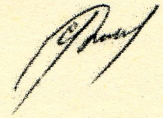


На правах рукописи



Рыжова Светлана Германовна

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ  
КОПЧЕНО–ВАРЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СВИНИНЫ**

Специальность **05.18.04** – технология мясных, молочных и рыбных  
продуктов и холодильных производств

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

МОСКВА - 2018

Работа выполнена в лаборатории холодильной технологии продуктов животного происхождения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности» (ФГБНУ ВНИХИ)

Научный руководитель: доктор технических наук,  
старший научный сотрудник  
**Дибирасулаев Магомед Абдулмаликович**

Официальные оппоненты: **Криштафович Валентина Ивановна**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой товароведения и экспертизы товаров АНО ОВО ЦС РФ «Российский университет кооперации»

**Бабакин Борис Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, кафедра ресурсосберегающих процессов и технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Ведущая организация: «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» – филиал ФГБНУ Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук

Защита диссертации состоится «30» марта 2018 г в 11 ч на заседании диссертационного совета Д 307.004.03 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17.

Факс (499) 264-91-87, e-mail: fishing@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «ВНИРО» и на сайте <http://vniro.ru>.

Автореферат разослан «28» февраля 2018 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Татарников Вячеслав  
Александрович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Концепция государственной политики в области здорового питания населения России в качестве основных приоритетов предусматривает значительное расширение отечественного производства пищевых продуктов и обеспечение их безопасности. В этой связи первостепенное значение приобретает задача максимального сохранения продовольственного сырья и пищевых продуктов на всех этапах их производства, хранения, транспортирования и реализации.

Анализ научных публикаций Международного института холода в области холодильной обработки и хранения мяса и мясопродуктов показывает, что в мировой практике сохраняется тенденция на переход к интенсивным методам охлаждения. Применительно к охлаждению готовой продукции (вторичное охлаждение) указывается, что с целью сохранения качества продукта, снижения микробиологической обсеменённости и уменьшения потерь массы во многих странах разработаны рекомендации, регламентирующие значения конечной температуры, продолжительности процесса, скорости охлаждения и температуры хранения продукта.

В соответствии с этими рекомендациями разница в конечной температуре продукта после охлаждения в различных странах доходит до 8 °С, а в продолжительности процесса охлаждения до 4,5 часов. В некоторых странах таких как Дания, Франция, Швеция разница между температурой хранения продукта и конечной температурой после охлаждения составляет 5-7 °С, в то время как, в остальных странах, как правило, эти температуры равны

В действующей в России НД на копчено-вареные изделия из свинины предусмотрено понижение температуры в центре готового продукта в процессе охлаждения от 71-74 °С до 0 - 6 °С без указания значений скорости и продолжительности их охлаждения.

В разработке технологии консервирования мяса и мясных продуктов холодом большую роль сыграли труды отечественных и зарубежных авторов (Алямовский И.Г., Белозеров Г.А., Бражников А.М., Головкин Н.А., Дибирасулаев М.А.,

Куцакова В.Е., Рютов Д.Г., Шеффер А.П., Чижов Г.Б., Чумак И.Г., James C., McDonald K., Juneja V.K., Sun, D.W., Wang, L.). Работы по интенсификации процессов холодильной обработки и исследования качественных изменений мяса в зависимости от технологических режимов холодильной обработки и хранения в основном выполнены применительно к тушам и полутушам.

Проведение исследований по научному обоснованию параметров охлаждающей среды с целью интенсификации технологического процесса и создания экологически безопасной технологии охлаждения копчено-вареных изделий из свинины является актуальной проблемой для предприятий мясной отрасли.

**Целью работы** является разработка технологии с обоснованием параметров процесса охлаждения и хранения копчено-вареных продуктов из свинины, обеспечивающей сохранение качества, сокращение потерь массы, увеличение срока годности и микробиологической безопасности.

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

- изучить состав копчено-вареного окорока из свинины и определить значение криоскопической температуры, установить взаимосвязь между геометрическими размерами и массой продукта, получить уравнения регрессии, необходимые для решения задач по оптимизации технологических параметров охлаждения;
- усовершенствовать математическую модель охлаждения копчено-вареного окорока из свинины путем интегрирования модели тепломассопереноса с кинетикой роста микроорганизмов в процессе охлаждения;
- провести проверку адекватности модели в промышленных условиях применительно к разным способам охлаждения;
- изучить влияние режимных параметров охлаждения (температуры, скорости движения воздуха) на интенсивность процесса и рост микрофлоры продукта;
- исследовать влияние различных режимов охлаждения и последующего хранения копчено-вареного окорока на микроструктуру, степень протеолиза белков, гидролитические и окислительные изменения липидов, развитие микроорганизмов и изменение органолептических показателей;

- разработать технологию охлаждения и хранения копчено-вареного окорока из свинины;

-оценить экономическую эффективность новой технологии быстрого одностадийного способа охлаждения.

