды поддерживалась на уровне 10 °С.

Продолжительность полной сублимации диоксида углерода, составила 18,5 часов. Что касается достижения заданной температуры охлажденной крольчатины, то продолжительность составила 0,75 часа.

Полученная термограмма на рисунке 3.25 позволяет сделать вывод, что за 2,5 часа все слои в окороке тушки интенсивно охлаждаются благодаря высокой разнице температур воздушно-газовой среды и тушки кролика относительно разницы температур в оставшееся время охлаждения.

Через 2,5 минут после начала процесса охлаждения температура наружного поверхностного слоя окорока тушки кролика стабилизируется и сохраняется до 18,5 часов. Это обусловлено тем, что сохранившийся к началу данного процесса снегообразный диоксид углерода сублимирует, отводя теплоту, которая поступает от окружающей среды через ограждающие конструкции внешнего теплоизолированного контура, снижает теплоотвод от тушки кролика.

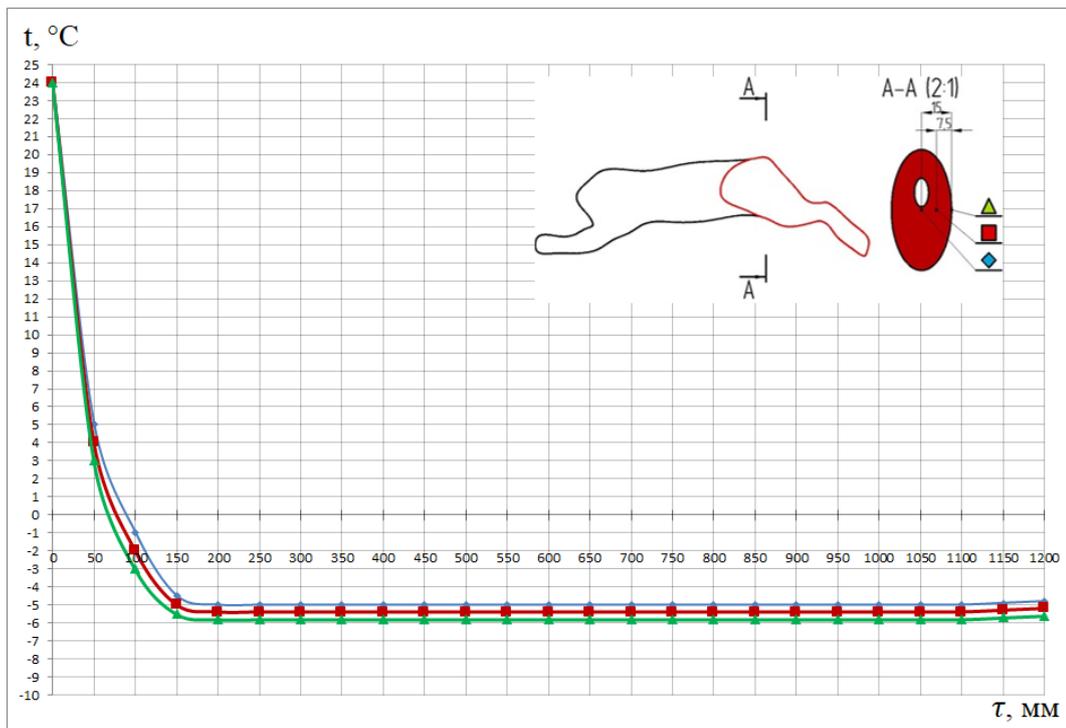


Рисунок 3.25 – Термограмма процесса охлаждения тушки кролика при температуре окружающей среды 10 °С

Изменение температуры в среднем сечении мышц окорока аналогично наружным поверхностным слоям. Вместе с тем время достижения постоянной температуры оказалось на 0,5 часа больше. Это объясняется термическим сопротивлением в толще мышечной ткани, находящейся между наружным поверхностным слоем и слоем среднего сечения, для отвода теплоты от которого требуется более длительное время.

Аналогично термическим сопротивлениям в толще мышечной ткани между наружным поверхностным слоем и слоем мышц, которые располагаются у костей, объясняется тот факт, что разница времени перехода процесса интенсивного охлаждения тушки кролика в стадию постоянной температуры по сравнению с толщиной мышц окорока в среднем сечении составляет 0,4 часа.

На момент окончания сублимации углекислоты температура в толще мышц окорока прилегающей к костному скелету тушки составила минус 5 °С, а температура толще мышц окорока в среднем сечении определяется в

пределах минус 5,4 °С. Охлаждение наружного слоя происходит вполне эффективно и к окончанию процесса сублимации равна минус 5,8 °С.

Таким образом, при заданной температуре транспортировки, равной 10 °С, и определенной массе снегообразного диоксида углерода, которая составляет $3,5 \pm 0,05$ кг, все слои окорока тушки подвергаются охлаждению до температур ниже минус 1,5 °С, что нарушает ГОСТ (55). Снегообразный диоксид углерода к 18,5 часам сублимирует, теплоприток, который возникает через внешний теплоизолированный контур, повышает температуру газовой среды CO₂. По этой причине во всех слоях окорока крольчатины температура начинает повышаться. Вследствие чего требуется корректировка подачи снегообразного диоксида углерода в контейнер.

На рисунке 3.26 представлена зависимость плотности теплового потока в процессе охлаждения крольчатины массой $1,3 \pm 0,15$ кг. Этот процесс осуществляется за счет сублимации снегообразного CO₂, засыпанного в промежуточное пространство между камерами в контейнере, при температуре окружающей среды, равной 10 °С.

Проанализировав данные эксперимента, делаем вывод, что среднеинтегральное значение плотности теплового потока $q_{\text{ср}} = 50$ Вт/м², а максимальное значение плотности теплового потока составляет $q_{\text{max}} = 205$ Вт/м².

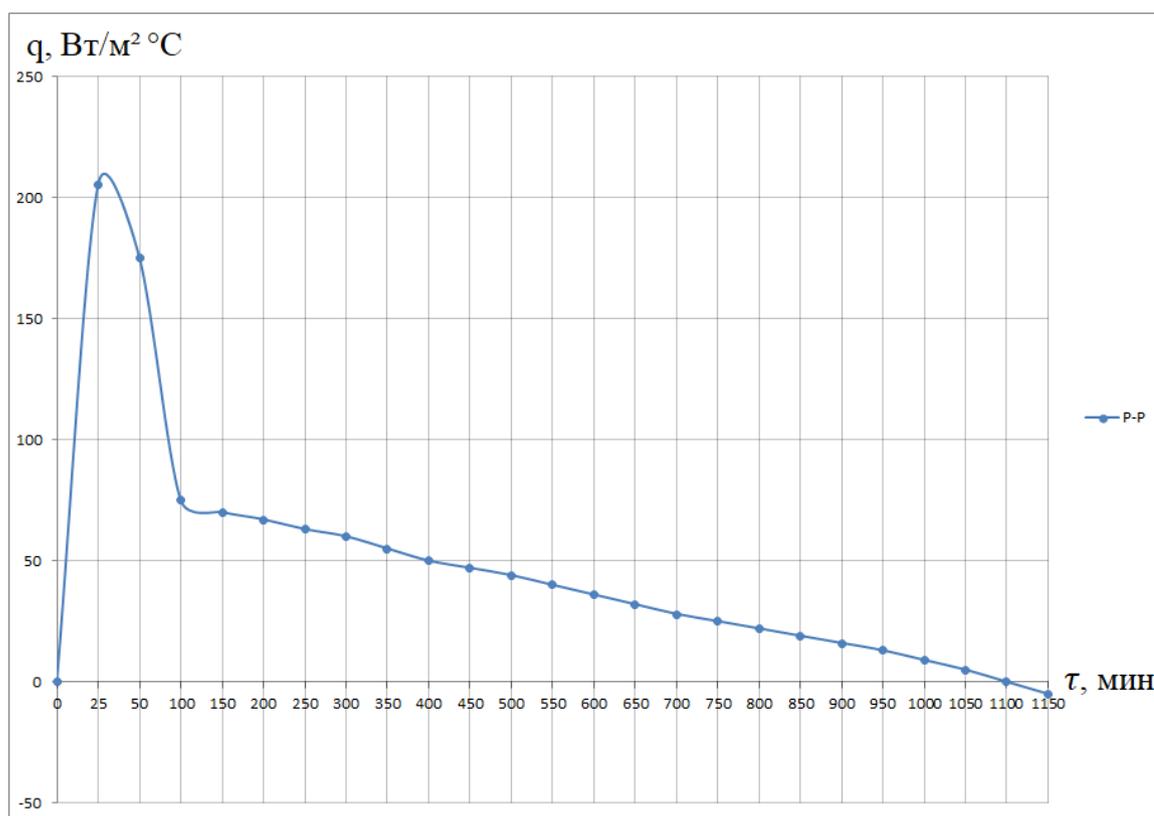


Рисунок 3.26 – График изменения плотности теплового потока охлаждения тушки кролика при температуре окружающей среды 10 °С

Плотность теплового потока растет до максимального значения в течение первого 0,5 часа охлаждения тушки. Это объясняется максимальной разностью температур между внутренней поверхностью тушки и диоксидом углерода, и интенсивностью процесса теплоотвода.

Далее, с 0,5 по 2 час, наблюдается резкое падение значения плотности теплового потока. Это обусловлено интенсивным снижением температуры тушки кролика. С 2 по 18,5 час, до окончания сублимации, плотность теплового потока, которая прямо пропорциональна градиенту температур между поверхностями теплообмена (закон Фурье), стремится к нулевому значению [29].

В период с 18,5 часов температура тушки кролика увеличивается, в то же время плотность теплового потока принимает отрицательные значения, в соответствии с завершением процесса сублимации, загруженного в полость между теплоизолированными контурами снегообразного диоксида углерода.

Графическое представление изменения коэффициента теплоотдачи в процессе охлаждения наружной поверхности кролика массой $1,3 \pm 0,15$ кг с использованием снежного двуоксида углерода при температуре окружающей среды 10°C продемонстрировано на рисунке 3.28.

Данные диаграммы рассчитаны по формуле Ньютона-Рихмана.

Тепловой поток определяется по формуле [29]:

$$q = \alpha \cdot \Delta t. \quad (3.1)$$

Выражаем коэффициент теплоотдачи. Используя полученные значения, строим диаграмму.

$$\alpha = q/\Delta t, \quad (3.2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$;

Δt – разность температур на поверхности тушки и температуры среды.

Максимального значения тепловой поток от тушки кролика достигает в первые 0,5 часа эксперимента, следовательно, в данный период значение коэффициента теплоотдачи аналогично и доходит до своего максимума. Затем следует резкое снижение значения коэффициента теплоотдачи, так как с 0,5 по 2 час разница температур между газообразной средой диоксида углерода и тушкой кролика стремительно снижается. После чего с 2 по 18,5 часов разность температур постепенно уменьшается. В соответствии с этим значение коэффициента теплоотдачи приближается к нулевому значению.

Начиная с 18,5 часов значение коэффициента теплоотдачи принимает отрицательное значение. Это связано с полным завершением процесса сублимации снегообразного диоксида и повышением температуры тушки.

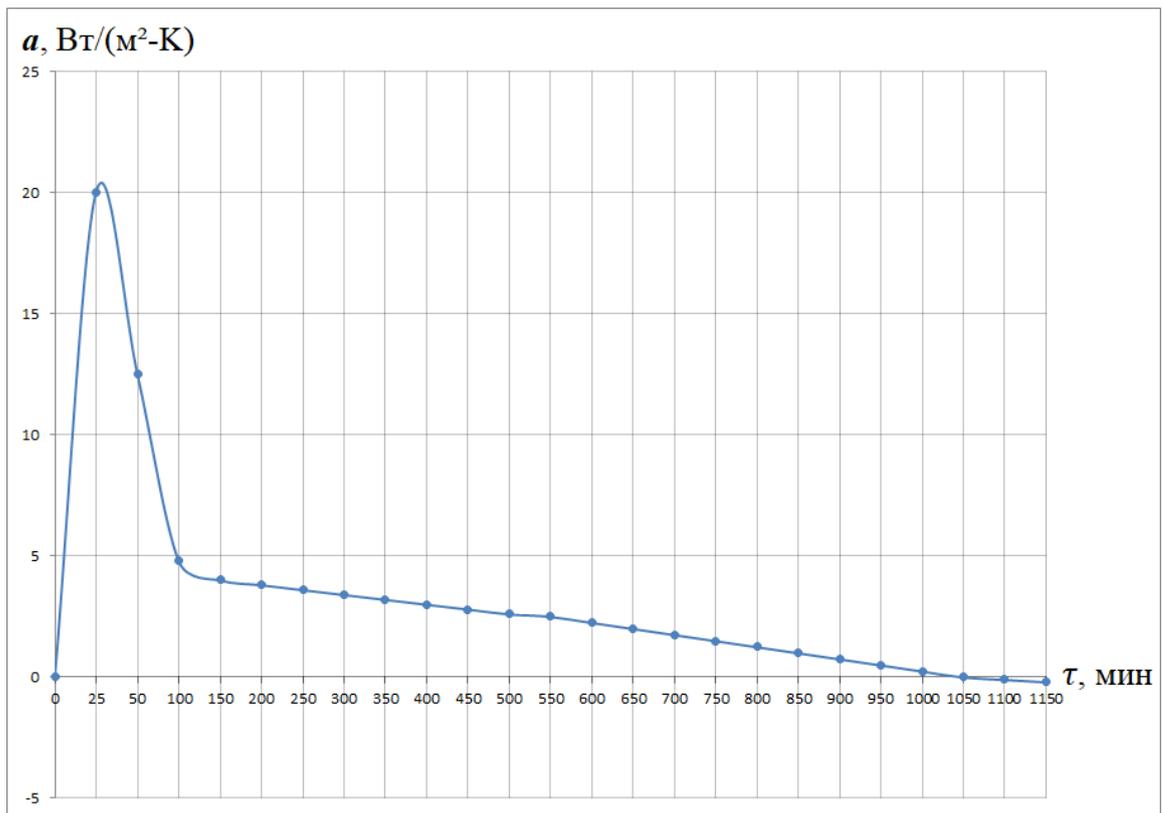


Рисунок 3.27 – График изменения коэффициента теплоотдачи охлаждения тушки кролика при температуре окружающей среды 10 °С

Систематическая оценка числовых показателей коэффициента теплоотдачи дает возможность выявить усредненное значение коэффициента теплоотдачи, равное 3,4 Вт/(м²×К). Максимальное значение коэффициента теплоотдачи, в свою очередь, составляет 20 Вт/(м²×К).

Следующая группа экспериментов была проведена при температуре окружающей среды 35 °С.

На рисунке 3.28 представлена термограмма охлаждения тушки кролика массой $1,3 \pm 0,15$ кг при температуре окружающей среды 35 °С, а также схема установки термопар.

Процесс полной сублимации диоксида углерода завершился к 7 часу эксперимента, в то время как нормируемая температура охлажденной крольчатины была достигнута в течение 4,6 часов.

Данная термограмма рисунка 3.28 демонстрирует, что в течение 5 часов продолжается процесс охлаждения всех слоев окорока тушки, интенсивность в котором аналогична предыдущим экспериментам.

Затем температура охлажденного наружного поверхностного слоя окорока тушки кролика переходит в стадию стагнации, которая сохраняется до 7 часов.

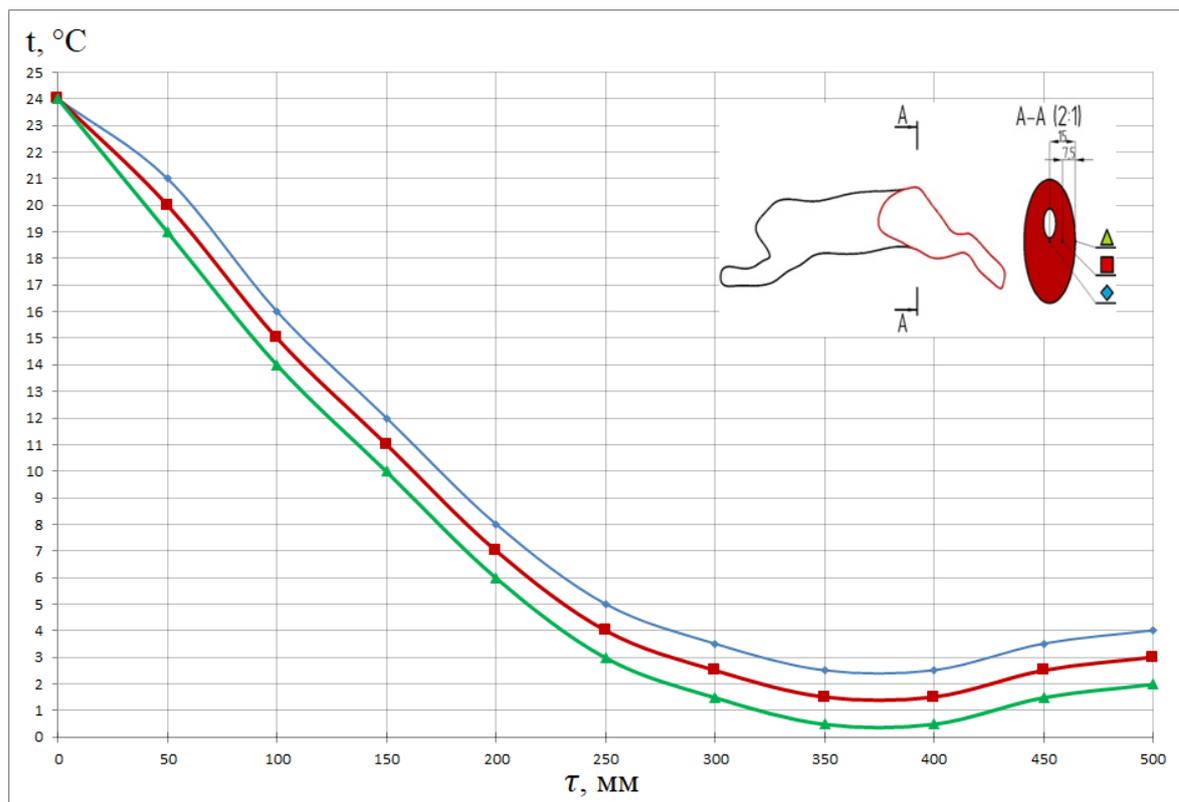


Рисунок 3.28 – Термограмма охлаждения тушки кролика при температуре окружающей среды 35 °С

Изменение температуры в толще мышц окорока в среднем сечении аналогична той, что демонстрируется в наружных поверхностных слоях, но величина постоянной температуры в тушки снижается и составляет всего 1,5 часа, а полная сублимация загруженного в контейнер снегообразного диоксида углерода сокращается в пределах 7 часов.

Аналогичны процессы охлаждения в толще мышц окорока у кости, в среднем сечении и на наружном поверхностном слое окорока тушки кролика.

Завершение сублимации углекислоты происходит при температуре в толще мышц окорока у костей в $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, чуть меньше температура в толще мышц окорока в среднем сечении $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, еще ниже температура наружного слоя $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Установлено, что нормативная температура охлажденной крольчатины достигается в каждом из слоев тушки.

Сублимация загруженного диоксида углерода завершается на 7 часе, а теплопритоки, проходящие через ограждающие конструкции внешнего теплоизолированного контура, обуславливают повышение температуры газовой среды CO_2 и повышение температуры всех слоев окорока тушки.

На рисунке 3.29 показано изменение плотности теплового потока при охлаждении тушки кролика массой $1,3 \pm 0,15\text{ кг}$ с подачей снегообразного CO_2 в межкамерную полость при $t_{\text{о.с.}} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Анализ данных эксперимента выявил, что среднеинтегральное значение плотности теплового потока $q_{\text{ср}} = 35\text{ Вт/м}^2$, максимум плотности теплового потока $q_{\text{max}} = 140\text{ Вт/м}^2$.

Максимум значения теплового потока достигает максимума, стремительно увеличиваясь в течение $0,5$ часа.

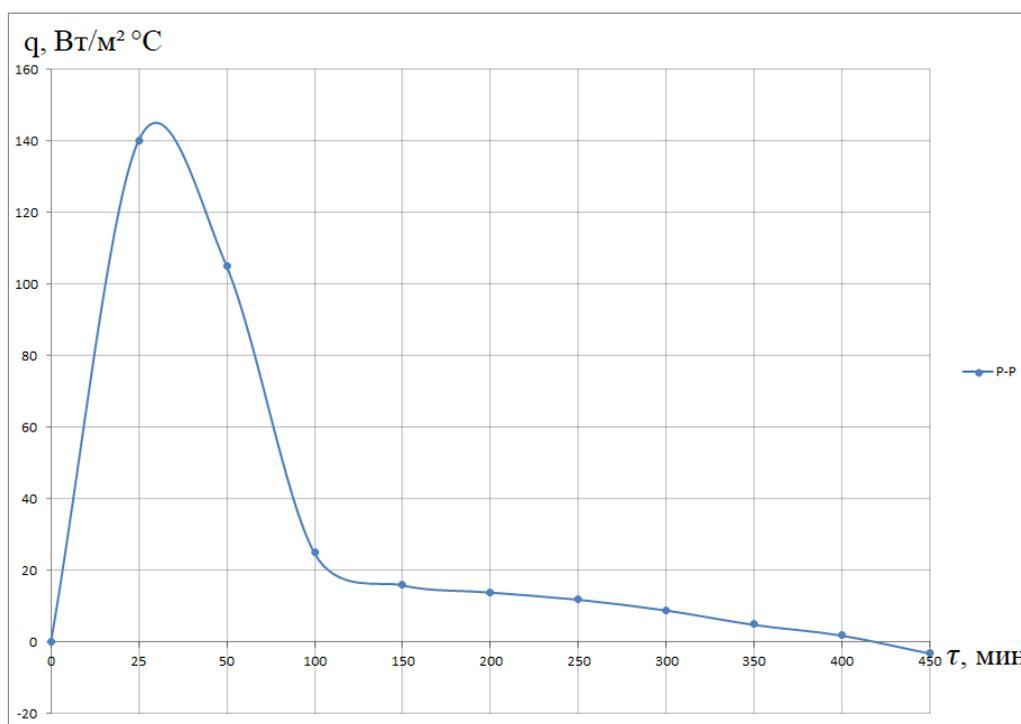


Рисунок 3.29 – Изменение плотности теплового потока охлаждения тушки кролика при температуре окружающей среды 35 °C

С 0,5 по 2 час резко снижается плотность теплового потока, так как температура тушки интенсивно снижается. Далее плотность теплового потока постепенно приближается к нулю, завершается сублимация загруженного снегообразного диоксида углерода в полость между теплоизолированными контурами.