**Научная новизна.** На основе статистических данных рассчитаны средние значения: содержания влаги -70,8 %, белка - 20,0 %, жира- 7,6 % копчено-вареного окорока, определена криоскопическая температура - минус 2,73 °С, получены регрессионные зависимости между геометрическими размерами и массой копчено-вареных окороков, необходимые для решения задачи оптимизации технологических параметров процесса охлаждения мясных продуктов.

Усовершенствована математическая модель одностадийного охлаждения копчено-вареного окорока из свинины путем интегрирования модели теплопереноса с кинетикой роста микроорганизмов, позволяющая оценить влияние интенсивности процесса охлаждения на скорость роста микроорганизмов.

Установлена высокая адекватность модели применительно к медленному и быстрому способам охлаждения. Максимальное расхождение между экспериментальными и расчетными значениями температуры центра продукта в процессе охлаждения не превышает 10%.

Расчетами, проведенными в широком диапазоне изменения температуры и скорости движения воздуха с применением усовершенствованной модели, установлены значения параметров охлаждающей среды минус  $2 \pm 0,5$  °С и скорость движения воздуха  $3 \pm 0,5$  м/с. Применение установленных режимов быстрого охлаждения уменьшает рост микроорганизмов в копчено-вареных изделиях после охлаждения в 2,6 раза, по сравнению с медленным (промышленным) способом охлаждения.

Установлен характер изменения физико-химических, биохимических, микробиологических, структурно-механических и органолептических показателей копчено-вареных окороков в зависимости от технологических режимов охлаждения и хранения. Определена устойчивость жировой фракции окороков к гидролитической и окислительной порче в зависимости от способов охлаждения.

**Практическая значимость работы.** Разработана технология одностадийного быстрого охлаждения копчено-вареного окорока из свинины с применением близкриоскопических температурных режимов хранения. Применение разработанной технологии обеспечивает сохранение качества, увеличение сроков хранения в 1,6 раз, сокращение потерь массы от усушки в 1,4 раза по сравнению с применяемым промышленным способом охлаждения и хранения.

Разработана и утверждена технологическая инструкция и нормы потерь на новую технологию быстрого одностадийного охлаждения и хранения копчено-вареного окорока.

Промышленная апробация разработанной технологии проведена на АО «Мясокомбинат Клинский». Экономический эффект от применения разработанной технологии составляет 4,6 тыс. руб. на 1 тонну.

#### **Методология и методы исследования.**

Методологическая основа диссертационной работы включает в себя комплекс общенаучных и специальных методов исследования. Основой научных исследований является анализ состава копчено-вареного окорока из свинины, определение криоскопической температуры, выявление зависимости между геометрическими размерами и массой продукта, получение уравнений регрессии, необходимых для решения задач по оптимизации технологических параметров охлаждения, усовершенствование математической модели копчено-вареного окорока из свинины путем интегрирования модели тепломассопереноса с кинетикой роста микроорганизмов в процессе охлаждения и изучение качественных показателей копчено-вареных окороков в зависимости от технологических режимов охлаждения и хранения. В ходе выполнения работы использованы опубликованные научно-методические материалы и нормативные документы. При проведении экспериментов применялись современные физико-химические, биохимические, структурно-механические и микроструктурные методы исследований.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- экспериментальные данные химического состава, взаимосвязь между геометрическими размерами и массой копчено-вареных окороков и регрессионные зависимости, необходимые для решения задачи оптимизации технологических параметров процесса охлаждения и хранения мясных продуктов;

- результаты проверки адекватности усовершенствованной интегрированной модели процессов тепломассопереноса с учетом зависимости роста микроорганизмов от скорости охлаждения применительно к одностадийному медленному и быстрому способам охлаждения копчено-вареных изделий из свинины;

- результаты исследований влияния параметров охлаждающей среды на изменение температуры продукта, рост микроорганизмов и продолжительность процесса охлаждения;

- экспериментальные данные, характеризующие изменения физико-химических, биохимических, микробиологических, структурно-механических свойств, микроструктурных и органолептических показателей копчено-вареных окороков от технологических режимов охлаждения и хранения.

#### **Апробация работы**

Результаты диссертационной работы были представлены и доложены на научно-практической конференции «Интеграция функциональных и прикладных исследований – основа развития современных аграрно-пищевых технологий», Углич, 2007; научно-практической конференции «Современные биотехнологии переработки сельскохозяйственного сырья и вторичных ресурсов», Углич, 2009; научно-практической конференции «Актуальные проблемы в области инновационных технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов», Углич, 2011; 11-ой международной научно-практической конференции, посвященной памяти В.М. Горбатова, Москва, 2010; всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы в области создания инновационных технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов», Углич, 2011; всероссийской научно-практической конференции

«Актуальные проблемы в области создания инновационных технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов», Москва, 2011; VI-ой международной научно-технической конференции. «Низко-температурные и пищевые технологии в XXI веке», С-П, 2013; международной научно-практической конференции «Новые подходы, принципы и механизмы повышения эффективности производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Волгоград, 2014.

#### **Личное участие соискателя**

Диссертационная работа выполнена соискателем лично. Автором проведен анализ научно-технической литературы по теме диссертации, разработана методика выполнения исследований, проведены эксперименты, сделан анализ и обобщение полученных результатов, сформулированы выводы по работе. При непосредственном участии соискателя проведена производственная проверка разработанной новой технологии одностадийного быстрого охлаждения копчено-вареного окорока из свинины на предприятии АО «Мясокомбинат Клинский». Савторство по отдельным этапам работы отражены в списке публикаций.

#### **Публикации**

По материалам выполненных исследований опубликовано 12 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК РФ и получено 2 патента.

#### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, включающих аналитический обзор литературы, объекты и методы исследований, экспериментальную часть, заключение, список использованной литературы, включающего 70 отечественных и 98 зарубежных источников информации. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц и 28 рисунков и 5 приложений.

Диссертационная работа выполнена в ФГБНУ ВНИХИ.

#### **Степень достоверности результатов работы**

Степень достоверности результатов работы подтверждается проведением экспериментов в 5–10 кратной повторности, использованием современных

инструментальных методов исследований, статистической обработкой данных при доверительной вероятности не менее 0,95 и 0,99.

#### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснованы актуальность темы диссертации, научная новизна, практическая значимость работы, сформулированы цель и задачи исследований, положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен анализ научно-технической литературы по существующим способам и режимам охлаждения и хранения мяса и мясных продуктов, дана характеристика состава и свойств вареных и варено-копченых продуктов и их изменение при охлаждении и хранении, обсуждены вопросы моделирования процессов охлаждения вареных и варено-копченых продуктов.

В результате проведенного аналитического исследования подтверждена актуальность решения обозначенной проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

**Во второй главе** изложены организация, объекты и методы проведения экспериментов. Структурная схема исследований представлена на рисунке 1.

Исследования проводились в ФГБНУ «ВНИХИ» в рамках плана НИР по программе ФНИ государственных академий наук - «Научные основы управления биохимическими и технологическими процессами хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов с целью сокращения потерь, стабилизации качества и повышения хранимоспособности продукции».

Объектом исследования являлся копчено-вареный окорок из свинины "Венский" по ТУ 9213-048-00422824-07, который сразу после выгрузки из пароварочной камеры с температурой в центре продукта от 70 до 74 °С подвергался охлаждению до температуры в центре продукта 0-6 °С. При выполнении опытов охлаждение копчено-вареных изделий проводили одностадийным медленным способом в камере при температуре 3,5°- 4,5°С и скорости движения воздуха 0,2 – 0,5 м/с (контроль) и одностадийным быстрым способом охлаждения при температуре минус 2 ±0,5°С и скорости движения воздуха 3,0± 0,5 м/с (опыт). После охлаждения копчено-вареный окорок хранили при двух режимах: при температуре

0-6 °С в течение 5÷8 суток и при температуре минус 1,5÷2,5 °С в течение 8÷11 суток.