Изменение коэффициента теплоотдачи при охлаждении наружной поверхности тушки массой $1,3 \pm 0,15$ кг при использовании воздушно-газовой среды с углекислым газом, при температуре окружающей среды 35 °C, представлено на рисунке 3.30.

Анализ графика изменения коэффициента теплоотдачи на рисунке 3.30 позволяет сделать вывод, что пиковое значение коэффициента теплоотдачи при резком увеличении достигается за 0,5 часа и соответствует изменению плотности теплового потока.

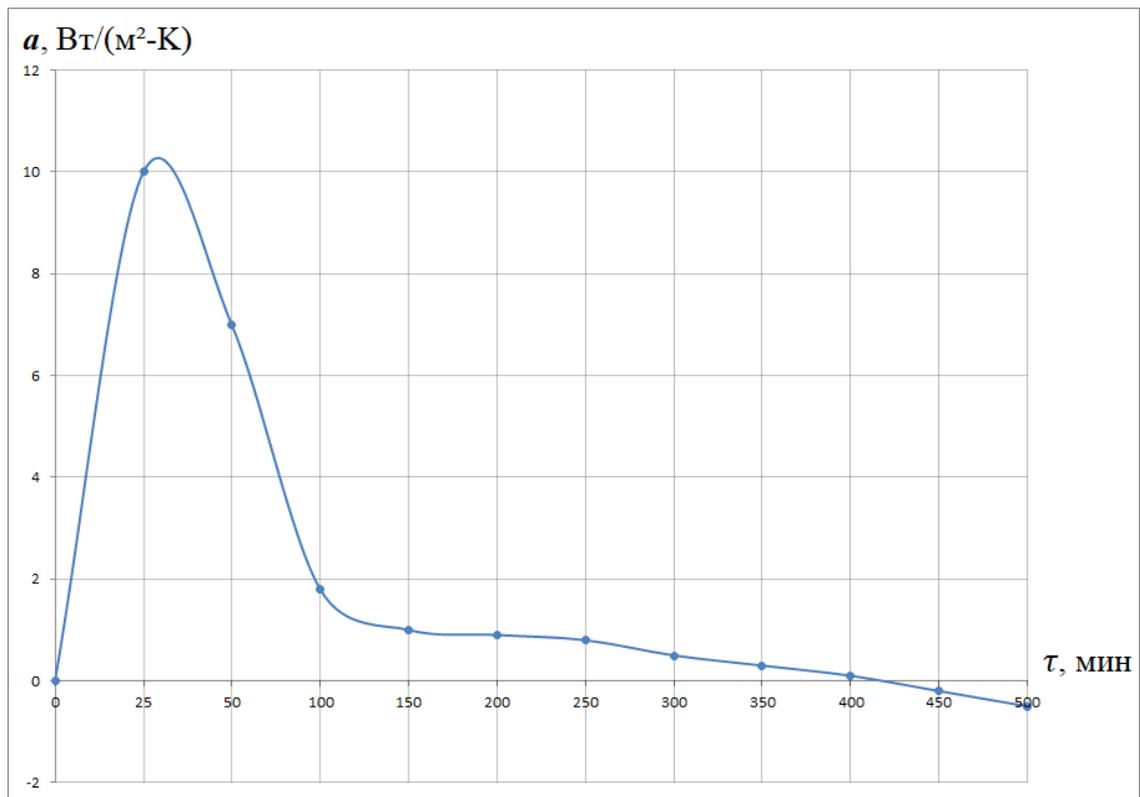


Рисунок 3.30 – Изменение коэффициента теплоотдачи охлаждения тушки кролика при температуре окружающей среды 35 °С

Затем, с 0,5 по 2 час, коэффициент теплоотдачи снижается посредством разницы температур между газообразной средой диоксида углерода и тушкой. Далее, сублимация снегообразного диоксида углерода завершается, коэффициент теплоотдачи приближается к нулевому значению. Среднее интегральное значение коэффициента теплоотдачи составляет 1,4 Вт/(м²×К). Максимум коэффициента теплоотдачи равен 10,1 Вт/(м²×К).

С целью выявления более широкого спектра режимов транспортировки тушек кролика проведены исследования в диапазоне температур окружающей среды от 10 до 35 °С.

Из анализа полученных в ходе проведенных экспериментов результатов возможно сделать заключение, что при повышении температуры окружающей среды на 5 °С пропорционально увеличивается значение теплопритоков через ограждающие конструкции внешнего теплоизолированного контура, а это приводит к увеличению скорости

процесса сублимации снегообразного диоксида углерода, что впоследствии приводит к снижению интенсивности процесса охлаждения тушки; отмечается увеличение времени, затрачиваемого на достижение данного уровня температуры на 30 минут.

Под воздействием повышения температуры окружающей среды, происходит снижение разности температуры между воздушно-газовой средой, содержащей диоксид углерода, и температурой охлаждаемой тушки кролика. Это снижение отрицательно влияет на характеристики плотности теплового потока. Кроме того, сокращение продолжительности, в течение которого поддерживается стабильный температурный режим, из-за более интенсивной сублимации снегообразного диоксида углерода, сказывается на значении плотности теплового потока, который более интенсивно снижается, приближаясь к нулевому значению.

На рисунке 3.31 представлена динамика изменения температуры в теплоизолированной камере при транспортировке мяса кролика в воздушно-газовой среде CO_2 , при различных температурах окружающей среды.

Из анализа термограммы на рисунке 3.32 становится очевидным, что при увеличении температуры окружающей среды наблюдается увеличение температуры воздушно-газовой среды CO_2 в теплоизолированной камере, что указывает на прямую зависимость между этими температурами. За счет повышения температуры окружающей среды увеличивается значение теплопритока через ограждающие конструкции внешнего теплоизолированного контура.

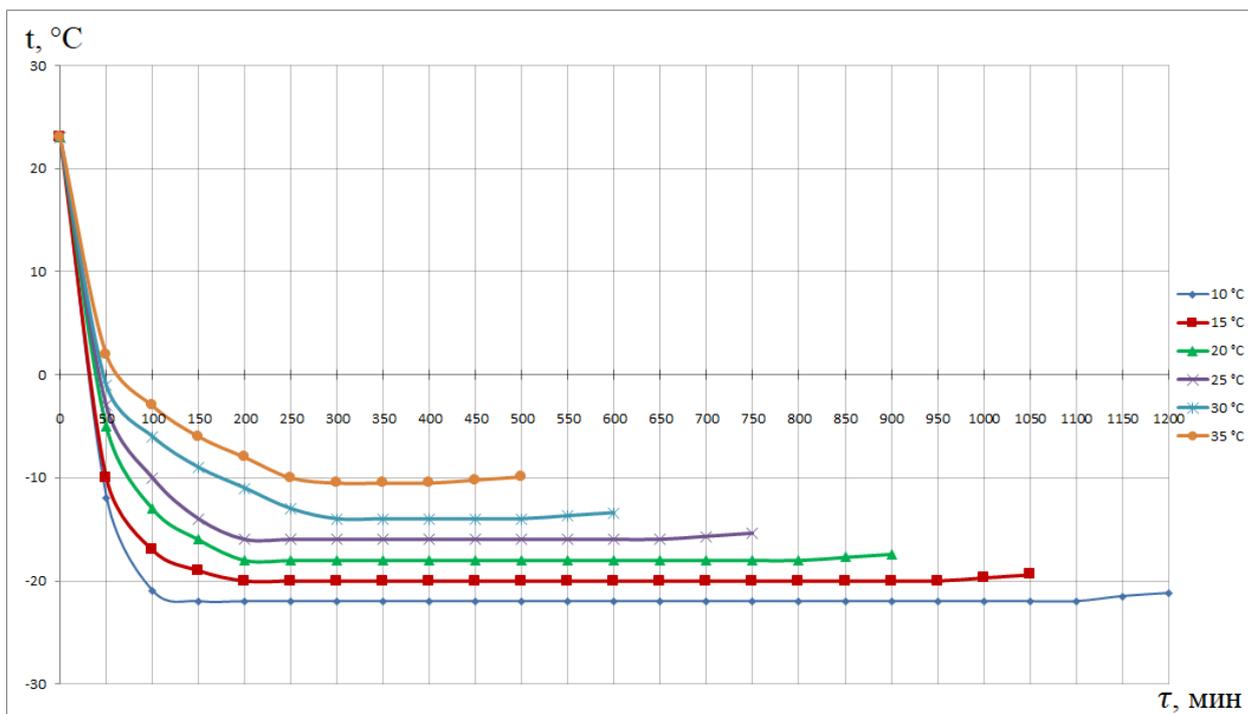


Рисунок 3.31 – Изменение температуры воздушно-газовой среды диоксида углерода во внутренней части теплоизолированной камеры при разных температурах окружающей среды

В первые 2,5 часа наблюдается интенсивное снижение температуры воздушно-газовой среды CO_2 , что обусловлено большой разностью начальной температуры воздушной среды внутри внешнего теплоизолированного контура и температуры снегообразного диоксида углерода.

В период времени с 2,5 до 18,5 часов наблюдается устойчивое протекание процесса охлаждения при постоянной температуре минус 22,5 °C. Далее процесс охлаждения тушки кролика замедляется, начинается сублимация оставшейся массы снегообразного диоксида углерода, направленной на компенсацию теплового потока через ограждающие конструкции внешнего теплоизолированного контура.

С 18,5 часа наблюдается отсутствие отвода тепла снегообразным CO_2 , что в конечном итоге приводит к повышению температуры воздушно-газовой среды к моменту завершения процесса сублимации общей массы снегообразного диоксида углерода.

Значительное уменьшение температуры воздушно-газовой среды при различных температурах окружающей среды (15 °С, 20 °С, 25 °С, 30 °С и 35 °С) происходит последовательно в первые 3; 3,5; 4; 4,5 и 5 часов соответственно. Следует отметить устойчивость режима охлаждения при разных температурах окружающей среды: при 15 °С температура воздушно-газовой среды поддерживалась на уровне минус 20 °С до 16 часов; при 20 °С составляла минус 17,7 °С и поддерживалась до 13,5 часов; при 25 °С составляла минус 15,4 °С в течение 11 часов; при 30 °С составляла минус 13 °С до 8,5 часов; при 35 °С – в течение 7 часов с момента завершения процесса, температура воздушно-газовой среды достигала минус 11 °С.

Повышение температуры воздушно-газовой среды диоксида углерода характеризует окончание стадии стабильного протекания процесса. В данный период завершается сублимация всей массы загруженного снегообразного диоксида углерода, а теплопритоки через ограждающие конструкции внешнего теплоизолированного контура повышают температуру воздушно-газовой среды диоксида углерода.

Проанализировав полученные данные экспериментов процесса охлаждения крольчатины в среде снегообразного диоксида углерода, возможно, сделать вывод, что расстояние транспортировки увеличивается с понижением температуры окружающей среды. Для предотвращения подмораживания крольчатины, следует учитывать непосредственное влияние снижения температуры окружающей среды на уменьшение массы загружаемого снегообразного диоксида углерода в контейнеры для транспортировки.

3.9 Влияние диоксида углерода на качество мяса кролика при низкотемпературном консервировании

Мясо кроликов является здоровой питательной пищей и выгодно отличается от других видов мяса вкусовыми и диетическими качествами.

Благодаря низкому содержанию жира и холестерина, с учетом высокой биологической ценности, нежной структуре мяса кролика, диетологи дают рекомендации к применению в рационе питания мясо кроликов при различных заболеваниях желудочно-кишечного тракта, желудка, желчных путей, печени, различных аллергиях, гипертонической болезни и т. д. [26, 32, 33, 34].

Мясо кроликов легко переваривается желудочными соками и в более полном объеме в отличие от говядины, свинины и баранины усваивается организмом человека. Очень полезно это мясо людям экстремальных профессий: водолазам, летчикам, спортсменам, работникам вредных производств, жителям загрязненных районов. Также полезно мясо кролика для людей, нуждающихся в полноценных белковых продуктах питания, детей дошкольного и подросткового возраста, кормящих матерей, престарелых, т. к. оно обладает высоким содержанием полноценного белка. Нутряной жир кроликов является биоактивным веществом, заживляющим раны. Применяется как смягчительное, противоаллергическое средство. Из него производят косметические и медицинские препараты [36, 38, 107, 110].

В мясе кролика присутствует такое вещество, как лецитин, который препятствует появлению атеросклероза. Оно содержит большее количество никотиновой кислоты, а также богато минеральными солями калия, кальция и фосфора, а также несомненным достоинством кроличьего мяса являются хорошие вкусовые качества [10].

Все приведенные достоинства кроличьего мяса максимально сохраняются при хранении и реализации его в охлажденном виде от минус 1,5 до 4 °С, но как известно срок хранения его при этом очень мал и составляет не более 5 суток [1, 47, 48, 55, 60].

Для увеличения срока хранения мяса в охлажденном виде нами предложена технология низкотемпературного консервирования мяса кролика, работающая по принципу непосредственного контакта газообразного диоксида углерода с мясом.

При холодильной обработке тушек кроликов в среде газообразного диоксида углерода проведена оценка изменения качественных характеристик в процессе хранения и транспортировки.

Тушки кроликов массой $1,3 \pm 0,15$ кг отбирали по окончании технологической обработки, на линии, спустя 45 мин с момента убоя. В качестве контроля использовали неупакованные тушки кроликов, уложенные в полимерные контейнеры, которые охлаждали в холодильной камере при температуре 0 °С воздушным способом. Время охлаждения тушек кролика от $30 \pm 0,5$ °С до среднеобъемной температуры $0 \div 4 \pm 0,5$ °С при охлаждении воздухом (контрольные образцы) составило 9 часов.

Опытные образцы охлаждали газообразным диоксидом углерода, полученным в результате сублимации снегообразного CO_2 , уложенного в специальные карманы, расположенные во внутренней полости теплоизолированного контейнера, который устанавливали на стеллажах в теплоизолированной камере при температуре $20 \pm 0,5$ °С.

Оценка качества тушек кроликов производилась по комплексу показателей: водосвязывающая способность (ВСС), кислотное и перекисное числа, активная кислотность и по микробиологическим и органолептическим показателям.

Для определения доли бактерий мезофильной группы, посеvy культивировали при температуре $30 \pm 0,5$ °С – 1–2 суток; психрофильной группы культивировали при температуре $4 \div 5 \pm 0,5$ °С в течение 14 суток. Определения бактерий группы кишечной палочки: сальмонелл, протей, токсигенных стафилококков, производили по общепринятой методике. Полученные из мышц тушек кроликов культуры микроорганизмов идентифицировали по определителю Берги устанавливали их видовую принадлежность.

В таблицах 3.14 и 3.15 отображены результаты исследований.

Анализ данных таблицы 3.14 показывает, что активная кислотность рН изначального сырья равнялась 6,57 ед. рН, это характерно для мяса с

нормальным течением послеубойного гликолиза. Минимальный рН наблюдался через одни сутки хранения, при этом охлаждение мяса кролика воздухом 5,58 и 5,49 – диоксидом углерода без упаковки и на вторые сутки 5,41 – диоксидом углерода в упаковке.

Таблица 3.14 – Физико-химические показатели мяса кролика

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

Уменьшение активной кислотности опытных образцов можно объяснить интенсивным охлаждением тушек и диффузией паров CO_2 в мясо кролика, что привело к торможению гликолитических превращений.

Далее при хранении можно наблюдать тенденцию к увеличению pH тушек, вне зависимости от способа, каким происходило охлаждение, но замечено, что снижение активной кислотности у опытных образцов более выражено, чем у образцов, взятых за контрольные.

При этом водосвязующая способность мяса кролика согласуется с динамикой изменения pH как у опытных, так и у контрольных образцов.

Согласно результатам изменения pH и ВСС можно сказать, что на этих этапах хранения наблюдаются автолитические процессы, которые связаны с разрешением стадии посмертного окоченения мяса кролика. Но после охлаждения мяса кролика диоксидом углерода скорость протекания автолитических процессов замедляется.

Согласно результатам экспериментов степень влияния способов охлаждения мяса кролика, которые были рассмотрены, на окислительные и гидролитические изменения жира различна. Например, содержание свободных жирных кислот кроличьего жира тушек, охлаждение которых происходило воздухом, к 3 суткам хранения имело максимально допустимые значения кислотного и перекисного чисел, у тушек кролика, охлажденных CO_2 это было получено к восьмым суткам хранения.

Таблица 3.15 – Микробиологические показатели 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	-	-	$0,147 \times 10^6$	-	-	$0,43 \times 10^5$

Данные, представленные в таблице 3.15, свидетельствуют о том, что применение диоксида углерода для холодильной обработки тушек кролика способствует получению лучших микробиологических показателей продукта, чем при традиционном способе хранения.

После суток хранения в мышцах тушек кролика, взятых за контрольный образец, были выделены $0,61 \times 10^4$ КОЕ/г мезофильных микроорганизмов и $0,18 \times 10^2$ КОЕ/г – психрофильных, у опытных образцов, охлаждаемых без упаковки, соответственно, $0,69 \times 10^3$ и $0,14 \times 10^1$ КОЕ/г, а в упаковке – $0,64 \times 10^3$ и $0,10 \times 10^1$ КОЕ/г. Можно сделать выводы, что диффузия паров диоксида углерода к наружным слоям мяса кролика производит ингибирующее действие на дальнейшее развитие микроорганизмов.

При дальнейшем хранении можно было заметить, что значительный рост бактерий в мышцах тушек кроликов происходил там, где охлаждение осуществлялось традиционным способом. Через трое суток хранения, количество м/о мезофильной группы у образцов контрольной группы увеличилось до $0,49 \times 10^6$ КОЕ/г, а у опытных – только до $0,89 \times 10^3$ КОЕ/г без упаковки, а в упаковке еще ниже – $0,82 \times 10^3$.

Контрольные образцы тушек кролика через трое суток обладали неприятным запахом, на поверхности тушек появилась слизь. Из-за явной порчи образцов дальнейшее их хранение было прекращено. Полученная из тушек микрофлора представляет собой бактерии *Pseudomonas*, рода *Proteus*, группа бактерий кишечной палочки, гнилостными спорообразующими бактериями группы *Bac. subtilis-mesentericus*,

нетоксигенными стафилококками, плесневыми грибами рода *Mucor*, *Aspergillus*.

В тушках без упаковки, которые использовались в экспериментах, по истечении пяти суток в одном грамме мышц количество мезофильных бактерий составило $0,324 \times 10^4$ КОЕ/г, психрофильных – $0,85 \times 10^4$ КОЕ/г, а в упакованных тушках, соответственно, $0,219 \times 10^4$ КОЕ/г и $0,78 \times 10^4$. Согласно органолептическим характеристикам рекомендовано дальнейшее хранение образцов. Через неделю неупакованные тушки кроликов стали источать неприятный запах, на поверхности образовалась слизь. В упакованных тушках такое явление зафиксировано на восьмые сутки. Поэтому, из-за явной порчи хранение опытных образцов прекращено.

Согласно результатам исследований, охлаждение мяса кролика диоксидом углерода приводит к замедлению автолитических процессов, а также снижению размножения микроорганизмов в тушке кролика в процессе хранения, что позволяет увеличить срок хранения неупакованных тушек до пяти суток, а упакованных – до шести суток.

3.10 Органолептические показатели мяса кроликов при охлаждении в среде диоксида углерода

С целью детального анализа воздействия диоксида углерода на характеристики мяса кроликов была проведена органолептическая оценка исследуемых образцов.

Оценка мяса кроликов после хранения в среде диоксида углерода в течение 5 суток включала: определение внешнего вида, консистенции и запаха, вкуса, определение состояния жира и сухожилий, костного мозга, приготовление бульона из мяса кроликов каждой исследуемой группы и определение качества этих бульонов. Контрольным образцом было мясо охлажденное традиционным способом и хранилось в течение 2 суток.

Полученные результаты показывают, что все группы тушек имели корку подсыхания, имеющую бледно-розовый оттенок. Поверхность свежего разреза оставалась влажной, прозрачный мясной сок присутствовал. Консистенция мяса была плотной, с быстрым восстановлением формы после нажатия. Жир был мягким и белого цвета. Естественный аромат присутствовал без посторонних запахов. Костный мозг полностью заполнял полость трубчатых костей, был упругим и имел желтый цвет, а при разрыве обладал блеском и не отделялся от краев кости. Сухожилия были упругими, а поверхности суставов гладкими и блестящими.

При варке мясной бульон – прозрачный, запах приятный специфический. На поверхности плавают крупные жировые пятна. Результаты органолептической оценки мяса (тушек) кроликов представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Результаты органолептической оценки мяса (тушек) кроликов

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Внешний вид и цвета: поверхности тушки	Имеет корочку подсыхания бледно-розового цвета	
покровной и внутренней жировой ткани	Желтовато-белого цвета	
серозной оболочки брюшной полости	Влажная, блестящая	
Мышцы 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	

Оценку качества образцов мяса кролика проводили по 9-балльной шкале, в соответствии с методическими указаниями по дегустации ВНИИМП и ГОСТ 9959- 2015. Результаты дегустационной оценки представлены на рисунке 3.32.

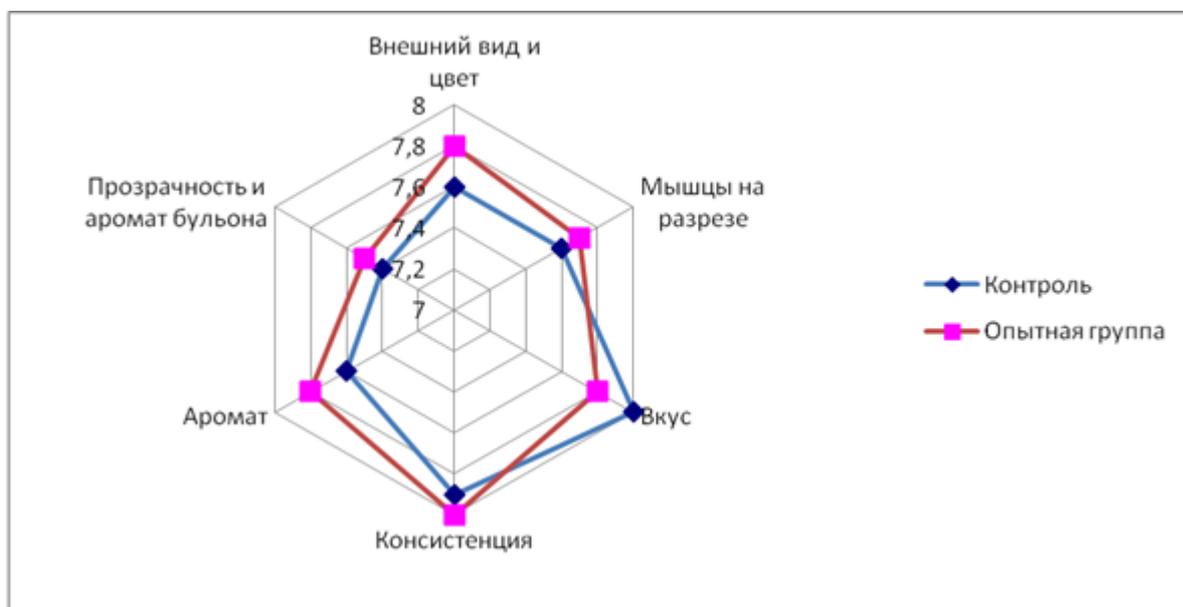


Рисунок 3.32 – Результаты органолептической оценки мяса (тушек) кроликов

Схожие высокие дегустационные показатели наблюдались в обоих образцах мяса кролика. Высокую дегустационную оценку получили показатели: внешний вид и цвет, вкус, прозрачность и аромат бульона.

Следовательно, применение диоксида углерода практически не влияет на органолептические показатели мяса кролика, но при этом срок хранения охлажденного мяса возрастает в 2,5 раза.

3.11 Показатели безопасности исследуемых образцов мяса кролика

В настоящее время особое внимание уделяется обеспечению безопасности продуктов питания, включая продукты животноводства. Одним из ключевых критериев для определения степени безопасности продуктов является наличие токсических элементов. В соответствии с этим направлением было проведено

исследование, оценивающее содержание токсичных элементов в мясе кроликов после их хранения в атмосфере диоксида углерода.

Существенную угрозу для здоровья потребителя продуктов питания представляют токсичные микроэлементы, которые могут попасть в продукты животноводства в результате разнообразных факторов, таких как кормление и условия содержания животных. Требования, установленные в Техническом регламенте Таможенного союза 021/2011 и Санитарных правилах и нормативах 2.3.2.1078-01, определяют предельно допустимые уровни безопасности пищевых продуктов. С целью обеспечения надлежащего контроля над производством продукции животноводства, данный раздел исследования направлен на оценку содержания токсичных элементов в образцах мяса. Результаты этих исследований представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Содержание токсичных элементов в исследуемых образцах мяса кроликов, мг/кг не более

Показатель	Группа		Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, мг/кг	Норма по СанПиН 2.3.2.1078-01
	Контрольная	Опытная		
Кадмий	0,006	0,005	0,05	0,05
Мышьяк	н/о	н/о	0,1	0,05
Ртуть	н/о	н/о	0,03	0,03
Свинец	0,04	0,03	0,5	0,5

По результатам проведенного анализа содержания токсичных веществ в пробах мяса кроликов можно сделать выводы, что отсутствие обнаруженных следов мышьяка и ртути, возможно, свидетельствует о незначительной концентрации или полном отсутствии указанных веществ. Концентрации кадмия и мышьяка в образцах мяса остаются в пределах

установленных норм, которые определены в соответствии с Гигиеническими нормативами Таможенного союза 021/2 и Санитарными правилами и нормами 2.3.2.1078-01.

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Обоснование технологических решений по организации производства белково-минеральной кормовой добавки

Правильная организация технологического процесса имеет большое значение. От этого зависит безопасность, высокая производительность, рентабельность предприятия, трудоемкость изготовления продукции, себестоимость продукции, экономический рост предприятия и многие другие технико-экономические показатели.

На рисунке 4.1 представлена общая схема технологического процесса производства белково-минеральной кормовой добавки. На этапе ПР4 происходит дозирование используемой зерносмеси, на технологическом этапе ПР5 – дозирование сопутствующих компонентов, которые представлены концентратом соединительнотканых белков и преципитатом (диоксид кальция). Дозирование происходит по разработанной рецептуре в расчете на 100 кг сырья.

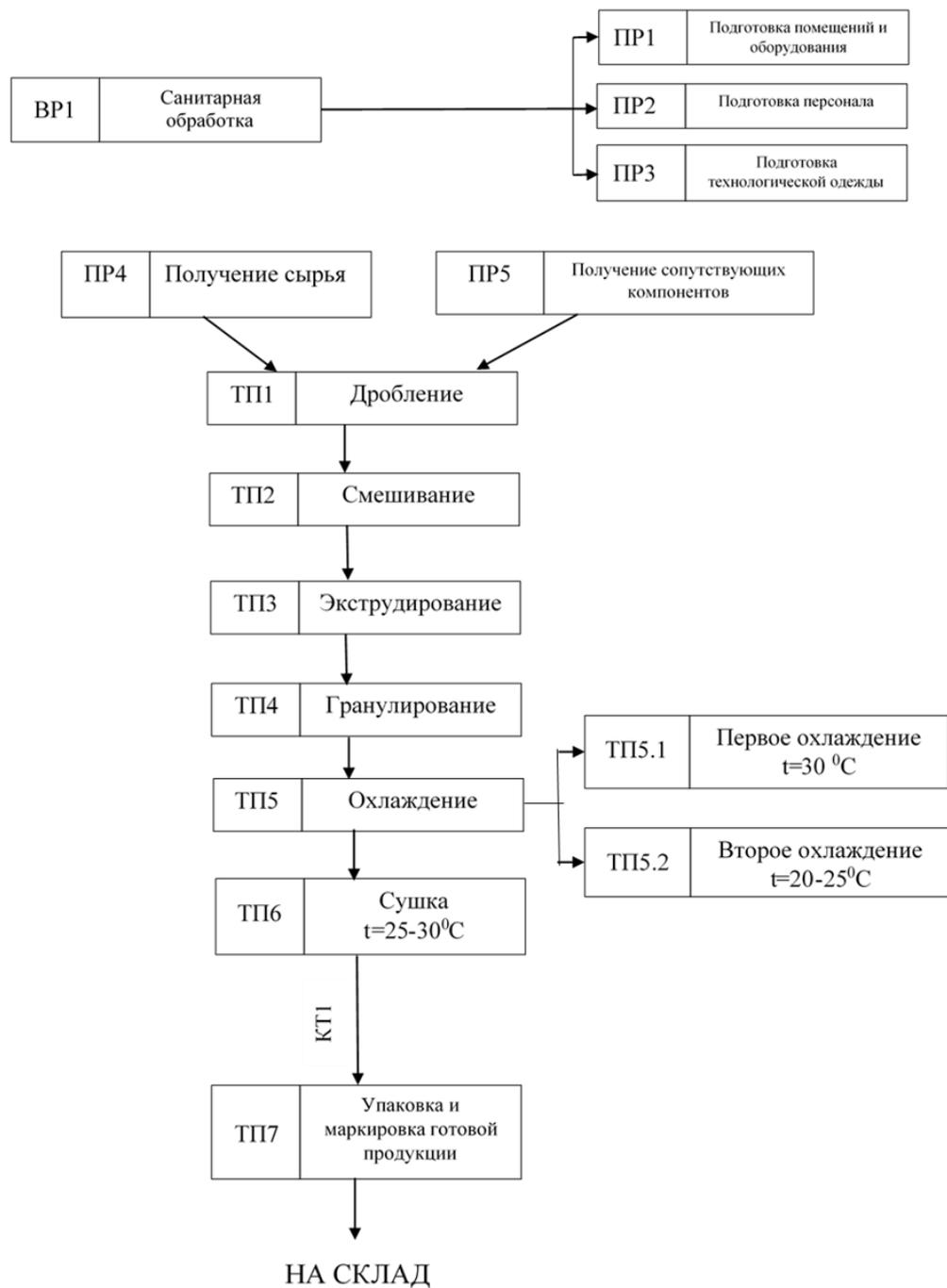


Рисунок 4.1 – Технологическая схема производства белково-минеральной кормовой добавки

Технологический процесс производства кормовых добавок состоит в следующем: компоненты зерносмеси привозятся автомобильным транспортом и выгружаются в завальный бункер (1), затем сырье поступает на транспортер шнековый (2), через норию (3) и транспортер скребковый (4),

перекидывается через клапан перекидной (5) в бункер основных компонентов (6), в котором накапливаются все сопутствующие компоненты согласно требуемой рецептуре кормовой добавки (ПР5).

После наполнения бункера основных компонентов (6), по транспортеру шнековому (7) смесь поступает в бункер-дозатор основных компонентов (8), перекидывается в бункер приемный (9), из приемного бункера смесь поступает в дробилку (10) (ТП1) и измельчается до размера частиц до 5 мм, дробленая смесь компонентов поступает в бункер над смесителем (11), затем поступает в смеситель (12) (ТП2), после смешивания измельченных компонентов, накапливается в бункере под смесителем (13), в котором смесь хранится до смешивания с преципитатом и диоксидом кальция.

Преципитат и диоксид кальция загружаются в бункер дополнительных компонентов (15), затем питателем винтовым (16) дозируются в бункер-дозатор компонентов (17), где концентрат и преципитат (диоксид кальция) взвешиваются.

Поступают компоненты зерносмеси по транспортеру шнековому (14). По транспортеру шнековому (18) и нории (19) преципитат и диоксид кальция с зерносмесью поступают в бункер промежуточный (20), из него по транспортеру шнековому (21) далее компоненты попадают в экструдер (22) (ТП3), где мгновенно экструдируются при температуре 180 °С.

После экструдирования по транспортеру шнековому (23) компоненты поступают в гранулятор (24) (ТП4) на гранулирование при температуре 50–60 °С.

Далее гранулы по транспортеру шнековому (25) поступают в колонну охлаждения (26), где охлаждаются до температуры 30 °С, затем гранулы поступают в охладитель (28), где мгновенно охлаждаются диоксидом углерода до температуры 20–25 °С. Далее гранулированные кормовые добавки поступают в сушилку (30), где сушатся до влажности 5–10 %. В соответствии с технологической схемой производства белково-минеральной кормовой добавки была разработана аппаратная схема производства.

Аппаратурная схема производства представлена на рисунке 4.2.

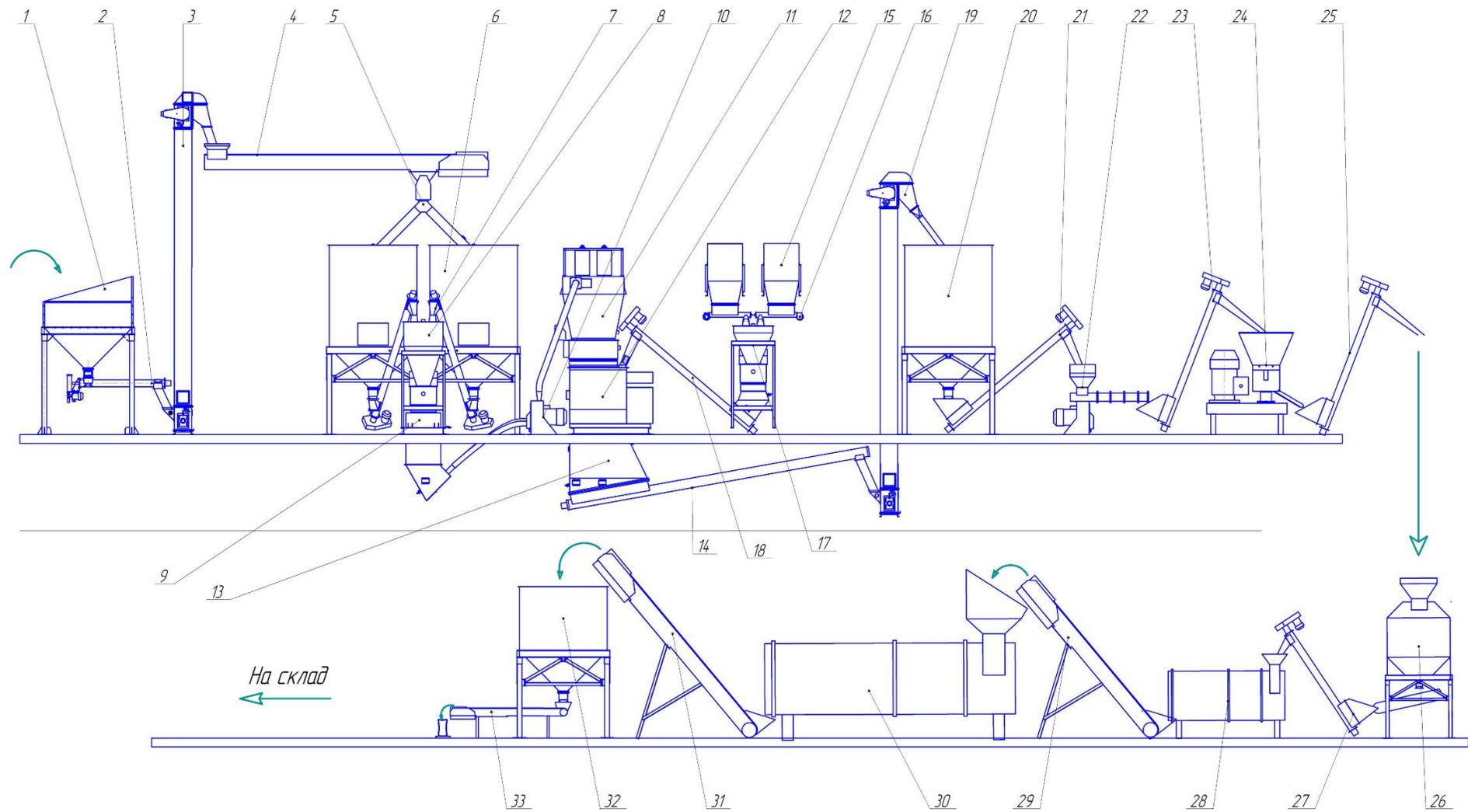


Рисунок 4.2 – Аппаратурная схема производства белково-минеральной кормовой добавки

4.2 Технологическое и аппаратное обеспечение обработки тушек кролика диоксидом углерода

Технологическая схема убоя и переработки кроликов представлена на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Технологическая схема убоя и переработки кроликов

Для осуществления холодильной обработки тушек кроликов с использованием диоксида углерода был разработан специализированный аппарат. Экспериментальные результаты внедрения этого аппарата на предприятии ООО «Алинкино» показали его высокую мобильность и способность легко интегрироваться в существующую технологическую линию по переработке крольчатины.

На рисунке 4.4 представлена структурная схема устройства, предназначенного для послеубойного охлаждения кроличьего мяса с использованием диоксида углерода. Такое конструктивное решение оптимизирует расход диоксида углерода и повышает его эффективное использование.

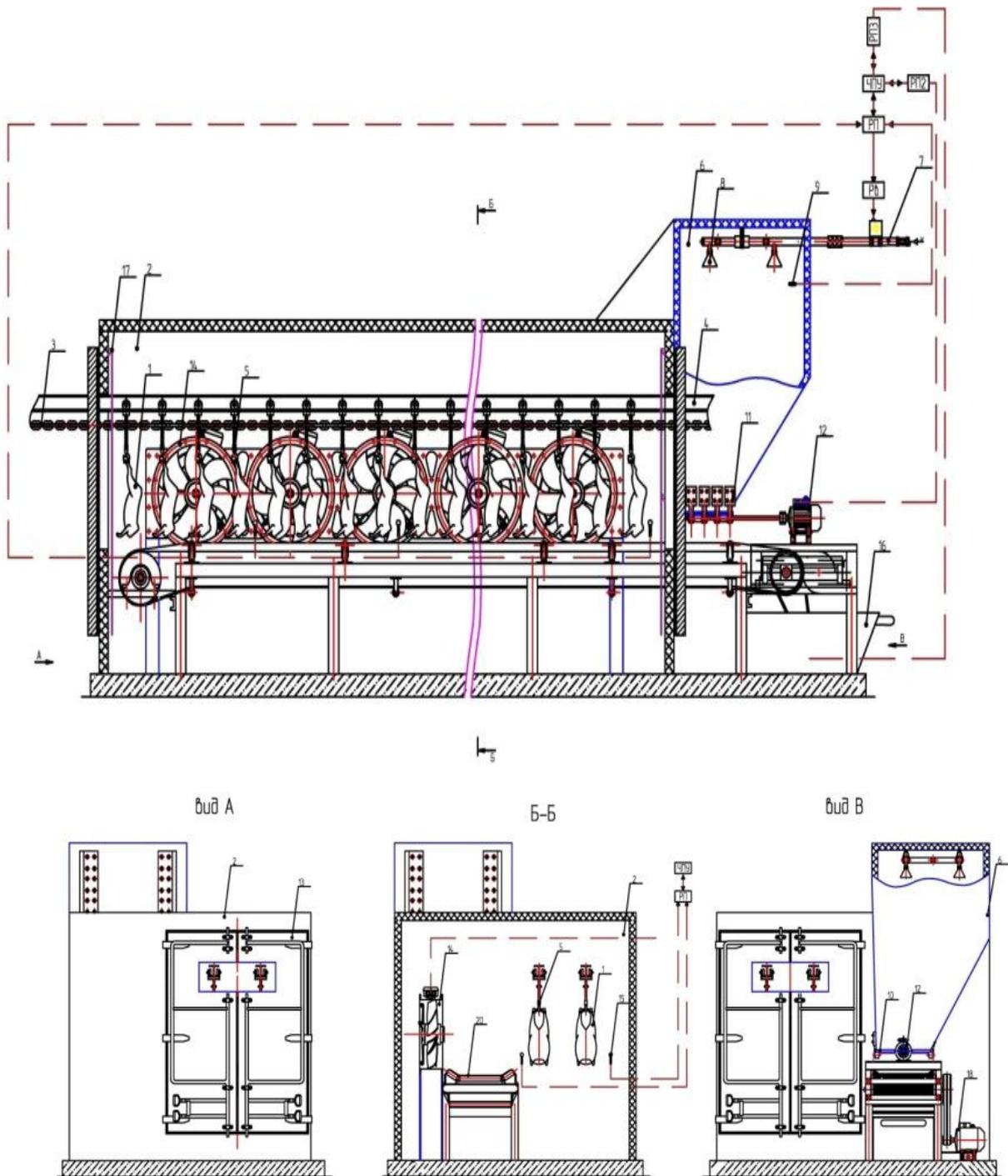


Рисунок 4.4 – Структурная схема устройства для послеубойного охлаждения кроличьего мяса с использованием диоксида углерода

Конструкция аппарата представляет собой теплоизолированную камеру (2), при этом внутренний корпус аппарата выполнен из листовой нержавеющей стали, в то время как внешний корпус изготовлен из листового алюминия. Между данными корпусами располагается изоляционный

материал. На противоположных фасадах внешней обшивки устройства размещены двери, обшитые листовым алюминием (13), и кроме того, имеются внутренние шторы (17) с целью усиления теплоизоляционных характеристик. Для перемещения тушек кролика (1) применяется механизированный цепной конвейер (3), который эффективно перемещает их, висящими на специальных крюках (5), по направляющей, изготовленной из дюралюминия, имеющей двутавровую форму (4).

Подача углекислого газа в теплоизолированную камеру осуществляется с использованием специализированных форсунок (8), размещенных на трубопроводе (7). Транспортировочный конвейер (20) перемещает не сублимированный снегообразный диоксид углерода в зону охлаждения, по средствам электродвигателя (18).