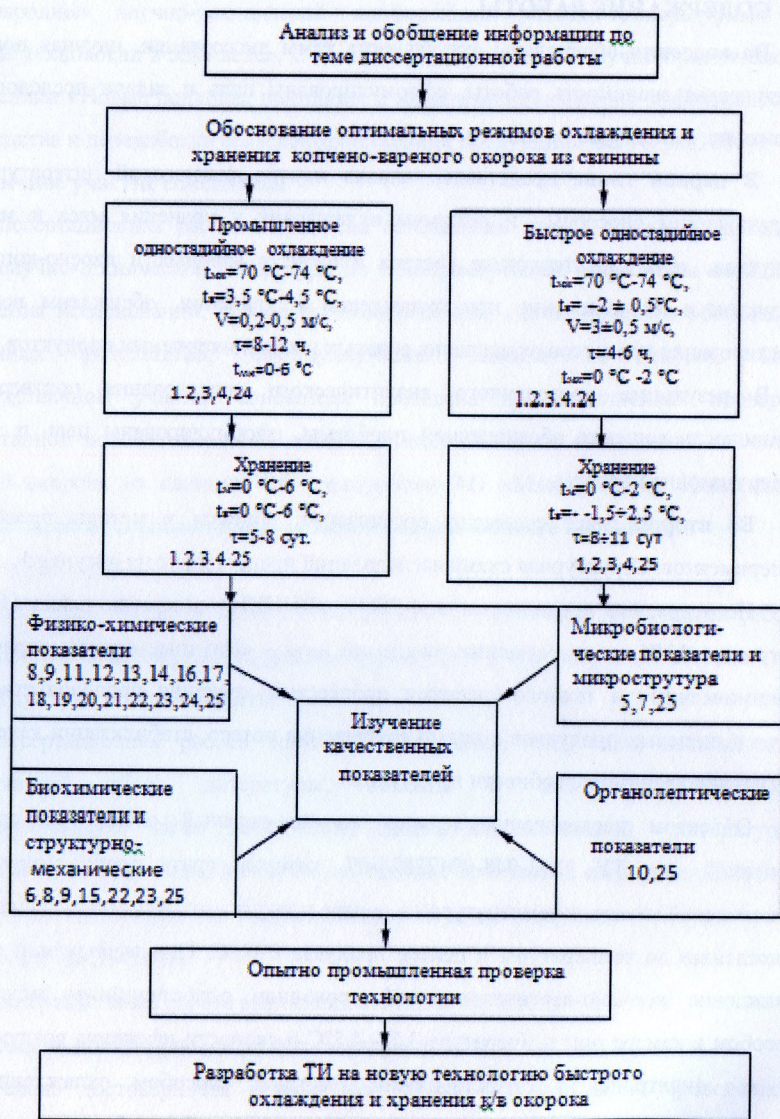


Рисунок 1 – Структурная схема постановки эксперимента.

Исследования проводили в лабораторных условиях ФГБНУ ВНИХИ, ФГБНУ ВНИИМП им. В.М.Горбатова, ФГБУН "ФИЦ питания и биотехнологии", НИИ физико-химической биологии МГУ им. Ломоносова и в производственных условиях АО «Мясокомбинат Клинский».

Мониторинг температурно-влажностных параметров паровоздушной и охлаждающей среды и температуры мясopодуков при охлаждении и хранении проводили с применением современных контрольно-измерительных приборов. Обработка результатов экспериментальных исследований осуществляли с применением закономерностей математической статистики.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1. Цифрами на схеме обозначены показатели и методы исследований.

В работе использованы следующие показатели и методы: температуру определяли измерителем регистратором температуры ИС-203.2 (1), относительную влажность воздуха - термогигрометром ДВ2ТСМ-Р (2), скорость движения воздуха - микропроцессорным термоанемометром ТТМ-2- 01 (3), продолжительность процессов – секундомером (4), микрофлору сырья и готовой продукции - по ГОСТ Р 54354-2011, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 21747-2012, ГОСТ 31659-2012, ГОСТ 32031-2012, ГОСТ 29185-2014 (5), свободные аминокислоты - по методике Вуда с использованием аминоксализатора ААА-339 (6), микроструктурные исследования - ГОСТ 31479-2012 (7), кислотное число - ГОСТ Р 55480-2013 (8), перекисное число - ГОСТ Р 54346-2011 (9), органолептическую оценку - ГОСТ 9959-2015(10), массовую долю влаги - ГОСТ 9793-74 (11), содержание белка - ГОСТ 25011-81 фотоколориметрическим методом (12), рН - потенциометрическим методом с помощью рН-метра модели Testo-205 (13), цветовые характеристики - спектрофотометрически на спектрофотометре «Спектротон» (14), переваримость белков in vitro - методом Покровского А. А.и Ертанова И. Д. (15), влагосвязывающую способность и пластичность - метод Грау Р. и Хамма Р. (16), массовую долю поваренной соли - ГОСТ 9957-2015 (17), содержание нитрита натрия - ГОСТ 8558.1-2015 (18), общие пигменты - по методике с применением

фотокалориметра (19), содержание нитрозопигментов – спектрофотометрически при длине волны 540 нм (20), устойчивость окраски - по оптической плотности экстрактов нитрозопигментов до и после экспозиции продукта на свету (21), структурно-механических свойства – методом резания на универсальной испытательной машине "Инстрон 3342" (22), содержания белкового азота - по разнице между количеством общего и небелкового азота (23), криоскопическую температуру – термографическим методом с применением прецизионного измерителя температуры МИТ-2,05М (24), статистическую обработку данных проводили методом математической статистики с применением персонального компьютера (25).