Для обеспечения циркуляции газа CO_2 внутри камеры, в аппарате интегрированы центробежные вентиляторы (14).

Аппарат работает по следующей технологической схеме. Тушки кролика (1) направляются внутрь теплоизолированной камеры (2) посредством цепного конвейера (3). Конвейер снабжен управляющей автоматикой (4), предназначенной для контроля передвижения тушек кролика (1) в зависимости от достигаемой тушкой температуры, которые подвешиваются на специализированных крюках (5).

Через систему трубопроводов (7) производится перемещение жидкого диоксида углерода, а для его подачи в теплоизолированную камеру используется ряд форсунок (8). В этих форсунках происходит дросселирование CO_2 , что ведет к превращению жидкого диоксида углерода в снегообразную фазу, а затем он направляется в специализированный резервуар (6). Система управления включает в себя датчик уровня снегообразного диоксида углерода (9), который передает сигнал для отключения поступления диоксида углерода на соленоидный клапан при достижении заданного уровня.

Механический регулятор (10) перемещается по направляющим роликам (11), которые управляются при помощи шагового двигателя (12). Снегообразный диоксид углерода, поступающий из бункера (6), перемещается в камеру охлаждения по средствам транспортировочного конвейера (20).

После введения снегового диоксида углерода и размещения тушек кролика в аппарате, двери (13) герметично закрываются. Включаются центробежные вентиляторы (14), направляющие воздушно-газовую смесь к тушкам кролика через конвейер с снегообразным CO_2 , что способствует понижению температуры мяса до диапазона (0...+4 °C).

Работу аппарата контролирует термодатчик (15), который регулирует интенсивность охлаждения и поддерживает необходимую температуру внутри камеры. В случае превышения нижней граничной температуры, датчик температуры передает сигнал для выведения диоксида углерода в контейнер (16).

По достижению заданной температуры в тушке кролика (1), она по конвейеру транспортируется к выходной двери, разгружается в контейнеры и отправляется на хранение, транспортировку или переработку.

Конструкция аппарата позволяет более эффективно использовать диоксид углерода и снижать продолжительность послеубойного охлаждения кроличьего мяса. Конструктивное оформление этого устройства позволяет его успешно интегрировать в традиционные производственные линии для обработки мяса кролика в условиях агропромышленного комплекса.

4.3 Транспортировка охлажденных тушек кролика в условиях газовой среды, модифицированной CO_2

Транспортировка пищевых продуктов представляет собой ключевой этап в цепи обработки сельскохозяйственной продукции, который варьирует по времени от нескольких часов до нескольких суток. Важным аспектом данного

процесса является поддержание определенных параметров среды в грузовом объеме, таких как температура и влажность внутри грузового пространства.

Современные методы перевозки пищевых продуктов включают специализированные средства транспорта – автомобили, поезда и суда, оборудованные холодильными установками.

В настоящее время для транспортировки пищевых продуктов получили широкое распространение авторефрижераторы с изотермическими кузовами, обеспечивающими охлаждение продуктов. Также распространены специально оборудованные контейнеры с установками, функционирующими на основе стандартных холодильных циклов, которые способны поддерживать заданный температурный режим внутри грузового отсека.

Достоинством данного метода транспортировки является неограниченная продолжительность доставки продукции, а температурный режим в грузовом объеме обеспечивается бесперебойной работой холодильной установки. Тем не менее этот плюс сопряжен с дополнительными энергозатратами, такими как привод компрессора холодильных систем. Более того, для интенсификации процесса холодильной обработки продуктов часто используется интенсивная циркуляция воздуха, что может вызывать потерю массы не упакованных продуктов [132, 133].

Для транспортировки некоторой продукции АПК или специфических грузов иногда требуется транспорт с временным источником холода в виде льда, снега и др. Достоинством такого транспорта является отсутствие энергетических затрат, но производство и транспортировка водного льда несет как экономические затраты, так и занимает часть полезного объема кузова транспортного средства, что снижает эффективность транспортного средства, кроме того, при таянии льда и снега образуется вода, которая ухудшает санитарные требования в объекте. В связи с этим и ужесточением требований к применению традиционных хладагентов и даже запрету применения их в холодильных установках для транспортировки мяса получает широкое

развитие разработка и применение систем и технологий, работающих на диоксиде углерода [207, 208, 211, 214, 217, 224, 225].

При использовании диоксида углерода в твердой фазе появляется возможность транспортировки пищевых продуктов на значительные расстояния без затрат дополнительной электроэнергии и минимальным затраченным объемом под хладагент, так как внутри камеры с продуктом во время транспортировки воздушно-газовой средой, полученной при сублимации снегообразного диоксида углерода, обеспечивается нормируемый температурный режим. Так же при транспортировке неупакованных продуктов с использованием снегообразного диоксида углерода можем наблюдать снижение усушки и минимальных значений ухудшения качества продукта [220, 222, 137, 140].

Был разработан и изготовлен прототип автомобильного кузова, предназначенного для транспортировки мяса кроликов. Система поддержания нормируемой температуры внутри кузова основана на процессе сублимации снегообразного диоксида углерода. Принципиальным аспектом данного подхода является обработка тушек кролика снегообразным диоксидом углерода внутри кузова. Для этого газ подается в снежной фазе во внутреннюю полость кузова с помощью форсунок через генератор газообразного CO_2 . Визуальное представление данного макета приведено на рисунках 4.5 и 4.6.

Корпус кузова изолирован теплоизолированным слоем (1). Внутренняя обшивка корпуса изготовлена из листовой нержавеющей стали, а наружная обшивка корпуса – из листового алюминия. Между обшивками уложена теплоизоляция. Внутренняя часть кузова разделена на отсеки (2), в которых происходит подача снегообразной углекислоты через форсунки (3). Подача CO_2 осуществляется через вентиль (4). По периметру кузова расположены роликовые направляющие (5) с целью обеспечения перемещения стальных ящиков (6) с теплоизолированными днищами в которые предварительно

загружена крольчатина (7). С целью предотвращения поступления теплопритоков внутренняя полость двери (9) кузова автомобиля также заполнена теплоизолированным материалом.

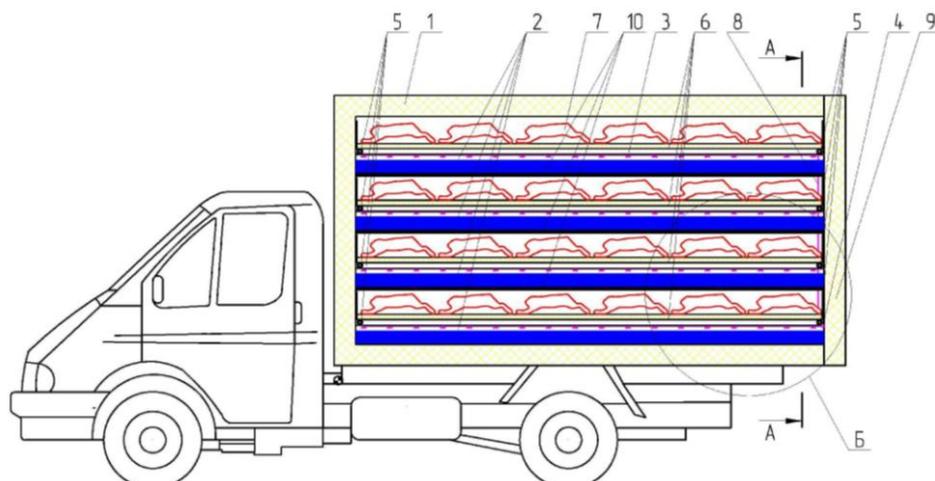


Рисунок 4.5 – Макет кузова автомобиля для транспортировки тушек кроликов, обработанных диоксидом углерода

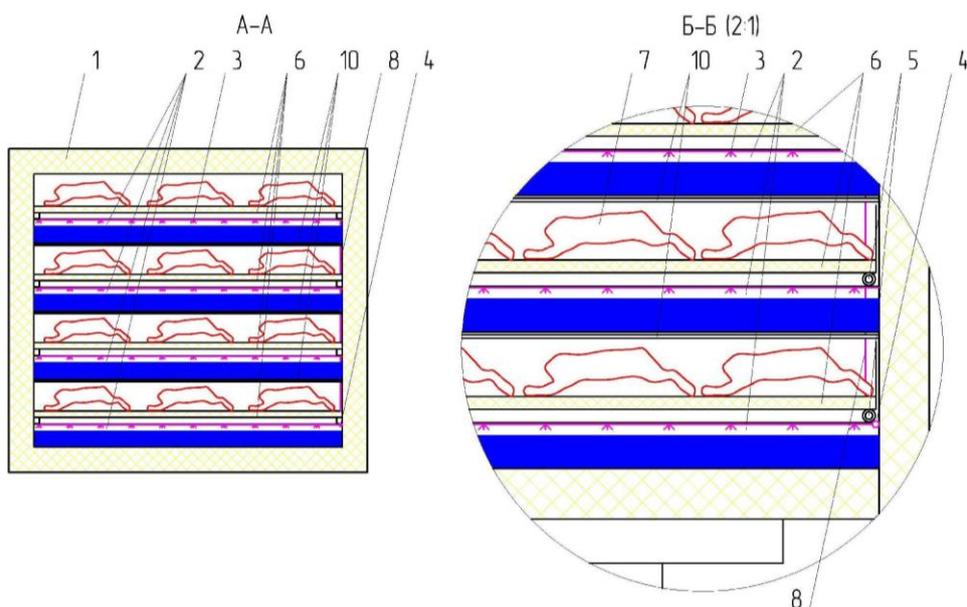


Рисунок 4.6 – Разрез А-А теплоизолированного кузова и увеличенный вид элемента Б

Для подачи снегообразного диоксида углерода в каждую из полостей отсеков внутри последних установлены ряды форсунок, расположенных по всей длине кузова. Распределение диоксида углерода по рядам форсунок отсеков происходит по распределительной трубе (8).

Благодаря перегородкам (10) теплоизолированный кузов имеет четыре автономных секции на случай, если требуется частичная загрузка продуктом. На рисунке 4.6 показан разрез А-А теплоизолированного кузова автомобиля для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода, а также представлен увеличенный вид выносного элемента Б.

Устройство форсунок для подачи снегообразной углекислоты представлено на рисунке 4.7 [21].

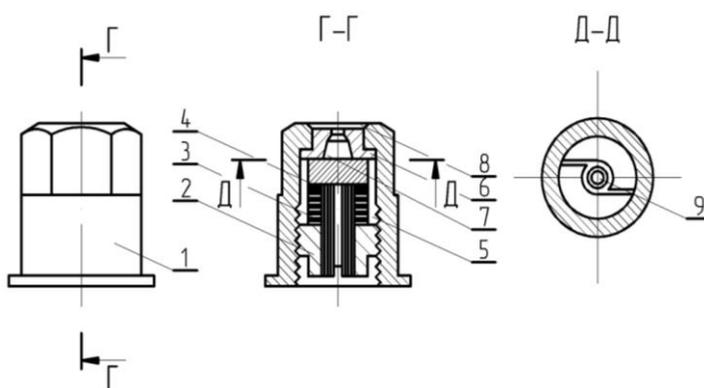


Рисунок 4.6 – Устройство форсунок для подачи снегообразной углекислоты

Представленные на рисунке 4.7 форсунки имеют следующую конструкцию, представляющую собой цилиндрическую полость (1), в верхней части которой размещены радиальные направляющие каналы (6). Эти каналы служат для управления потоком диоксида углерода, направляемого к осевому отверстию (7). Само отверстие состоит из трех участков, образующих конусообразную конфигурацию, что обеспечивает возможность регулирования угла выхода газа и его скорости (9). Внутри цилиндрической полости (1) устанавливается устройство для дробления (2), которое содержит продольные каналы (3), предназначенные для подачи диоксида углерода.

Движущаяся по продольным каналам (3) углекислота поступает в радиально ориентированные вводные окна (4), завершающиеся кольцевой

полостью (5). Эта полость прямо связана с радиальными направляющими каналами (6).

Принципиальным моментом является то, что газ, разбрызгиваемый из ряда форсунок, содержит мельчайшие частицы твердого диоксида углерода, и при контакте с внешней поверхностью тушки происходит интенсификация процесса охлаждения мяса.

4.4 Макет теплоизолированного малотоннажного контейнера для транспортировки тушек кролика в среде снегообразного диоксида углерода

В целях обеспечения возможности перевозки мясных грузов в небольших количествах предлагается следующий контейнерный способ транспортировки.

Устройство для транспортировки мяса кролика в малых объемах представлена на рисунке 4.8, состоит из внешнего теплоизолированного контура (1), внутреннего теплоизолированного контура (2), крышки внешнего контура (8) фиксаторов (4), опор (5), перегородок (6), распределительных труб (7), дросселирующих форсунок (8), входного патрубка подачи жидкого CO_2 (9).

Контейнер работает следующим образом.

Охлаждаемый продукт укладывается во внутренний теплоизолированный контур (2). Внутренняя полость контейнера изолируется от внешней окружающей среды путем закрытия внешнего теплоизолированного контура (1) крышкой (3).

Источник с жидкой углекислотой подключается ко входному патрубку подачи (9). Углекислота подается во внутреннюю часть контейнера по распределительным трубам (7). CO_2 , приходя через дросселирующие форсунки (8) изменяет свое агрегатное состояние из жидкого в снегообразное.

Опоры внутреннего теплоизолированного контура (5) с перегородками (6) образуют свободное пространство, которое в последующем заполняется снегообразной углекислотой. Перегородки (6) также не позволяют дросселирующемуся снегу попадать во внутрь внутреннего теплоизолированного контура, а вследствие и на поверхность транспортируемого продукта.

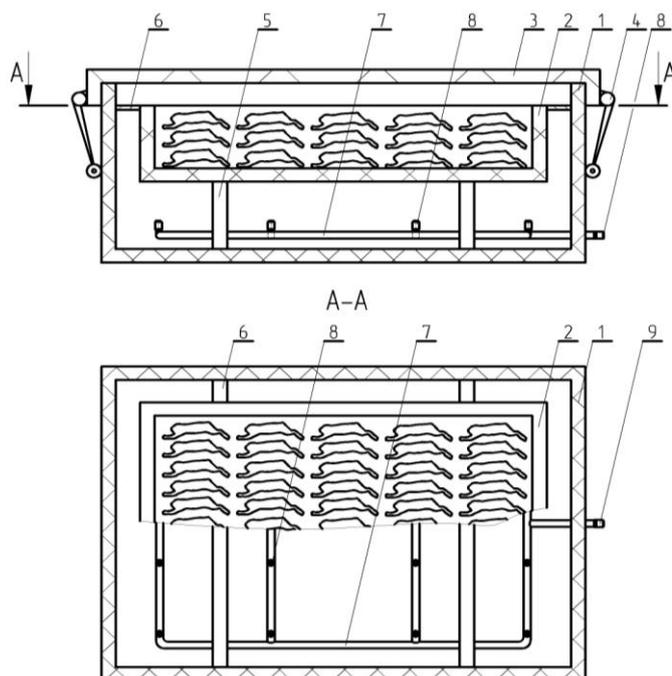


Рисунок 4.8 – Устройство для транспортировки тушек кролика в малых объемах

Необходимое количество снега контролируется при помощи весов. Вычисляется вес контейнера с расположенным в нем продуктом до и после загрузки снегообразной углекислотой. Разница между конечным и начальным весом является массой загруженного снега.

В результате во время транспортировки происходит охлаждение продукта. При этом подмораживание верхних слоев мяса не происходит благодаря внутреннему теплоизолированному контуру (2). Внешний теплоизоляционный контур (1) предотвращает интенсивную сублимацию снегообразной углекислоты, препятствуя теплопритокам из окружающей среды.

4.5 Номограмма для определения массы диоксида углерода и продолжительности охлаждения тушек кролика

С целью оптимизации экономических затрат, связанных с использованием диоксида углерода в процессе охлаждения, была разработана номограмма, предназначенная для определения расхода снегообразного CO_2 и необходимой продолжительности охлаждения тушки кролика.

С целью вычисления массы диоксида углерода, расходуемой в процессе холодильной обработки тушки кролика с использованием разработанного аппарата контактного типа, требуется осуществить расчет количества теплоты, которую нужно отвести диоксидом углерода, что позволит определить массовый расход диоксида углерода для охлаждения тушки кролика.

На рисунке 4.9 демонстрируется номограмма, разработанная для вычисления массы снегообразного CO_2 и необходимого времени охлаждения мяса в зависимости от параметров температуры окружающей среды в камере и массы тушки кролика.

На данной номограмме по оси абсцисс расположена масса снега CO_2 , кг. По оси ординат расположена масса тушки кролика, кг. Перпендикулярно оси ординат отложено время холодильной обработки, мин. В рабочей области номограммы расположены изотермы температур в камере: 5 °С, 10 °С, 15 °С, 20 °С.

Для того чтобы определить количество снегообразного CO_2 и продолжительность охлаждения зная массу кролика и температуру в камере, необходимо: на линии $m_{\text{кролика}} = \text{const}$ найти точку пересечения с требуемой изотермой в камере. Из точки пересечения опустить перпендикуляр на ось абсцисс и определить массу снегообразного CO_2 . Из точки пересечения массы кролика и температуры в камере провести линию на ось времени параллельную вспомогательным линиям и определить требуемое время холодильной обработки.

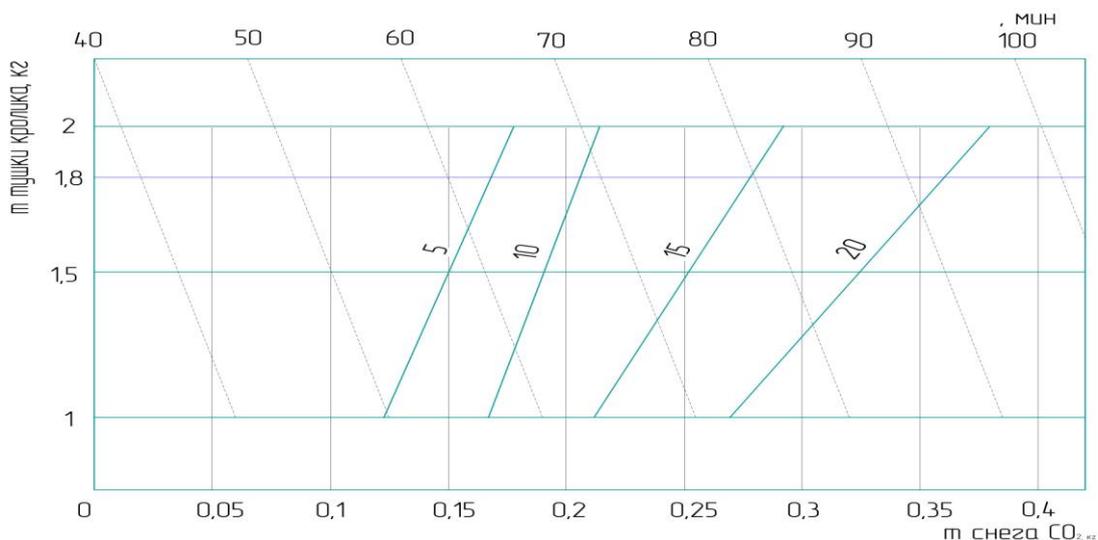


Рисунок 4.9 – Номограмма для определения массы диоксида углерода и продолжительности охлаждения тушек кролика

4.6 Номограмма для определения расхода снегообразного диоксида углерода необходимого для поддержания нормируемой температуры при транспортировке тушек кролика

С целью интеграции разработанной технологии охлаждения мяса кролика с использованием снегообразного диоксида углерода в процессы агропромышленного комплекса и использования его для транспортировки тушек кролика разработана номограмма для определения необходимого количества снегообразного диоксида углерода, требующегося для термической обработки тушек кролика различной массы. Данная номограмма представлена на рисунке 4.10.

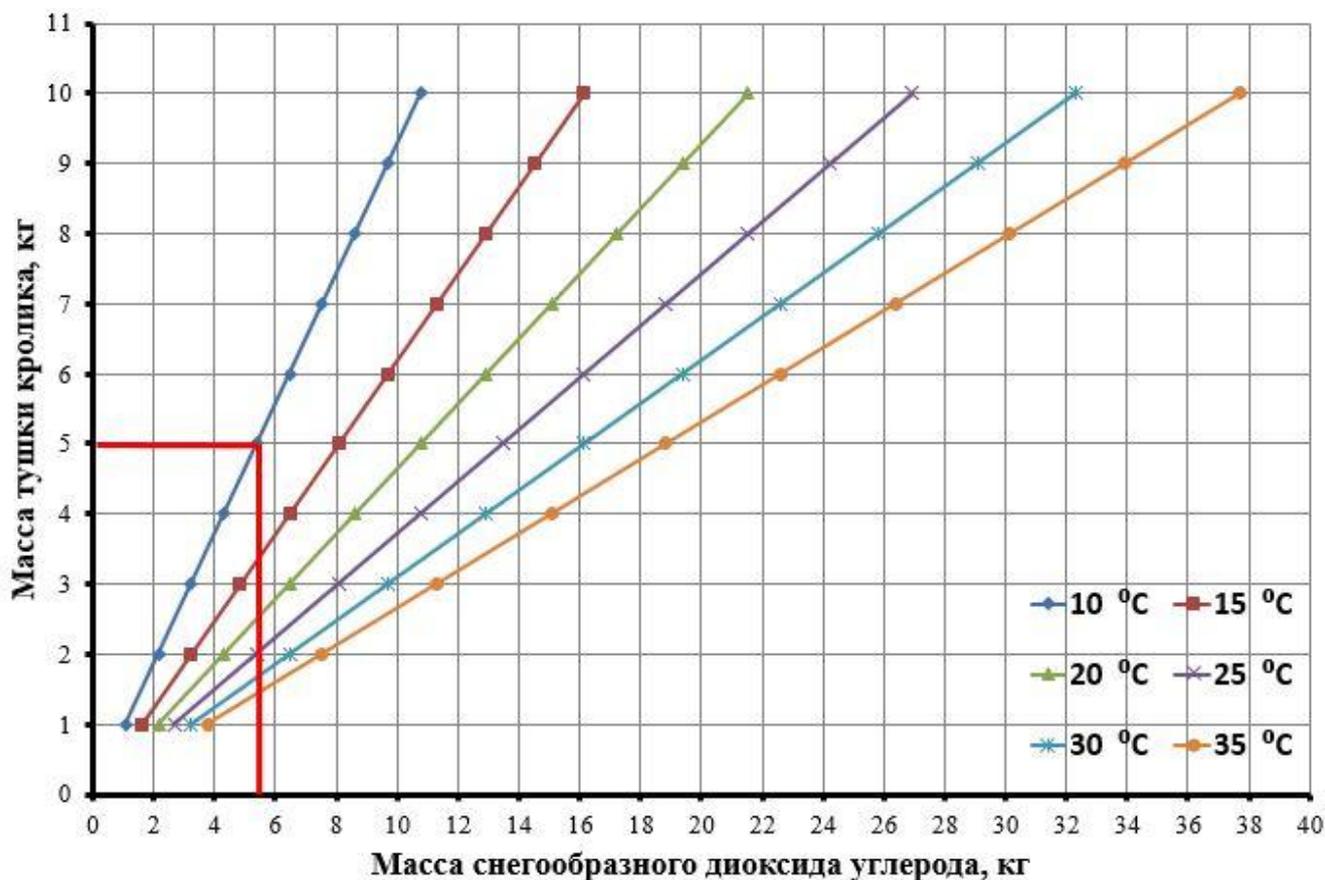


Рисунок 4.10 – Номограмма для определения расхода снегообразного диоксида углерода, необходимого для поддержания нормируемой температуры при транспортировке тушек кролика

На данной номограмме по оси абсцисс расположена необходимая масса снегообразного диоксида углерода, кг. На оси ординат расположена масса тушек кролика, которую требуется транспортировать, кг. В рабочей области диаграммы находятся изотермы температур окружающей среды: 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C.

Принцип работы с номограммой следующий:

1. На линии $m_{\text{кролика}} = \text{const}$ найти точку пересечения с требуемой изотермой окружающей среды.
2. Из полученной точки пересечения опустить перпендикуляр на ось абсцисс и определить необходимую массу снегообразного диоксида углерода.

Номограмма была построена на основе полученных экспериментальных данных в разделе 3.8 и представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оптимальное количество снегообразного диоксида углерода для охлаждения и транспортировки тушек кролика различной массы при различной температуре окружающей среды

Масса кролика, кг	Необходимая масса CO ₂ при t _{oc} , кг					
	10	15	20	25	30	35
1	1,08	1,62	2,15	2,69	3,23	3,77
2	2,15	3,23	4,31	5,38	6,46	7,54
3	3,23	4,85	6,46	8,08	9,69	11,31
4	4,31	6,46	8,62	10,77	12,92	15,08
5	5,38	8,08	10,77	13,46	16,15	18,85
6	6,46	9,69	12,92	16,15	19,38	22,62
7	7,54	11,31	15,08	18,85	22,62	26,38
8	8,62	12,92	17,23	21,54	25,85	30,15
9	9,69	14,54	19,38	24,23	29,08	33,92
10	10,77	16,15	21,54	26,92	32,31	37,69

4.7 Программа для определения расхода снегообразного диоксида углерода, необходимого для поддержания нормируемой температуры при транспортировке тушек кролика

В случае, если масса тушек кролика, которую необходимо охладить и транспортировать больше 10 кг или температура окружающей среды отличается от температур, при которых были проведены экспериментальные исследования, необходимое количество снегообразного диоксида углерода можно рассчитать по разработанной программе. Интерфейс программы представлен на рисунке 4.11.

Программа была составлена в среде Microsoft Excel, так как данная утилита для программирования проста для понимания и пользуется большой популярностью во всем мире.

Программный код расчетов представлен в приложении 1.

Принцип эксплуатации программы следующий

1. В ячейку B9 вводится значение температуры окружающей среды, при которой будет осуществляться транспортировка.
2. В ячейку B10 вводится значение массы тушек кролика, которую необходимо транспортировать.
3. В ячейке B11 автоматически выводится расчетное значение необходимого количества снегообразного диоксида углерода.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data in the spreadsheet:

Условные цветовые обозначения			
	Ячейки, значения которых вводятся вручную		
	Ячейки, значения которых расчет производится автоматически		
Вводные параметры	Значения		Расшифровка
t _{oc} , °C	13	-	Температура окружающего воздуха, при которой осуществляется транспортировка
m, кг	17,8	-	Масса тушек кролика, которую необходимо транспортировать
m CO ₂ тр, кг	24,9	-	Необходимое количество снегообразного диоксида углерода

Рисунок 4.11 – Интерфейс программы для определения необходимого количества снегообразного диоксида углерода в условиях транспортировки

При этом максимальное время транспортировки составляет также 18,5 часов как в случае с диаграммой, представленной на рисунке 4.8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 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 CO_2 от угла конуса генератора снегообразного диоксида углерода и температуры жидкой углекислоты, а также количества снегообразного CO_2 , 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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдиенко В.В. Белковый состав крольчатины двух пород / В.В. Авдиенко, Н.Н. Забашта, Е.Н. Головки // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2017. – Т. 3. – №. 6.
2. Аджиев Д.Д. Исследование биохимических показателей крови самок кроликов при введении в рацион антиоксидантного препарата / Д. Д. Аджиев, И. Ф. Драганов, А. А. Иванов, И. А. Гальянова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 2. – С. 54-56.
3. Александрова Н.А. Использование криогенных хладагентов для замораживания и транспортирования пищевых продуктов за рубежом: Обзорная информация / Н.А. Александрова, М.Б. Шерман, Л. Ласкина и др. – М.: Холодильная промышленность и транспорт, 1980. – 29 с.
4. Алтунин В.В. Теплофизические свойства углерода: Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1975. - 551 с.
5. Алямовский И.Г. Исследования в области холодильной технологии пищевых продуктов. / И.Г. Алямовский, Н.А. Головкин, Г.Б. Чижов // Холодильная техника. – 1981. № 5. - С. 53-58.
6. Алямовский И.Г. Температурное поле пищевых продуктов в процессе охлаждения / И.Г. Алямовский // Инженерно-физический журнал. 1960. -т. 3. - № 1. - С. 108-112.
7. Анализ рынка мяса кроликов и зайцев в России в 2011-2015 гг, прогноз на 2016-2020 гг [Текст] / Businessstat. – Москва: Магазин исследований, 2016. – 93 с.
8. Антипова Л.В. Комплексная переработка кроликов: традиции и инновации: монография / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев, М.Е. Успенская, Я.А. Попова, М.С. Болдырева. – Воронеж, 2017. – 377 с.
9. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов /

Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос, 2001 – 376 с.

10. Антонов А.А. Азотная система хладоснабжения на базе криогенного скороморозильного аппарата / А.А. Антонов, К.П. Венгер // Холодильный бизнес. - 2002. №6. - С. 30-34.

11. Антонов А.А. Классификация пищевых продуктов для унификации расчетов холодильного оборудования / А.А. Антонов, А.В. Бобков, К.П. Венгер и др. // Мясная индустрия. - 2002. №5. - С. 45-46.

12. Аппараты для охлаждения и замораживания пищевых сред [Электронный ресурс]: Обзорная информация / Информационный портал «Пищевая промышленность»: 2018. – Режим доступа: <http://food-mechanics.ru/?paged=75>, свободный.

13. Асенова Б.К. Тенденции производства функциональных мясных продуктов / Б.К. Асенова., Э.К. Окусханова, А.К. Игенбаев, М.Б. Ребезов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. – 2014. – С. 1273-1278.

14. Бабин Н.А. Влияние витамина парааминобензойной кислоты на морфологию лейкоцитов, биохимический и минеральный состав крови кроликов в весенний период года / Н. А. Бабин // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6(129). – С. 167-174.

15. Балакирев Н.А. Кролиководство – перспективная отрасль животноводства [Электронный ресурс] / Н.А. Балакирев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – №7. – Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/agriculture/00250379_0.html.

16. Балакирев Н.А. Роль Российских ученых и практиков в развитии отечественного кролиководства / Н.А. Балакирев, Р.М. Нигматуллин // Кролиководство и звероводство. – 2012. – № 4. – С. 25-27.

17. Бараненко А.В.О некоторых аспектах развития холодильной индустрии страны в XX – начале XXI века // Холодильная техника. -

2012. № 1. - С. 28-34.

18. Бараненко А.В. Состояние и перспективы развития холодильной отрасли России / А.В. Бараненко, Г.А. Белозеров, О.М. Таганцев и др. // Холодильная техника. 2009. - № 3. - С. 20-24.

19. Барулина И.Д. Расчет количества сухого льда, необходимого для транспортировки мороженого в изотермических автокузовах. // Холодильная техника. – 1966. №8. - С. 52-53.

20. Белозеров Г.А. Современные технологии и оборудование для холодильной обработки и хранения пищевых продуктов / Г.А. Белозеров, М.А. Дибирасулаев, В.Н. Корешков, В.С. Колодязная, О.Н. Румянцева, Д.А. Бараненко // Холодильная техника. - 2009. № 4. - С. 18-22.

21. Белозеров Г.А. Функционирование холодильных цепей – гарантия качества продовольствия на потребительском рынке России / Г.А. Белозеров, С.П. Андреев // Мясной ряд. - 2014. № 2. - С. 78-84.

22. Белозеров Г.А. Холодильные технологии хранения продовольственных ресурсов в свете госпрограммы развития сельского хозяйства // Холодильная техника. 2013. № 5. С. 4-7.

23. Белов А.А. Состояние и тенденции развития мелкотоварного производства крольчатины в РФ / А. А. Белов, Р. А. Уваров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 89.

24. Бердников В. Перспективные бизнес-модели развития компаний мясопродуктового подкомплекса / В. Бердников // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2008. – № 6. – С. 54-56.

25. Блинов М. Программа импортозамещения в российской экономике в 2014-2015 годах [Электронный ресурс] / М. Блинов. – РИА Новости – Москва: 2015. –Режим доступа <https://ria.ru/spravka/20151125/1327022750.html>, свободный.

26. Болдырева М.С. Мясо кролей как сырье для производства

колбасных изделий и консервов функционального назначения / М. С. Болдырева, Л. В. Антипова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: матер. III Междунар. науч.-техн. конф. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – С. 42-44.

27. Бражников А.М. Аналитические методы исследования процессов термической обработки мясопродуктов: Учебник / А.М. Бражников, В.А. Карпычев, А.И. Пелеев. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 232 с.

28. Борисочкина Л.И. Применение криогенных жидкостей для замораживания, хранения и транспортирования рыбы и других пищевых продуктов // Сер.: Обработка рыбы и морепродуктов. Информ. пакет. Новости отечественной и зарубежной рыбообработки. М., 2000.- Вып. IV (II).- С. 17-19.

29. Бражников А.М. Инженерные расчеты процессов отвода тепла при холодильной обработке / А.М. Бражников, Э.И. Каухчешвили // Холодильная техника. – 1982. № 9. - С. 35-38.

30. Бражников А.М. Теория термической обработки мясопродуктов / А.М. Бражников, М.: Агропромиздат, 1987. - С. 187.

31. Бронштейн И.Н. Справочник по математике. Для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев: Учебник. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

32. Быков И.М. Сравнительная оценка антиокислительной активности и содержания прооксидантных факторов у различных групп пищевых продуктов / И. М. Быков, А. А. Басов, М. И. Быков и др. // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83. – № 4.– С. 75-81.

33. Веревкина М.Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса кроликов/ М.Н. Веревкина, М.С. Иваниди, И.С. Алексеев // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2018. – С. 243-245.

34. Волкова О.В. Изучение качества отрубов тушки кроликов / О.В. Волкова, К.С. Есенбаева // Вестник Государственного аграрного университета

Северного Зауралья. – 2016. – № 3. – С. 50-55.

35. Волкова О.В. Мясо кроликов – перспективное сырье для изготовления мясных продуктов / О.В. Волкова, К.Я. Мотовцов // АПК в XXI веке: действительность и перспективы: к конференции молодых ученых, декабрь 2005 года. Том 1. – Тюмень, Изд-во ФГОУ ВПО ТГСХА. – 2005. – С. 144-146.

36. Волкова О.В. Морфологический состав и биологическая ценность мяса кроликов / О. В. Волкова, А. Т. Инербаева, К. Я. Мотовилов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 8. – С. 97-101.

37. Волкова О.В. Морфологический состав качества отрубов тушки кроликов / О.В. Волкова, К.С. Есенбаева // Современные концепции развития науки: сб. стат. Межд. науч.-практ. конф. – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2017. – С. 43-45.

38. Волкова О.В. Разработка и товароведная характеристика продуктов из мяса кролика: дис...на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.18.15 / Волкова Ольга Васильевна.– Кемерово, 2009. – 125 с.

39. Воронин М.И. и др. Современная модель системы сохранения качества продовольствия и сырья биологического происхождения / М.И. Воронин и др. // Холодильная техника. – 2009. № 6. - С. 39-43.

40. Востроилов А.В. Использование пробиотического препарата «Ветом 3.0» в рационах кормления кроликов / А. В. Востроилов, Е. Е. Курчаева // Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы: сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 4 частях, Пенза, 30 декабря 2017 года. Том Часть 1. – Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 156-159.

41. Востроилов А.В. Пробиотические препараты как фактор повышения мясной продуктивности и качества мяса кроликов / А. В. Востроилов, Е. Е. Курчаева, В. Л. Пащенко // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности:

Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, Воронеж, 07–09 ноября 2018 года. Том Часть II. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 320-327.

42. Габриэльянц М.А. Хранение и реализация охлажденного мяса / М.А. Габриэльянц, Л.М. Малютина // Экономика. – 1971. № 5. - С. 31-32.

43. Гайнуллина М.К. Влияние природных сорбентов на продуктивность молодняка кроликов / М. К. Гайнуллина, А. М. Цветкова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Т. 215. – С. 59-63.

44. Галабурда В.Г. Единая транспортная система: Учебник. – М.: Транспорт, 2001. – 256 с.

45. Гинзбург А.С. и др. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Учеб-справ. – М.: Пищевая промышленность, 1990. – 380 с.

46. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник. – 9-е изд., стер. – М.: Высшая шк., 2003. - 479 с.

47. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. - 240 с.

48. Головкин Н.А. Влияние льдообразования после переохлаждения на качество мяса / Н.А. Головкин, Л.А. Коржеманова // Холодильная техника. – 1973. № 7. - С. 9-11.

49. Горковенко Л.Г. Эффективность использования пробиотической добавки к корму «Бацелл-м» в рационе кроликов / Л. Г. Горковенко, Н. А. Юрина, Н. А. Омельченко, Н. Н. Омельченко // Ветеринария Кубани. – 2016. – № 1. – С. 19-21.

50. ГОСТ 19496 – 2013 Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

51. ГОСТ 20235.0 – 74 Мясо кроликов. Методы отбора образцов. Органолептические методы определения свежести (с Изменением № 1). – М.:Стандартинформ, 2010. – 6 с.
52. ГОСТ 23042 – 2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. – М.:Стандартинформ, 2016. – 11 с.
53. ГОСТ 23392 – 78 Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести (с Изменениями № 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.
54. ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка (с Изменением № 1). – М.: Стандартинформ, 2018. – 20 с.
55. ГОСТ 27747 – 2016 Мясо кроликов (тушки кроликов, кроликов-бройлеров и их части). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
56. ГОСТ 31727-2012.Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. –М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
57. ГОСТ 32009 – 2013 Мясо и мясные продукты. Спектрофотометрический метод определения доли общего фосфора. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
58. ГОСТ 32897-2014 «Комбикорма для пушных зверей, кроликов и нутрий. Общие технические условия».
59. ГОСТ 7269 – 2015 Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
60. ГОСТ 7686-88 Кролики для убоя. Технические условия
61. ГОСТ 8.579 – 2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 11 с.
62. ГОСТ 8558.1 – 2015 Продукты мясные. Методы определения

нитрита. М.: Стандартиформ, 2016. – 10 с.

63. ГОСТ 9793 – 2016 Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги. – М.: Стандартиформ, 2017. – 6 с.

64. ГОСТ 9957 – 2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. – М.: Стандартиформ, 2016. – 8 с.

65. ГОСТ Р 51447-99. Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб. – М.: Стандартиформ, 2010. – 6 с.

66. ГОСТ Р 51478-99. Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (рН). – М.: Стандартиформ, 2010. – 6 с.

67. ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. – М.: Стандартиформ, 2019. – 7 с.

68. ГОСТ Р 55484-2013 Мясо и мясные продукты. Определение содержания натрия, калия, магния и марганца методом пламенной атомной абсорбции. – М.: Стандартиформ, 2014. – 8 с.

69. ГОСТ Р 55573-2013 Мясо и мясные продукты. Определение кальция атомно-абсорбционным и титриметрическим методами. – М.: Стандартиформ, 2014. – 10 с.

70. Гребенникова И.В. Методы математической обработки экспериментальных данных [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / И.В. Гребенникова. – Электрон. дан. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 124 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98332>. – Загл. с экрана.

71. Грызунов А.А. Холодильный автотранспорт в начале 21 века // Холодильный бизнес. – 2001. № 1. - С. 29-30.

72. Гущин В.В. Охлаждение мяса: Теплофизика процесса / В.В. Гущин, С.С. Козак, И.И. Маковеев, Н.С. Митрофанов // Птицеводство. – 2002. № 7. – С. 15-19.

73. Жидик И.Ю. Биологическая ценность мяса кроликов породы серебристая при применении минеральной добавки цеолит природный

Холинского месторождения / И. Ю. Жидик, М. В. Заболотных // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 823.

74. Жидик И.Ю. Влияние цеолита природного холинского месторождения на минеральный и витаминный состав мяса кроликов / И. Ю. Жидик, М. В. Заболотных // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 6(117). – С. 144-148.

75. Забашта А.Г. Разделка мяса / А. Г. Забашта, М. В. Молочников, И. А. Подвойская, А. С. Ефремова. – М.: КолосС, 2010. – 454 с.

76. Калугин Ю.А. Кролиководство как перспективная отрасль животноводства [Электронный ресурс] / Ю.А Калугин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – №7. – Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/agriculture/73450379_5.html.

77. Калнинь И.М. Энергоэффективность и экологическая безопасность холодильных систем / И.М. Калнинь // Холодильная техника. 2008. -№3. - С.12-14.

78. Камалиев А.Р. Ветеринарно-санитарная оценка качества мяса кроликов после применения полисахаридного препарата «Гемив» / А. Р. Камалиев, Р. А. Асрутдинова, М. Г. Сагитова [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – Т. 223, № 3. – С. 87-90.

79. Каширина Л.Г. Взаимосвязь интерьерных показателей кроликов с продуктивностью под влиянием наноразмерного порошка кобальта / Л. Г. Каширина, С. А. Деникин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 3(27). – С. 112-117.

80. Каширина Л.Г. Влияние кобальта в наноразмерной форме на физиологические и биохимические процессы в организме кроликов / Л. Г. Каширина, С. А. Деникин // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 4(91). – С. 203-207.

81. Квартников М.П. Влияние витаминов А и D на баланс протеина в

организме молодняка кроликов / М. П. Квартников, Е. Г. Квартникова // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 5. – С. 52-55. – DOI 10.28983/asj.y2022i5pp52-55.

82. Кипнис В.Л. Тепло- и массообмен в расчетах процессов холодильной технологии пищевых продуктов / В.Л. Кипнис, В.Е. Куцакова, С.В. Фролов. М.: Колос-пресс, 2001. - 144 с.

83. Козлова Е.В. Ветеринарно-санитарная оценка и показатели безопасности мяса кроликов при применении пробиотика СУБТИЛИС-С / Е. В. Козлова, Н. А. Малофеева // Инновационная наука. – 2019. – № 6. – С. 198-202.

84. Комлацкий, В. И. Эффективное кролиководство : учеб.пособие / В. И. Комлацкий, С. В. Логинов, Г. В. Комлацкий, Я. А. Игнатенко. – Краснодар: КубГАУ, 2013 – 224 с.

85. Котелевич, В. А. Важный резерв органической продукции – мясо кроликов / В. А. Котелевич // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» : научно-практический журнал. – Витебск, 2016. – Т. 52, вып. 3. – С. 137-140.

86. Кузьмина В.И. Наступление кроликов [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2016/06/nastuplenie-krolikov/> –Загл. с экрана.

87. Кузьмичев М.Б. Тенденции и перспективы развития российского рынка мяса // Мясная индустрия. – 2005. № 11. – С. 17-21.

88. Куковерова А.Ю. Анализ эффективности производства продукции кролиководства в ООО «Русский кролик» Костромского района Костромской области / А.Ю. Куковерова, И.Н. Кривцова //Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии.– 2015. –№83.

89. Курчаева Е.Е. Использование зеленой массы топинамбура вместе с пробиотическим комплексом «Энзимспорин» и сорбентом «Фунгистат-ГПК» в

составе комбикормов для кроликов / Е. Е. Курчаева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 4(82). – С. 46-52. – DOI 10.20914/2310-1202-2019-4-46-52.

90. Курчаева Е.Е. Повышение мясной продуктивности и физиологического статуса кроликов на фоне применения пробиотических добавок / Е. Е. Курчаева, А. В. Востроилов, Е. С. Артемов // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2018. – № 2(11). – С. 112-121.

91. Курылев Е.С. Холодильные установки / Е.С. Курылев, Н.А. Герасимов. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.

92. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена: Учебник. - Новосибирск: Наука, Сибирск. отд-ние, 1970. – 660 с.

93. Ланин Г.А. Экономика предприятий пищевой промышленности: Учебно-практическое пособие. - М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2007. – 168 с.

94. Латышев В.П. Криоскопическая температура как показатель способа холодильной обработки мяса / В.П. Латышев, Н.А. Цирульникова // Холодильная техника. 1982. - № 7. - С.36-37.

95. Лисицын А.Б. Изучение влияния длительного холодильного хранения на аминокислотный состав мяса: сборник / А.Б. Лисицын, И.М.Чернуха, Н.Л. Вострикова, Н.А. Горбунова.- Труды международной научно-практической конференции, посвященной памяти Василия Матвеевича Горбатова. – М.: -2012. Т. 1. № 1. - С. 226-232.

96. Лисицын А.Б. Наука и отрасль: партнерство в современных условиях / А.Б. Лисицын, А.А. Семенова, И.М.Чернуха, Л.А. Веретов // Все о мясе. 2012. № 2. С. 4-9.

97. Лисицын А.Б. Научное обеспечение инновационных технологий при производстве продуктов здорового питания / А.Б. Лисицын, И.М.Чернуха, Н.А. Горбунова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 10. С. 8-14.

98. Лисицын А.Б. Основные направления развития науки и технологии мясной промышленности / А.Б. Лисицын, И.М. Чернуха. М.: Россельхозакадемия, 2000. - 58 с.
99. Лозина – Лозинский Л.К. К вопросу о способности некоторых живых систем переносить внутриклеточное образование льда // Реакция клеток и их белковых компонентов на экстремальные воздействия. – Л., 1966. – С. 33 - 50.
100. Лукашова Ю.Д. Контейнеры для сухого льда // Холодильная техника. – 1968. № 2. - С. 26-28.
101. Лыков А.В. Теория теплопроводности: Учебник. - М.: Высш. шк., 1967. – 600 с.
102. Ляйснер Л. Значение барьерной технологии для сохранения качества пищевых продуктов // Мясная индустрия. - 1998. № 2. - С. 23-25.
103. Ляйснер Л. Перспективы консервирования пищевых продуктов в XXI веке // Сборник докладов 6-ой Международной научной конференции, посвященной памяти В.М. Горбатова. М. 2002. С. 23-42.
104. Магомедов М.Д. Экономика отраслей пищевых производств: учеб. пособие / М.Д. Магомедов, А.В. Заздравных. – М.: Дашков и К, 2005. – 282 с.
105. Малова Н.Д. Способы и техника охлаждения мяса и мясных продуктов: Обзорная информация / Н.Д. Малова, В.А. Рогова. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1988. - 28 с.
106. Мотовилов О.К. Научное обеспечение переработки и хранения сельскохозяйственной продукции / О.К. Мотовилов, К.Я. Мотовилов, И.В. Науменко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2013. № 3. - С. 107-112.
107. Мотовилов К.Я. Использование нанобиотехнологий в производстве экологичного продовольственного сырья и продуктов здорового питания / К.Я. Мотовилов, О.К. Мотовилов // Современные наукоемкие технологии. - 2014. № 3. – С. 155.

108. Мотовилов К.Я. Состояние и проблемы перерабатывающей промышленности сибери / К.Я. Мотовилов, О.К. Мотовилов // Инновации и продовольственная безопасность. - 2013. № 1 (1). - С. 123-130.

109. Мотовилов К.Я. Состояние и проблемы пищевой и перерабатывающей промышленности Сибири // Достижения науки и техники АПК. - 2006. № 1. - С. 35-37.

110. Минашин Ю.Ф. Витамины в мясе кроликов [Электронный ресурс] / Ю.Ф. Минашин, Р.Ю.Куц // Кролиководство и звероводство. – 2003. – №6. – Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/agriculture/34550379_2.html.

111. Неверов Е.Н. Научные и практические основы охлаждения мяса птицы и рыбы диоксидом углерода [текст] дис...на соискание ученой степени д.т.н.: 05.18.04 / Неверов Евгений Николаевич – Кемерово. 2016. – 382 с.

112. Нехайчук Ю. Минприроды и Минэкономразвития готовятся собрать деньги за углекислый газ [Электронный ресурс] / Ю. Нехайчук, Песчинский И. – Ведомости – Москва: 2015. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2015/11/17/617269-dengi-uglekislil-gaz>, свободный.

113. Ноздрин Г.А. Морфологические и биохимические показатели крови у кроликов при применении пробиотического препарата Велес 6.59 / Г. А. Ноздрин, А. В. Громова, А. Б. Иванова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 10. – С. 53-55.

114. Норин, А.О. Проектирование предприятия по переработке кроликов мощностью 5 тонн в смену / А.О. Норин, Г.Г. Абдрашитова / В сборнике: День науки Общеуниверситетская научная конференция молодых учёных и специалистов, сборник материалов конференций. – 2015. – С. 139.

115. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2432–08. – М.: 2008. – 58 с.

116. О Государственной программе развития сельского хозяйства и

регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы (с изменениями на 6 сентября 2018 года). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://government.ru/programs/208/events/>.

117. Озерецковская Е.В. Продуктивные качества самок кроликов при использовании универсального комбикорма в условиях промышленной технологии / Е. В. Озерецковская, Н. П. Здюмаева, Е. В. Бюоглу // Кролиководство и звероводство. – 2018. – № 5. – С. 51-55. – DOI 10.24418/KIPZ.2018.5.0009.

118. Орлов М.М. Влияние антибиотиков на зоотехнические показатели кроликов / М. М. Орлов, В. В. Зайцев, М. С. Сеитов, Л. М. Зайцева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 5(91). – С. 177-182. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-91-5-177-182.

119. Остроумов Л.А. Новые исследования и разработки / Л.А. Остроумов, И.А. Смирнова, Т.А. Остроумова // Сыроделие и маслоделие. - 2003. № 6. - С. 68-70.

120. Патент 1387395 Великобритания, МКИ F25J 1/00. Производство искусственного снега. - № 1387395; заявл. 1.06.73; опубл. - 19.03.75.

121. Патент № 2792895 С1 Российская Федерация, МПК А23К 50/50, А23К 20/105. Кормовая добавка на основе минерала каолинита для повышения резистентности и продуктивности кроликов : № 2022123624 : заявл. 05.09.2022 : опубл. 28.03.2023 / Н. М. Орлов, В. В. Тарабрин, М. М. Орлов ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет».

122. Патент 4375755 США, МКИ F25D 13/00. Рог для образования снега / Barbini R. - № 2952823; заявл. 24.08.81; опубл. - 08.03.83.

123. Патент 3861168 США, МКИ F25D 3/12. Углекислотное охлаждающее устройство / Sayers W. и др. – № 3979992; заявл. 17.09.73;

опубл. - 21.01.75.

124. Патент 4832536 СССР, МКИ F25C 1/22. Установка для производства гранул сухого льда / Басов Ю.Н., Земсков А.Н. и др. – № 4832536/13; заявл. 20.04.90; опубл. - 30.01.92.

125. Пат. 2414656 Российская Федерация МПК F 25D13/06, F 25D11/02. Камера охлаждения мяса [Текст] / Бабакин Б.С., Воронин М.И., Нанзад Б., Бабакин С.Б.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Московский гос. ун. Прикл. биотехнологии. - №2009138147/21; заявление. 16.09.2009; опубл. 20.08.2008 – 7 с.

126. Патент 2076288 Российская Федерация МПК 25D13/06 Устройство для охлаждения тушек птицы и кроликов [Текст] / Шленский В.А., Судзиловский И.И., Мартемьянов В.Н., Богатырев А.Н., Цветков А.И., Веретенников Н.Д.; заявитель и патентообладатель Судзиловский И.И. заявл. 28.04.1994; опубл. 27.03.1997. – 5 с.

127. Патент 2131099 Российская Федерация МПК 25D13/06, F25D13/06. Устройство для охлаждения тушек птицы и кроликов [Текст] / Мартемьянов В.Н., Судзиловский И.И., Алешин Ю.П., Богатырев А.Н., Смирнова Ж.И., Куцакова В.Е. заявитель и патентообладатель Всероссийск. Научно-исслед. Инст. холод. Промышленности – ; заявл. 28.05.98. опубл. 25.05.1999 – 7 с.

128. Патент 2174304 Российская Федерация, МПК A23B4/06, F25D17/00. Способ охлаждения тушек птицы и кроликов после забоя [Текст] / Куцакова В.Е., Крупенников Н.Ф., Фролов С.В., Судзиловский И.И.; заявитель и патентообладатель СПб-й гос. унив. Низкотемп. И пищевых технологий; заявл. 10.06.2001; опубл. 10.10.2001. – 5 с.

129. Патент 2453779 Российская Федерация, МПК F25D3/12, F25D13/00. Устройство для холодильной обработки тушек птицы диоксидом углерода [Текст] / Буянов О.Н., Неверов Е.Н., Нечаев С.Н. заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кемер. технолог. Институт пищев.

Промышленности - заявл. 13.01.2011. опубл. 20.06. 2012 Бюл. № 17 – 10 с.

130. Патент 2231721 Российская Федерация, МПК F25D13/06 F25D3/10. Скороморозильный туннельный аппарат [Текст] / Антонов А.А., Венгер К.П., Феськов О.А. заявитель и патентообладатель ООО «Темп-11»; заявл. 21.11.2002; опублик. 27.06.2004 - 5 с.

131. Патент 2145406 Германия, МПК F25D11/02, B65D88/74, B65D19/38. Способ транспортировки, хранения или подготовки к транспортировке или хранению скоропортящихся продуктов [Текст] / Бошар П.Р., Барнз Р.; заявитель и патентообладатель Трансфир Системс Лимитед; заявл. 17.02.1995; опубл. 10.02.2000 - 11 с.

132. Патент 2235254 Российская Федерация, МПК F25D3/06, A23B4/06. Контейнер для хранения и транспортировки рыбы в консервирующей среде [Текст] / Тарашкевич А.В.; заявитель и патентообладатель Тарашкевич А.В.; заявл. 22.07.2002; опубл. 27.08.2004 –7 с.

133. Патент 2235254 Российская Федерация, МПК B60H1/32, B60P3/20, F25B27/02. Автомобильный рефрижератор [Текст] / Рыбкин А.П.; заявитель и патентообладатель Рыбкин Анатолий Петрович; заявл. 10.01.2006; опубл. 10.01.2006 - 3 с.

134. Патент 2225970 Российская Федерация, МПК F25D3/09 F25D13/06. Холодильная камера для быстрого охлаждения и замораживания пищевых продуктов [Текст] / Антокольский Б.Л., Фукс М.И., Акулов Л.А. заявитель и патентообладатель ЗАО «НЕЛА»; заявл. 14.01.2002; опубл. 20.03.2004 – 7 с.

135. Патент 2371644 Германия, МПК F25D3/12, F25D11/02 Устройство для поддержания заданной температуры пищевых продуктов [Текст] / Бюст В., Бедин Х.; заявитель и патентообладатель Линде – заявл. 20.06.2009; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30 – 7 с.

136. Патиева С.В. Польза и диетические характеристики мяса кролика – хорошее предложение для современного потребителя / С.В. Патиева, Е.П.

Лисовицкая, Ю.Н. Шакота // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – 2016. – С. 154-158.

137. Пименова Т.Ф. Оборудование для производства, транспортировки, хранения и применения жидкой углекислоты и сухого льда // Холодильная техника. – 1978. № 11. - С. 54-57.

138. Пименова Т.Ф. Основные свойства и области применения сухого льда в пищевой промышленности: Обзорная информация. – М.: АгроНИИТЭ-ИММП, 1989. - 32 с.

139. Пименова Т.Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода: Учебник. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 208 с.

140. Пименова Т.Ф., Титов В.Б., Королев В.А. Состояние и перспективы развития производства сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода / Т.Ф. Пименова, В.Б. Титов, В.А. Королев // Холодильная техника. – 1986. № 5. – С. 13-16.

141. Пищевая промышленность России: состояние и перспективы развития. Т. 2 / Под общ. ред. Сизенко Е.И. и Лисицына А.Б. М.: ВНИИМП, 2011.-500 с.

142. Платунов Е.С. Определение теплофизических характеристик пищевых продуктов / Е.С. Платунов, И.В. Баранов, С.С. Прошкин // Вестник Международной академии холода. 2001. - Вып. 1. - С. 19-23.

143. Поварчук М.М. Холодильный автотранспорт // Холодильная техника. – 1989. № 5. - С. 21-23.

144. Пономарев В.Я. Влияние кормовых минеральных добавок на качественные и технологические показатели мяса кроликов / В. Я. Пономарев, Э. Ш. Юнусов, Г. О. Ежкова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 20. – С. 213-216.

145. Попова Я.А. Биотехнологический потенциал мяса кроликов / Я.А. Попова, Л.В. Антипова // Биотехнология и биомедицинская инженерия.

Сборник научных трудов по материалам X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию биотехнологического факультета и 20-летию кафедры биологической и химической технологии (10-11 ноября 2017) – Курск: Изд-во КГМУ, 2017. – С. 75-76.

146. Попова Я.А. Влияние послеубойных автолитических процессов на качество мяса кроликов / Я.А. Попова, Л.В. Антипова // Товароведение и коммерческая деятельность: актуальные проблемы, исследования и инновации: материалы II Международной научно-практической конференции (г. Луганск, 23 марта 2017 года). – Луганск: изд-во «Ноулидж». – 2017. – С. 349-352.

147. Попова Я.А. Исследование потребительских свойств и химического состава мяса кролей / Я.А. Попова, Л.В. Молоканова // Дистанционное обучение химии в учебных заведениях Донбасса. Преимущества и недостатки, перспективы развития: материалы Республиканского науч. - методич. семинара. – Донецк: ИЦ ДонНУ. – 2015. – С. 44–47.

148. Попова Я.А. Показатели качества мяса кроликов / Я.А. Попова // Потребитель! Знай свои права: матер. научн. - практ. молод. форума (г. Луганск, марта 2017 года). – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2017– С.101- 103.

149. Попова Я.А. Послеубойные автолитические процессы в мясе кроликов, их влияние на качество мяса / Я.А. Попова, Л.В. Антипова // Инновационное предпринимательство: социально-экономические и маркетинговые аспекты: материалы Международной научно-практической конференции, 28-29 апреля 2017 г. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. – С.290 – 294.

150. Правила морской перевозки продовольственных грузов. Общие требования: РД 31.11.25.00-96 : утв. приказом Росморфлота от 29.11.1996г. №43. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 1996. - 79 с.

151. Правила перевозок железнодорожным транспортом

скоропортящихся грузов: утв. приказом МПС России от 18.06.2003г. №37. - Екатеринбург. : УралЮрИздат, 2008. 60 с.

152. Правила перевозок скоропортящихся грузов автомобильным транспортом в междугородном сообщении // Сборник. Правила перевозок грузов автомобильным транспортом. М. : Транспорт, 1980. - С. 70-84.

153. Применение холода в пищевой промышленности: Справочник / Под ред. А.В. Быкова. – М.: Пищевая промышленность, 1979. - 151 с.

154. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов. Теплофизические основы: учеб. пособие / А.В.Бараненко, Е.И.Борзенко, В.Е. Куцакова и др. СПб.: ГИОРД, 2008 - 272с.

155. Раджабов А.И. Влияние макро-и микроэлементов на некоторые физиологические показатели кроликов / А. И. Раджабов, Ш. И. Искандарова, Д. И. Номозова // Вестник науки. – 2020. – Т. 4, № 9(30). – С. 55-61.

156. Распоряжение правительства РФ № 1873-р от 25 октября 2010 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902242308> – Загл. с экрана.

157. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008№ 1662–р (ред. от 28.09.2018) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (вместе с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года»). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://government.ru/info/6217/135>

158. РБК. Исследование рынков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agroinvestor.ru/investments/article/2013>– Загл. с экрана.

159. Ревазов Ч.В. Использование сухой послеспиртовой барды при откорме кроликов / Ч. В. Ревазов, Б. С. Калоев // Кролиководство и звероводство. – 2016. – № 4. – С. 8-10.

160. Рогов И.А. Консервирование пищевых продуктов холодом (теплофизические основы): Учебник / И.А. Рогов, В.Е.Куцакова,

В.И.Филлипов, С.В.Фролов. - М.: Колос, 1999.

161. Рулева Т.А. Крольчатина как диетический продукт. Её химический состав и органолептические показатели / Т.А. Рулева // Инновационная наука. – 2016. – №3. – С. 61-64.

162. Рулева Т.А., Сарбатова Н.Ю. Разведение кроликов как перспективная отрасль животноводства // Молодой ученый. [Электронный ресурс] / Т.А. Рулева, Н.Ю. Сарбатова. 2015. - №7. С. 306-308.

163. Рынок мяса кроликов [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.indexbox.ru/news/rynok-myasa-krolikov-ehksport-rossijskih-proizvoditelej-podskochil-na-75-procentov/> – Загл. с экрана.

164. Сизенко Е.И. Стратегия научного обеспечения развития конкурентоспособного производства отечественных продуктов питания высокого качества / Е.И. Сизенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 1. – С. 7–9.

165. Скурихин И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / И.М. Скурихин. – М.: ДеЛипринт, 2007. – 267 с.

166. Способы и режимы охлаждения мяса [Электронный ресурс]: Обзорная информация / Студенческая библиотека онлайн. - Электрон. Текстовые дан: 2018 – Режим доступа: http://studbooks.net/1979503/tovarovvedenie/sposoby_rezhimy_ohlazhdeniya_myasa, свободный.

167. Тарабрин В.В. Влияние препарата на основе минерала каолинит на биохимические показатели крови кроликов / В. В. Тарабрин, Н. М. Орлов // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: Материалы Международной научно-практической конференции, Витебск, 02–04 ноября 2022 года / Редколлегия: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» Государственная академия ветеринарной медицины», 2022. – С. 41-45.

168. Тезиков А.Д. Производство и применение сухого льда: Учебник. – М.: Госторгиздат, 1960. – 278 с.
169. Тер-Аветисянц И.А. Концентрация антибиотика гентамицина в органах и тканях кролика при различных способах введения / И. А. Тер-Аветисянц, М. П. Семенов, Е. В. Кузьмина, П. В. Мирошниченко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 4-5(46). – С. 62-65. – DOI 10.18454/IRJ.2016.46.234.
170. Тинаев Н.И. Продукция кролиководства.— М.: Росагропром издат, Т 42. 1988.— 96 с.
171. Трифанов А. В. Современные технологии содержания кроликов в ЛПХ и КФХ / А.В. Трифанов, А. А. Белов // Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. – 2017. – № 4. – С. 124-128.
172. Указ Президента РФ от 30.01.2010 № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30563>.
173. Ульихина Л.И. Справочник кролиководы от А до Я / Л.И. Ульихина. – Аквариум-Принт. – 2009. – 256 с.
174. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.gks.ru/>– Загл. с экрана.
175. Федеральный закон от 2 января 2000 г. № 2Э9 – ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (ред. от 31.12.2014).
176. Федотов Е.Л. Критериальные зависимости для тепло – и массообмена при сублимации сухого льда в потоке воздуха // Холодильная техника. – 1974. № 11. - С. 41-43.
177. Федотов Е.Л. Скорость сублимации сухого льда // Холодильная техника. – 1970. № 1. - С. 37-39.
178. Федотова Г.В. Перспективы развития кролиководства в России / Г.В. Федотова, Д.А. Скачков, М.И. Сложенкина, Н.И. Мосолова // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – С. 42.

179. Фикин А.Г. Расчет продолжительности охлаждения твердых тел различной геометрической формы / А.Г. Фикин, И.К. Фикина // Инженерно-физический журнал. 1971. - № 4. - Том XX. - С.730-732.
180. Фикин А.Г. Теплообмен и продолжительность процесса охлаждения пищевых продуктов / А.Г. Фикин, И.К. Фикина // Холодильная техника. – 1972. № 2. - С. 15-18.
181. Харламов К.В. Кролик совершенная система / К.В. Харламов, Н.Е. Куликов // Кролиководство и звероводство. – 2015. – № 2. – С. 24-29.
182. Хип Р. Охлаждение и безопасность продовольствия / Р. Хип // Холодильная техника. 2007. - №12. - С. 4-6.
183. Ховалыг Д.М. Энергоэффективность и экологическая безопасность техники низких температур / Д.М. Ховалыг, М. Синицина, А.В. Бараненко, А.П. Цой // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. - 2014. № 1. - С. 2
184. Холодильная техника и технологии : перспективы в области получения и использования холода / Под ред. В.М. Шляховецкого. Краснодар: КНИИХП, 1998.-36с.
185. Царегородцева Е.В. Диетические свойства мяса кролика и деликатесов из крольчатины / Е.В. Царегородцева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – Т. 210.
186. Цветков О.Б. Диоксид углерода: природный экологически безопасный хладагент // Холодильная техника. – 1997. № 4. - С. 10-11.
187. Целиков В.Н. О выполнении обязательств Российской Федерации, вытекающих из Венской конвенции об охране озонового слоя и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой / В.Н. Целиков // Холодильный бизнес. 2003. - № 3. - С. 26-31.
188. Черненко Е.Н. Качество мяса кроликов при скармливании пробиотика «Биогумитель» / Е. Н. Черненко, И. В. Миронова // Вестник

Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10(132). – С. 104-108.

189. Чернуха И. М. Современные подходы к объективной оценке качества мясного сырья и готовой продукции / И. М. Чернуха, Т. Г. Кузнецова, Е. Б. Селиванова // Все о мясе. – 2010. – № 2. – С. 19-23.

190. Чернуха И.М. Безопасные и полезные продукты как главный фактор, определяющий качество жизни / И.М.Чернуха, Л.В. Федулова, А.С. Дыдыкин // Все о мясе. - 2014. № 2. - С. 20-22.

191. Чернуха И.М. Международный конгресс по науке и технологии мяса (ICOMST) // Все о мясе. 2014. № 5. С. 54-55.

192. Чернуха И.М. Мясные продукты направленного действия / И.М. Чернуха // Мясная индустрия. – 2009. – № 2. – С. 17-19.

193. Чернуха И.М. Современные подходы к объективной оценке качества мясного сырья и готовой продукции / И. М. Чернуха, Т. Г. Кузнецова, Е. Б. Селиванова // Все о мясе. – 2010. – № 2. – С. 19-23.

194. Чернуха И.М. Стандарты управления // Все о мясе. - 2012. № 6. - С. 11.

195. Чижов Г.Б. Метод количественной оценки качества продуктов и его изменения / Г.Б. Чижов // Холодильная техника. 1978. - № 1. - С.27-31.

196. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов: Учебник. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 271 с.

197. Чижов Г.Б. Характеристика одномерного поля температур тела при охлаждении и замораживании / Г.Б. Чижов // Холодильная техника. 1972. - № 1.-С.43-44.

198. Шастина Е.В. Гематологические показатели кроликов при использовании универсального комбикорма в условиях промышленной технологии / Е. В. Шастина, Н. П. Здюмаева, Е. В. Озерецковская // Кролиководство и звероводство. – 2019. – № 2. – С. 13-16. – DOI 10.24418/KIPZ.2019.2.0001.

199. Шишкина Н.С. Совершенствование способов замораживания продуктов диоксидом углерода / Н.С. Шишкина, М.Л. Лежнева, О.В. Карастоянова, М.В. Заозерский // Производство и реализация мороженого и быстрозамороженных продуктов. — 1999. № 9. - С. 34 - 37.

200. Шнековый охладитель [Электронный ресурс]: Обзорная информация – Оборудование для уоя и переработки птицы - Казахстан: Р.Р.Н.У. «Szlachet», 2018 - Режим доступа <http://szlachetstal.com/64.html>.

201. Шульга Н.М. Развитие личного подсобного хозяйства в современных экономических условиях: материалы II Междунар. науч. конф. / Н.М. Шульга– Казань, 2015. – С. 9-11.

202. Эрлихман В.Н. Консервирование и переработка пищевых продуктов при отрицательных температурах / В.Н.Эрлихман, Ю.А.Фатыхов. Калининград: КГТУ, 2004.-248 с.

203. Эрлихман В.Н. Некоторые характеристики тепломассообмена при охлаждении пищевых продуктов / В.Н. Эрлихман, Ю.А. Фатыхов // Известия ВУЗов, сер. Пищевая технология. 1998. - №2-3. - С.58-60.

204. Яремчук Н.В. Доктрина продовольственной безопасности – проблемы и решения / Н.В. Яремчук // Публикация доступна на сайте журнала «Мясная индустрия» <http://www.meatbranch.com>.

205. Abdel-Wareth, A.A. Effects of Zinc Oxide Nanoparticle Supplementation on Performance, Digestibility, and Blood Biochemistry of Californian Male Rabbits Under Hot Climatic Conditions // Biological Trace Element Research. 2023. № 7 (201). С. 3418–3427. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03432-y>

206. Abdel-Wareth, A.A. Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental conditions for sustainable production and improved meat quality // BMC Veterinary Research. 2022. № 1 (18). С. 354.

207. Awward N. Innovative Electrical Concepts For Transport Refrigeration Units / N. Awward, B. Chakiachvili, A. Stumpf// Proceedings of ICR-2011. Prague,

Czech Republic., 2011. - ID-534.

208. Belozеров G.A. Development of cold chain in Russia: collection / G.A.Belozеров, A.A.Tvorogova, S.P. Andreev, N.M. Mednikova.- Proceeding 23rd IIR International Congress of Refrigeration 2011. C. 2315-2320.

209. Bowater F.J. Food Quality in the Food Chain for Imported Meat Products / F.J. Bowater, M.A. Guaranteeing // Proceedings of IIR- Sustainability and Cold Chain Conference. Cambridge, UK. -2010.

210. Cartuche, L. et al. Economic weights in rabbit meat production //World Rabbit Science. – 2014. – T. 22. – №. 3. – C. 165-177.

211. Dibirasulaev M.A. Application of regularities of the theory of similarity to optimization of the technological process of meat refrigeration: collection / M.A. Dibirasulaev, G.A. Belozеров, O.V. Bolshakov. Proceeding 23rd IIR International Congress of Refrigeration 2011. C. 2667-2672.

212. Dziuba, M., Darewicz, M. Food proteins as precursors of bioactive peptides—classification into families // Food Sci. Technol. Int. – 2007. – Vol. 13. – P. 393–404.

213. El-Kady R. I. Effect of feeding rabbits on fungal treated corn stalks on carcass characteristics and meat composition // Bulletin of the National Research Centre. 2019. № 1 (43). C. 77. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0110-1>

214. Evans J. A review of the performance of domestic refrigeration / J. Evans, S.J. James, S.J. James // Journal of Food Engineering. 2008. - № 87 (1). -P. 2-10.

215. Falcone D. B. Performance, meat characteristics and economic viability of rabbits fed diets containing banana peel // Tropical Animal Health and Production. 2020. № 2 (52). C. 681–685. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02057-z>

216. Frankel, E.N., Finley, J.W. How to standardize the multiplicity of methods to evaluate natural antioxidance // J. Agric. Food Chem. – 2008. – Vol. 56. – P. 4901–4908.

217. Houska M. Time Temperature Histories Of Perishable Foods During Shopping Transport And Home Refrigerated Storage / M. Houska, L. Kazilova, A. Landfeld // Proceedings of ICR-2011. Prague, Czech Republic, 2011.-ID-102

218. Khan K. Growth performance and meat quality of rabbits under different feeding regimes // Tropical Animal Health and Production. 2016. № 8 (48). C. 1661–1666. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1140-4>.

219. Kishawy A. T. Y. Impacts of supplementing growing rabbit diets with whey powder and citric acid on growth performance, nutrient digestibility, meat and bone analysis, and gut health // AMB Express. 2018. № 1 (8). C. 86. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0617-0>.

220. Koster G.J. Carbon dioxide as refrigerant; why, and when beneficial / G.J. Koster // IIR Conference: Ammonia Refrigerating Systems, Renewal and Improvement, Ohrid, 2005.

221. Mabrouki S., Chalghoumi R., Abdouli H. Effects of pre-germinated fenugreek seeds inclusion in low-fiber diets on post-weaned rabbits' health status, growth performances, carcass characteristics, and meat chemical composition // Tropical Animal Health and Production. 2017. № 3 (49). C. 459–465. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1214-3>.

222. Maier D. Carbon dioxide for use as a refrigerant / D. Maier, I. Wilson // Proc. IIR-IRHACE Conference, Innovative Equipment and Systems for Comfort and Food Preservation / University of Auckland. Auckland, New Zealand, 2006. - P. 305-311.

223. Petracci, M., Cavani, C. Rabbit meat processing: historical perspective to future directions // World Rabbit Science. – 2013. – T. 21. – №. 4. – C. 217-226.

224. Repice C. Energy Efficiency in Transport Refrigeration / C. Repice, A. Stumpf // IIR Congress 2007. Beijing, China, 2007.

225. Ruhe Xie. Refrigeration transportation, energy consumption and food supply in China / Xie Ruhe // IEA Heat Pump Centre Newsletter. 2007. -№2.

226. Simonová M. P. Benefits of Enterocin M and Sage Combination on the

Physico-chemical Traits, Fatty Acid, Amino Acid, and Mineral Content of Rabbit Meat // Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2020. № 3 (12). C. 1235–1245. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09627-5>.

227. Xue S. et al. Applications of high pressure to pre-rigor rabbit muscles affect the functional properties associated with heat-induced gelation // Meat science. – 2017. – T. 129. – C. 176-184.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Документы, подтверждающие практическое использование результатов исследований

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2526653

**АППАРАТ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
ПРОДУКТОВ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ДИОКСИДА
УГЛЕРОДА**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013120624

Приоритет изобретения 06 мая 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 02 июля 2014 г.

Срок действия патента истекает 06 мая 2033 г.

*И.о. руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий





АКТ

проведения научно-хозяйственного опыта по изучению влияния белково-минеральной кормовой добавки на продуктивные и убойные показатели поголовья кроликов

Мы, ниже подписавшиеся, глава К/Х «Кузнецов Н.А.» Чунина Ю.Н., доктор технических наук, зав. кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Неверов Е.Н., доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Ворошилин Р.А., подтверждаем проведение научно-хозяйственного опыта по изучению влияния белково-минеральной кормовой добавки на продуктивные и убойные показатели поголовья кроликов.

Исследования проведены на молодняке кроликов в возрасте 60-ти дней в количестве 24 голов. Для проведения опыта были сформированы 4 группы, 1 контрольная и 3 опытных, по 6 голов в каждой. В 1 опытной группе животные употребляли 4 г белково-минеральной добавки на 96 г зерносмеси (соотношение белок/дикальций фосфат – 2/1), во 2 опытной группе употребляли 8 г белково-минеральной добавки на 92 г зерносмеси (соотношение белок/дикальций фосфат – 2/1), в 3 опытной группе употребляли 12 г белково-минеральной добавки на 88 г зерносмеси (соотношение белок/дикальций фосфат – 2/1) и животные контрольной группы употребляли основной рацион, в который входил зерносесь по рецептуре.

Исходя из проведенного научно-хозяйственного опыта можно заключить, 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). В результате эксперимента выявлено, что эффективность прироста средней живой массы в 3 опытной группе повышается на 10,61%, среднесуточный прирост живой массы на 31,69%. Благодаря исследуемой добавке обеспечен высокий уровень мясной продуктивности, по расчетному показателю убойной массы кроликов 3 опытная группа превосходила контрольную на 12,42%. Полученные данные свидетельствуют об эффективном влиянии разрабатываемой добавки на убойные показатели кроликов, что является актуальных для животноводческого хозяйства. По изученным физико-химическим и функционально-технологическим свойствам отмечено превосходство опытных групп перед контрольной по ряду изученных показателей.

Глава К/Х «Кузнецов Н.А.»

Зав. кафедрой техносферной безопасности КемГУ

Доцент кафедры ТППЖП КемГУ

Ассистент кафедры техносферной безопасности КемГУ

 Чунина Ю.Н.
 Неверов Е.Н.
 Ворошилин Р.А.
 Гринюк А.Н.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КемГУ»)

ОКПД2 10.11.39.110

ОКС 67.120.10



УТВЕРЖАЮ
профессор по НИР

Е.А. Жидкова

30 января 2023 г.

МЯСО КРОЛИКА, ОХЛАЖДЕННОЕ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Технологическая инструкция
ТИ 10.11.39-286-02068309-2023

Дата вступления в действие – 31.01.2023 г.

РАЗРАБОТАНО

Зав. кафедрой техносферной
безопасности, к.т.н., доцент
_____ Е.Н. Неверов

Ассистент кафедры техносферной
безопасности
_____ А.Н. Гринюк

Кемерово 2023

Общество с ограниченной ответственностью
«Айс-Групп»



ООО АЙС-Групп

650056, Кемеровская область - Кузбасс, г.
Кемерово, бульвар Строителей, д. 43
Телефон: +7 384 267-16-78
e-mail: icegr@mail.ru

ИНН 4205236879 КПП 420501001
ОГРН 1124205001084

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «АЙС-Групп»

А.В. Михеенко



АКТ

приемки опытно-промышленного образца теплоизолированного кузова
автомобиля и контейнера для холодильной обработки тушек кролика
диоксидом углерода

02 декабря 2019 г.

г. Кемерово

Приемочная комиссия в составе:

Председателя: гл. инженера ООО «АИС-Групп» Демушена А.В.

Членов комиссии: инженера тех. отдела Пеннера Д.Н., механика Крамалинского Г.И., д.т.н., профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., Гринюк А.Н.
провела приемочные испытания теплоизолированного кузова автомобиля и
контейнера для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода и
считает, что предъявленные образцы соответствуют техническому заданию на
проектирование и отвечают техническим требованиям, указанным в проекте.

Приложение: протокол приемочных испытаний от 18 ноября 2019 г.

ПРОТОКОЛ

приемочных испытаний опытно-промышленного образца теплоизолированного кузова автомобиля и контейнера для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода

18 ноября 2019 г.

г. Кемерово

Приемочная комиссия в составе:

Председателя: гл. инженера ООО «АЙС-Групп» Демушена А.В.

Членов комиссии: инженера тех. отдела Пеннера Д.Н., механика Крамалинский Г.И., д.т.н., профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., Гринюка А.Н.

провела приемочные испытания теплоизолированного кузова автомобиля и контейнера для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода в условиях предприятия ООО «АЙС-Групп» в соответствии с ГОСТ Р 15.201-2000 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство» и техническим заданием на проектирование и изготовление опытного образца теплоизолированного кузова автомобиля и контейнера для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода.

Теплоизолированный кузов автомобиля и контейнер для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода спроектирован и изготовлен в КемГУ и подготовлен к испытаниям специалистами ООО «АЙС-Групп» и КемГУ.

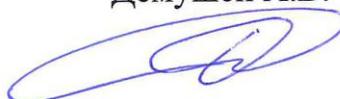
В результате приемочных испытаний комиссия установила следующее:

1. Теплоизолированный кузов автомобиля и контейнер для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода соответствует рабочей документации и отвечает технической характеристике, указанной в чертежах.

2. Теплоизолированный кузов автомобиля и контейнер для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода позволяет транспортировать мяса кролика и поддерживать температуру в кузове $-1 \div 4^{\circ}\text{C}$.
3. С целью обеспечения фиксации контейнеров в кузове автомобиля необходимо установить крепления в нижней части контейнера.
4. Для интенсификации процесса охлаждения тушек кроликов в контейнере предусмотреть отверстия во внутреннем теплоизолированном контуре.

Председатель комиссии:

Демушен А.В.



Члены комиссии:

Пеннер Д.Н.

Крамалинский Г.И.,

Неверов Е.Н.

Гринюк А.Н.



Общество с ограниченной ответственностью
«Айс-Групп»



ООО АЙС-Групп

650056, Кемеровская область - Кузбасс, г.
Кемерово, бульвар Строителей, д. 43
Телефон: +7 384 267-16-78
e-mail: icegr@mail.ru

ИНН 4205236879 КПП 420501001
ОГРН 1124205001084

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «АЙС-Групп»

А.В. Михеенко



АКТ

приемки опытно-промышленного образца теплоизолированного кузова
автомобиля и контейнера для холодильной обработки тушек кролика
диоксидом углерода

Приемочная комиссия в составе:

Председателя: гл. инженера ООО «АИС-Групп» Демушена А.В.

Членов комиссии: инженера тех. отдела Пеннера Д.Н., механика Крамалинского
Г.И., д.т.н., профессора каф. «Теплохладотехника» Неверова Е.Н., Гринюк А.Н.

провела производственные испытания теплоизолированного кузова автомобиля
и контейнера для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода
03.09.19 - 18.11.2019 г.

Целью испытаний являлось следующее:

- способность кузова автомобиля и контейнера обеспечивать заданный температурный режим во время транспортировки;
- контроль нормируемой температуры в тушке кролика во время транспортировки;

- определение оптимального расхода диоксида углерода, подаваемого в контейнер, необходимого для достижения нормируемой температуры в тушках кроликов при различных температурах наружного воздуха.

При апробации работы аппарата установлено:

- кузов автомобиля и контейнер обеспечивают нормируемый температурный режим ($-1\div 4^{\circ}\text{C}$) во время транспортировки за счет сублимации диоксида углерода;

- в целом нормируемая температура в тушках кроликов во время транспортировки была достигнута, за исключением транспортировки при температуре 10°C , произошло небольшое подмораживание тушек, что далее было устранено снижением расхода диоксида углерода;

- получены оптимальные расходы диоксида углерода, подаваемого в кузов автомобиля и контейнер, необходимого для достижения температуры от 0 до 3°C в тушках кроликов при различных температурах наружного воздуха.

Выводы и предложения.

Теплоизолированный кузов автомобиля и контейнер для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода прошли, производственные испытания и показали высокие технико-экономические результаты. Комиссия рекомендует организацию серийного выпуска теплоизолированных кузовов автомобилей и контейнеров для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода.

Председатель комиссии:

Демушен А.В.

Члены комиссии:

Пеннер Д.Н.

Крамалинский Г.И.

Неверов Е.Н.

Гринюк А.Н.



ИНН 4212036849 КПП 421201001
652518, РФ, Кемеровская область, г.

Ленинск-Кузнецкий, пл. Имени

Кирова, 19

www.alinkino.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Алинкино»,
А.А. Ильиных

2019 г.



Дегустационная комиссия в составе:

Председателя: директора ООО «Алинкино» А.А. Ильиных

Членов комиссии: гл. технолога Танцеровой К.Н., профессора каф. «Теплохладотехника» КемГУ Неверова Е.Н., Гринюк А.Н.

Произвели проверку качества мяса кролика охлажденного диоксидом углерода (CO₂) после 5 суток хранения не упакованных и 6 суток, упакованных в условиях имитирующих транспортирование при температуре наружного воздуха 20 °С.

Представленные образцы имели следующие органолептические показатели:

Форма: обычная, соответствует данному виду продукта.

Поверхность тушки: влажная, бледно-желтого цвета с розовым оттенком.

Жир: бледно-желтого цвета.

Мышцы на разрезе: слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге; бледно-розового цвета.

Консистенция: мышцы плотные, упругие, при надавливании пальцем образующаяся ямка быстро выравнивается.

Запах: специфический, свойственный мясу кроликов.

Пробная варка мяса:

Бульон: прозрачный, на поверхности мелкие капли жира светло-желтого цвета.

Запах: вареного мяса.

Дегустационная комиссия, рассмотрев представленные образцы, пришла к заключению, что партия мяса кролика, охлажденная диоксидом углерода (СО₂), по показателям соответствует требованиям ГОСТ 27747-2016, предъявляемым к данной группе продукции.

Председатель комиссии:



А.А. Ильиных

Члены комиссии:



К.Н. Танцерева

Е.Н. Неверов

А.Н. Гринюк



УТВЕРЖАЮ

Проректор по цифровой
трансформации КемГУ

Р.М. Котов

« 10 июня » 2023 г

**АКТ
внедрения в учебный процесс материалов диссертационного
исследования Гринюк А.Н.**

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой теплохладотехника, доктор технических наук, профессор Короткий И.А., заведующий кафедрой технологии продуктов питания животного происхождения, доктор технических наук, доцент Курбанова М.Г., начальник методического отдела УМУ, кандидат технических наук, доцент Румянцева Е.Е. составили настоящий акт о том, что материалы диссертационного исследования Гринюк А.Н. внедрены в учебный процесс при реализации образовательных программ бакалавриата по направлениям 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения, 19.03.03 Продукты питания животного происхождения.

Разработанные технологии применения диоксида углерода для технологического и аппаратурного обеспечения продуктивности кролиководства и послеубойной сохранности крольчатины будут использованы при проведении лабораторных и практических занятий, а также при выполнении и подготовке выпускных квалификационных работ.

Зав. кафедрой теплохладотехника
д.т.н., профессор

Короткий И.А.

Зав. кафедрой технологии продуктов
питания животного происхождения
д.т.н., доцент

Курбанова М.Г.

Начальник методического отдела
Учебно-методического управления, к.т.н.

Румянцева Е.Е.

Приложение 2

Расчет экономической эффективности применения CO₂ при транспортировке мяса кролика

Расчет ожидаемого экономического эффекта заключается в расчете полученных затрат на транспортировку тушек кролика охлаждаемых диоксидом углерода. Техническое решение см. глава 3. Сравнение данного способа транспортировки произведем с транспортировкой в авторефрижераторе.

При расчете ожидаемого экономического эффекта необходимо принять, что тушки кролика транспортируемые авторефрижераторным транспортом предварительно охлаждены до определенной среднеобъемной температуры, а в рассматриваемом случае будут охлаждаться до этой температуры непосредственно снегообразным CO₂ при транспортировке.

Исходные данные:

1. При выполнении исследований экспериментально было получено, что при температуре жидкого диоксида углерода ($t = 19,5 \text{ }^\circ\text{C}$) и T – образном профиле дроссельного отверстия, а также при расходе жидкого диоксида углерода в количестве 0,9 кг – выход снегообразного CO₂ составил 0,215 кг.
2. Цена 1 кг жидкой фазы CO₂, составляет 11,6 руб.
3. Цена 1 литра топлива составляет 45 руб.
4. Принимаем температуру окружающей среды равную 25 °C, а достигаемую среднеобъемную температуру тушки - 4°C.

Количество снегообразного CO₂ необходимого для получения среднеобъемной температуры в тушки равной – 4°C, кг:

$$G = \frac{M(h_n - h_k)}{[r + C_p(t - t_{ch})]}, \quad (7.1)$$

где: M - масса тушки кролика, кг;

h_n - удельная энтальпия мяса в начале охлаждения, Дж/кг;

h_k - удельная энтальпия мяса в конце охлаждения, Дж/кг;

r - скрытая теплота сублимации, соответствующая температуре поверхности снега, Дж/кг;

C_p - теплоемкость паров CO_2 , Дж/(кгК);

t - температура окружающей среды, °С;

$t_{сн}$ - температура поверхности сублимирующегося снега CO_2 , °С.

$$G = \frac{1,2(585,5 - 315,4)}{694,4} = 0,466.$$

Вес жидкой CO_2 , необходимой для получения среднеобъемной температуры в тушки равной $-4^\circ C$, кг:

$$G_{ж} = G \frac{M_{ж}}{M_{сн}}, \quad (7.2)$$

где: $\frac{M_{ж}}{M_{сн}}$ – отношение затраченного жидкого CO_2 к получаемому снегооб-
разному, кг;

$$\text{при } t = 19,5^\circ C ; G_{ж} = 0,466 \frac{0,9}{0,215} = 1,95.$$

Стоимость жидкого диоксида углерода, руб:

$$C = G_{ж} \times Ц_1, \quad (7.3)$$

где: $Ц_1$ – цена 1 кг жидкого диоксида углерода, руб;

$$C = 1,95 \times 11,6 = 22,62.$$

Принимаем, что тушки кролика уложены в контейнеры по 20 кг.

Количество тушек в контейнере, шт:

$$K_T = \frac{20}{(M + G)}, \quad (7.4)$$

$$K_T = \frac{20}{(1,2 + 0,466)} = 12.$$

Количество снегообразного CO_2 в контейнере, кг:

$$G_1 = K_T \times G, \quad (7.5)$$

$$G_1 = 12 \times 0,466 = 5,6.$$

В качестве примера принимаем автомобиль модели ISUSI, производства Японии с дизельным двигателем и грузоподъемностью 3000 кг.

Получаем, что в автомобиль можно загрузить 150 контейнеров, в которых общий вес снегообразного CO_2 составит 840 кг.

Вес жидкого CO_2 , необходимого для получения заданной среднеобъемной температуры в тушки, кг:

$$G_{ж1} = 840 \frac{0,9}{0,215} = 3516,3.$$

Стоимость жидкой фазы диоксида углерода (4), руб:

$$C_1 = 3516,3 \times 11,6 = 40785,6.$$

Транспортировка тушек кролика подвергаемых холодильной обработке снегообразным диоксидом углерода, может производиться в течение пяти суток, без изменения качества мяса.

Для примера транспортировку тушек будем производить на расстояние 2000 км.

Из расчёта, что автомобиль тратит дизельного топлива на 100 км, 12 литров при скорости 80 км/ч.

Количество горючих материалов, а именно дизельного топлива затрачиваемого для преодоления этого пути литров:

$$D = 240 \text{ л.}$$

Стоимость затрачиваемого топлива C_2 , руб:

$$C_2 = D \times Ц_2, \quad (7.6)$$

где: $Ц_2$ – стоимость одного литра дизельного топлива, руб.

$$C_2 = 240 \times 45 = 10800.$$

Стоимость расходуемых материалов (рабочие жидкости, масла смазки, запасные части и т.д.), руб [22, 32]:

$$C_3 = K_{pm} C_2, \quad (7.7)$$

где: K_{pm} – безразмерный коэффициент учитывающий затраты на расходуемые материалы [25].

$$C_3 = 2,42 \times 10800 = 26136.$$

Общие затраты на транспортировку, руб:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_3, \quad (7.8)$$

$$C_{\text{общ}} = 40785,6 + 26136 = 66921,6.$$

Общие затраты на транспортировку одной тонны мяса кроликов, руб:

$$C_T = \frac{C_{\text{общ}}}{M_{\text{общ}}}, \quad (7.9)$$

где: $M_{\text{общ}}$ – масса мяса кролика размещенного в автомобиле, кг;

$$C_T = \frac{66921,6 \times 1000}{3000} = 22310,2.$$

Сравним затраты с автомобилем модели ISUSI производства Японии с дизельным двигателем и грузоподъемностью 3000 кг оборудованным холодильным агрегатом с термоизолированной камерой.

Стоимость 1 км пути составляет 45 руб, а стоимость 2000 км будет соответственно составлять $C_{\text{общ1}} = 90000$ руб.*

*Данные транспортной компании «ГрузовозоФФ».

Общие затраты на транспортировку одной тонны мяса кролика, руб:

$$C_{T1} = \frac{(C_{\text{общ1}} + C_{\text{охл}})}{M_{\text{общ1}}}, \quad (7.10)$$

где: $C_{\text{охл}}$ — стоимость охлаждения 1кг мяса кролика перед транспортировкой, руб.

$$C_{\text{тп}} = \frac{(90000 + 3750) * 1000}{3000} = 31250.$$

Экономическая эффективность предложенной технологии достигается при транспортировке тушек кролика на расстояние более 2000 км, и составляет 267 руб. на 1 т. мяса. Причем, при увеличении расстояния транспортировки не превышающего 5 суток, экономическая эффективность возрастает до 19800 руб. на 1 т.

Приложение 3

Определение экономической эффективности капитальных вложений при внедрении аппарата для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода

При внедрении в производство аппарата для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода руководствовались следующими принципами:

- увеличение выхода продукции при минимальных затратах труда и средств на единицу продукции;
- сокращение срока окупаемых капитальных вложений;
- увеличение годового экономического эффекта;
- сокращение числа операций и их совмещение;
- сокращение сроков выполнения работ;
- повышение качества продукции.

В современной мясоперерабатывающей промышленности для охлаждения кролика применяют гидроаэрозольно-испарительное охлаждение. Часто эту технологию называют охлаждение «душированием». Сущность гидроаэрозольно-испарительного метода заключается в распылении воды в объеме холодильной камеры, где на конвейере движется мясо, при этом в камере работают модифицированные воздухоохладители.

Достоинством гидроаэрозольно-испарительного охлаждения является меньшие энергозатраты на охлаждение, меньшие затраты на холодильное оборудование и отсутствие заражения всей партии птицы, если одна или несколько тушек заражены.

Экономическую эффективность внедрения нового аппарата для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода определяем методом сравнения по следующим основным показателям:

1. Производительность аппарата за час работы (смену или год), кг.
2. Затраты труда на единицу продукции или работы, чел = ч/т.
3. Энергоемкость процесса, кВт/т.
4. Удельная металлоемкость процесса, кг/г.
5. Капитальные вложения и удельные капитальные вложения, руб/т.
6. Эксплуатационные расходы на плановый выпуск продукции, руб.
7. Удельные эксплуатационные расходы, руб/т.
8. Годовая сумма эксплуатационных затрат, руб.
9. Срок окупаемости капитальных вложений, год.
10. Годовой экономический эффект по приведенным затратам, руб.

Исходные данные для расчета экономической эффективности внедрения новой технологической линии приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№	Наименование показателей	Технологическая линия ГО-0,33	Аппарат на CO ₂
1	Масса оборудования, кг	1230	720
2	Прейскурант, руб	2300000	1250000
3	Мощность электродвигателей, кВт	25	8,5
4	Производительность, кг/ч	330	330
5	Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
6	Тарифный разряд	6	6
7	Тарифная ставка, руб.	10,4	10,4
8	Норма амортизационных отчислений, %	10	10
9	Норма отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание оборудования. %	5,4	5,4
10	Число машино-смен в году, смен	500	500

Сменная производительность оборудования непрерывного действия $\Pi_{см}$, т/см определяется по формуле [4.1;4.2]:

$$\Pi_{см} = 0,330 \cdot 20 = 6,6$$

Годовая производительность труда $\Pi_{год}$, т/год [4.3]:

$$\Pi_{год} = 6,6 \cdot 500 = 3300.$$

Затраты труда на 1 т продукции T , чел.-ч [4.4]:

$$T = \frac{1}{0,33} = 3,03$$

Снижение затрат труда $T_{см}$, % [4.5].

Снижение затрат труда происходит не будет т.к. производительность труда и количество задействованных рабочих будет одинаково при использовании обеих технологий.

Энергоемкость процесса Q , кВт/т [4.6]:

$$Q_1 = \frac{25}{0,33} = 75,7$$

$$Q_1 = \frac{8,5}{0,33} = 25,7$$

Снижение энергоемкости $Q_{см}$, % [4.7]:

$$Q_{см} = \frac{75,7 - 25,7}{75,7} \times 100 = 66$$

Удельная металлоемкость M , кг/т [4.8]:

$$M_1 = \frac{1230}{3300} = 0,372$$

$$M_2 = \frac{720}{3300} = 0,218$$

Снижение металлоемкости $M_{см}$, % [4.9]:

$$M_{см} = \frac{0,372 - 0,218}{0,372} \cdot 100 = 41,3$$

Капитальные вложения K , руб. [4.10]:

$$K_1 = 2300000 \times 1,2 = 2760000$$

$$K_2 = 1250000 \times 1,2 = 1500000$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$, руб/т [4.11]:

$$K_{уд1} = \frac{2760000}{3300} = 836,36$$

$$K_{уд2} = \frac{1500000}{3300} = 454,54$$

Расчет эксплуатационных затрат на плановый годовой выпуск продукции $S_{общ}$, руб [4.12]:

$$S_{общ1} = 276000 + 136080 + 210411 + 34320 + 12217,92 + 253146,9 = 8922175,82$$

$$S_{общ2} = 150000 + 74520 + 76672 + 34320 + 12217,92 + 146364,8 = 494094,72$$

Порядок определения эксплуатационных затрат продукции на плановый годовой выпуск:

1. Затраты на амортизацию рассчитываются исходя из норм амортизации, балансовой стоимости оборудования. Балансовая стоимость включает всю

сумму производственных расходов на приобретение, доставку, установку и монтаж оборудования; при этом в балансовую стоимость оборудования включается налог на добавленную стоимость.

Расчет амортизационных отчислений S_a , руб., производят по формуле [4.13]:

$$S_{a1} = \frac{10 \times 2760000}{100} = 276000$$

$$S_{a2} = \frac{10 \times 1500000}{100} = 150000$$

2. Затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание рассчитываются исходя из норм отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание, также балансовой стоимости оборудования.

Расчет затрат на текущий ремонт и техническое обслуживание $S_{тр}$, руб., производят по формуле [4.14]:

$$S_{тр1} = \frac{5,4 \times 2760000}{100} = 14904$$

$$S_{тр2} = \frac{5,4 \times 1500000}{100} = 8100$$

3. Энергетические затраты $S_{эн}$, руб., определяются как произведение удельных расходов электроэнергии, пара, холода и т. д. на единицу продукции, на стоимость единицы соответствующего вида энергии и планового годового объема продукции [4.15].

$$S_{эн.эл.1} = 75,7 \times 3300 \times 0,82 = 204844,2$$

$$S_{эн.эл.2} = 25,7 \times 3300 \times 0,82 = 69544,2$$

$$S_{эн.вода.1} = 0,1 \times 3300 \times 16,87 = 5567,1$$

$$S_{эн.со2.2} = 0,090 \times 3300 \times 23 = 6831$$

4. Затраты на заработную плату рабочих, обслуживающих оборудование, рассчитывают в соответствии с количеством рабочих и их квалификацией, часовой тарифной ставкой и трудоемкостью годового выпуска продукции $S_{зп}$, руб. [4.16]:

$$S_{зп} = 10,4 \times 3300 = 34320$$

5. Затраты на социальные нужды $S_{сн}$, руб., определяются в размере 35,6% от затрат на заработную плату персонала, обслуживающего оборудование [4.17].

$$S_{сн} = 34320 \cdot 0,356 = 12217,92$$

6. Прочие затраты $S_{пр}$, руб., включают в себя затраты на содержание административно-технического персонала цеха, охрану труда и технику безопасности и прочие затраты, связанные с обслуживанием оборудования. Эти затраты следует принимать в размере 10% от затрат на амортизацию, текущий ремонт и техническое обслуживание, энергетические затраты и 25% - от заработной платы рабочих, занятых эксплуатацией оборудования [4.18]:

$$S_{проч1} = 0,1 \times (2760000 + 136080 - 210411) + 0,25 \times 34320 = 277146,9$$

$$S_{проч2} = 0,1 \times (1500000 + 74520 - 76672) + 0,25 \times 34320 = 23364,8$$

Размер эксплуатационных расходов на единицу продукции C , руб. определяется по формуле [4.19]:

$$C_1 = \frac{922175,82}{3300} = 279,44$$

$$C_2 = \frac{494094,72}{3300} = 149,72$$

Общую сумму эксплуатационных расходов на плановый годовой выпуск продукции сводим в таблице 2.

Таблица 2 – Эксплуатационные расходы на годовой выпуск продукции

№ п/п	Показатели	Эталонная машина	Новая машина
1	Затраты на амортизацию	276000	150000
2	Затраты на ремонт и техническое обслуживание	136080	74520
3	Энергетические затраты	210411	76672
4	Затраты на заработную плату обслуживающего персонала	34320	34320
5	Затраты на социальные нужды	12217,92	12217,92
6	Прочие затраты	253146,9	146364,8
	Итого эксплуатационных расходов, $S_{\text{общ}}$	922175,82	494094,72

Годовая экономия эксплуатационных затрат $\Delta\gamma$, руб. [4.20]:

$$\Delta\gamma = (279,44 - 149,72) \times 3300 = 428,076$$

Срок окупаемости и дополнительных капитальных вложений $T_{\text{одк}}$, лет [4.21]:

$$T_{\text{одк}} = \frac{836,36 - 454,54}{279,44 - 149,72} = 2,94$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений [4.22]:

$$E_{\text{кдк}} = \frac{279,44 - 149,72}{836,36 - 454,54} = 0,33$$

Годовой экономический эффект от внедрения нового оборудования $\Delta_{\text{пр}}$, руб. [4.23]

$$\Delta_{\text{пр}} = [(279,44 + 0,16 \times 836,36) - (149,72 + 0,16 \times 454,54)] \times 3300 = 629819,52$$

Результаты расчетов экономической эффективности капитальных вложений при внедрении нового оборудования заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Показатели экономической эффективности внедрения аппарата для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Эталонная Машина	Новая Машина
1	2	3	4	5
1	Производительность оборудования:			
	— часовая;	т	0,33	0,33
	— сменная;	т	6,6	6,6
	— годовая	т	3300	3300
2	Затраты труда на 1 т	чел.-ч	2,6	2,6
3	Снижение затрат труда	%	0	0
4	Энергоемкость процесса	кВт/т	75,7	25,7
5	Снижение энергоемкости	%	-	66
6	Удельная металлоемкость	кг/т	0,372	0,169
7	Снижение металлоемкости	%	-	54,5
8	Капитальные вложения	руб.	2760000	1500000
9	Удельные капитальные вложения	руб/т	836,36	454,54
10	Общая сумма эксплуатационных расходов	руб.	922175,82	794094,72
11	Эксплуатационные расходы на единицу продукции	руб/т	279,44	149,72
12	Годовая экономия эксплуатационных расходов	руб.	-	416130
13	Срок окупаемости капитальных вложений:			
	— новых;	лет	-	2,7
	— дополнительных	лет	-	-

продолжение таблицы 3

14	Приведенные затраты $Z_n = (C_1 + En \cdot K_1)$	руб.	394,3	213,0
1	2	3	4	5
15	Годовой экономический эффект приведенных затрат	руб.	-	629819,52
16	Срок хранения продукции	дней	3	5

Из результатов расчетов экономической эффективности капитальных вложений при внедрении нового оборудования наглядно видно, что при большей производительности машины, работающей на диоксиде углерода, при тех же затратах труда на 1 т продукции снижаются следующие показатели: энергоемкость процесса; удельная металлоемкость; капитальные вложения; удельные капитальные вложения; эксплуатационные расходы на единицу продукции, что приводит к экономии эксплуатационных расходов и уменьшению затрат.

Общая сумма эксплуатационных расходов понижается почти в 2 раза, а годовой экономический эффект составляет 629819,52 руб.

Приложение 4

Программа для расчета необходимой массы снегообразного диоксида углерода

```
<?xml version="1.0" encoding="Microsoft?>
<Project Microsoft  ="16.0" xmlns="Программа  для  расчета
необходимой массы снегообразного диоксида углерода >
  <PropertyGroup>
    <Configuration Condition="  '$(Configuration)';
==  ';>Debug</Configuration>
    <Platform Condition="  '$(Platform)'; ==  ';&
apos; " >x86</Platform>
    <ProductVersion>m CO2 </ProductVersion>
    <SchemaVersion>10 </SchemaVersion>
    <ProjectGuid>{8F9CECCB-AB5E-4D94-8FC2-
7E14A9871C51}</ProjectGuid>
    <OutputType>Exe</OutputType>
    <AppDesignerFolder>Properties</AppDesignerFolder>
  <
  <RootNamespace>QueryExecution</RootNamespace>
  <AssemblyName>QueryExecution</AssemblyName>
  <TargetFrameworkVersion>v4.0</TargetFrameworkVersi
on>
  <TargetFrameworkProfile>Client</TargetFrameworkPro
file>
  <FileAlignment>512</FileAlignment>
</PropertyGroup>
  <PropertyGroup Condition="  '$(Configuration)|$(Platfo
rm)'; ==  ';>Debug|x86'; " >
    <PlatformTarget>{B9} </PlatformTarget>
    <DebugSymbols>>true</DebugSymbols>
    <DebugType>full</DebugType>
    <Optimize>>false</Optimize>
```

```

    <OutputPath>bin\Debug\</OutputPath>;
    <DefineConstants>DEBUG;TRACE</DefineConstants>;
    <ErrorReport>prompt</ErrorReport>;
    <WarningLevel>{D9}</WarningLevel>;
</PropertyGroup>;
<PropertyGroup Condition="&apos;$(Configuration)|$(Platform)
rm)&apos; == &apos;Release|x86&apos;" >
    <PlatformTarget>{B10}</PlatformTarget>;
    <DebugType>pdbonly</DebugType>;
    <Optimize>>true</Optimize>;
    <OutputPath>bin\Release\</OutputPath>;
    <DefineConstants>TRACE</DefineConstants>;
    <ErrorReport>prompt</ErrorReport>;
    <WarningLevel>{D10}</WarningLevel>;
</PropertyGroup>;
<ItemGroup>;
    <Reference Include="10" />;
    <Reference Include="15" />;
    <Reference Include="20" />;
    <Reference Include="25" />;
    <Reference Include="30" />;
    <Reference Include="35" />;
    <Reference Include="System.Xml" />;
</ItemGroup>;
<ItemGroup>;
    <Compile Include="Program.cs" />;
    <Compile Include="Properties\AssemblyInfo.cs" />;
</ItemGroup>;
<Import Project="TABLES 10, 15, 20, 25, 30, 35" />;
<!--Необходимая масса снегообразного диоксида углерода.
<Target Name="Масса необходимого снегообразного CO2">
</Target>;
<Target Name="Температура окружающей среды">
</Target>;
-->

```

```

public class Product
{
    public int ProductID { get; set; }
    public string ProductName { get; set; }
    public string Category { get; set; }
    public decimal UnitPrice { get; set; }
    public int UnitsInStock { get; set; }
}

public class Order
{
    public int OrderID { get; set; }
    public DateTime OrderDate { get; set; }
    public decimal Total { get; set; }
}

class LinqSamples
{
    private List<Product> productList;
    private List<Customer> customerList;

    [Category("Query Execution")]
    [Description("The following sample shows how query
execution is deferred until the query is " +
                "enumerated at a foreach statement.")]

    public void Linq99()
    {

        // Queries are not executed until you enumerate over them.
        int[] numbers = new int[] { 10, 15, 20, 25, 30,
35};

        int i = 0;
        var simpleQuery =

```

```

        from num in numbers
        select ++i;

// The local variable &apos;i&apos; is not incremented
// until the query is executed in the foreach loop.
Console.WriteLine("Вы уже ввели температуру окружающей
среды, i); //i is still zero

        foreach (var item in simpleQuery)
        {
            Console.WriteLine("v = {0}, i = {1}", item, i); // now i is inc
            remented
        }

[Category("Query Execution")]
[Description("Введите массу транспортируемого
продукта + Введите температуру окружающей среды)]
    public void Linq100()
    {

        // Methods like ToList(), Max(), and Count() cause the query to
        be
            // executed immediately.
            int[] numbers = new int[] { 5, 4, 1, 3, 9, 8, 6
, 7, 2, 0 };

            int i = 0;
            var immediateQuery = (
                from num in numbers
                select ++i)
                .ToList();

            Console.WriteLine("The current value of i is {0}", i); //i has
            been incremented

            foreach (var item in immediateQuery)
            {
                Console.WriteLine("v = {0}, i = {1}", item, i);
            }
        }

[Category("Query Execution")]
[Description("Ошибка при вводе данных " +
                "Повторите попытку ввода данных")]
    public void Linq101()
    {

</Project>

```