### ГЛАВА 3 Экспериментальная часть

#### Определение химического состава, криоскопической температуры, массы и размера свиного окорока

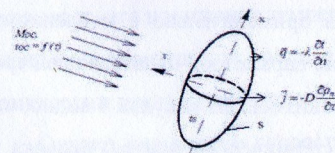
С целью корректной формализации теплофизических характеристик (ТФХ) копчено-вареных изделий из свинины определяли массовую долю влаги и содержание жира. Полученные данные показали, что среднее значение массовой доли влаги в готовом копчено-вареном окороке составляет 70,8%, при содержании белка 20,0 % и жира 7,6 %, а криоскопическая температура соответствует минус 2,75 °С.

Математическая обработка результатов исследований взаимосвязи между геометрическими размерами и массой продукта показала, что между длиной осей окорока и ее массой существует линейная зависимость.

#### Проверка адекватности усовершенствованной модели охлаждения копчено-вареных изделий из свинины

В настоящее время значительную часть исходных данных для разработки и совершенствования процесса охлаждения варено-копченых изделий из свинины получают путём эксперимента в реальных условиях. В связи с влиянием многих факторов на процесс охлаждения продукта, большими материальными затратами и длительностью проведения экспериментов в промышленных условиях выполнено математическое моделирование процессов охлаждения варено-копченых изделий из

свинины с применением усовершенствованной с участием автора модели ВНИИХИ (рис 3а, б).



$q$  – тепловой поток;  
 $t_0$  – начальная температура продукта;  
 $j$  – поток массы;  
 $M_{oc}$  – расход охлаждающей среды;  
 $t_{oc} = f(t)$  – температура охлаждающей среды как функция времени.

Рисунок 3а – Физическая модель технологического процесса охлаждения копчено-вареного окорока (форма эллипсоид).

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial \tau} = D \cdot \text{div}(\text{grad} \rho_s) \quad c_n \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \text{grad} T) + c_m \cdot D \cdot \text{grad} \rho_s \cdot \text{grad} T$$

Граничные условия:

$$\bar{j} = \frac{-D \frac{\partial \rho_s}{\partial n}}{s} = K(\alpha_w P_s - P_H \cdot P_a) \quad \bar{q} = \frac{-\lambda \frac{\partial T}{\partial n}}{s} = \alpha(T_s - T_a) + R_j$$

Рисунок 3б – Математическая модель технологического процесса охлаждения копчено-вареного окорока

Математическое описание процесса включает в себя систему уравнений переноса массы и энергии внутри объекта охлаждения, а также граничные условия, определяющие потоки энергии и массы на его внешней поверхности.

Автором предложено усовершенствовать модель охлаждения копчено-вареного окорока с учетом интегрирования тепломассопереноса с кинетикой роста микроорганизмов.

Рост микроорганизмов в зависимости от температуры продукта определяется по функциональной зависимости относительной популяции  $\ln N/N_0$  от времени  $t$  (модифицированная модель Гомперца и др.).

$$\ln \frac{N}{N_0} = A \exp \left\{ -\exp \left[ \frac{2,72 \mu_m}{A} (t_{lag} - t) + 1 \right] \right\}$$

где  $\mu_m$  параметр, характеризующий зависимость удельной скорости роста от температуры, и  $A$  асимптота, определяющая по известным в прогностической микробиологии моделям Ратковского.

Проверку адекватности математической модели применительно к охлаждению копчено-вареных изделий из свинины при разных температурных параметрах осуществляли на АО "Мясокомбинат Клинский". Охлаждение исследуемых

копчено-вареных окороков осуществляли одностадийным медленным (принятым на предприятии) способом и разработанным - быстрым.

Установлена высокая адекватность модели применительно к медленному и быстрому способам охлаждения (рис. 4) и влияние параметров охлаждающей среды и продолжительности процесса на рост микроорганизмов. Из рисунка 4 видно, что в первые 1,5 ч. охлаждения температура в толще (термическом центре) окорока при обоих способах охлаждения остается еще на высоком уровне, и поэтому происходит очень небольшой рост бактерий. Далее при понижении температуры в термическом центре от 50 до 7 °С (опасная зона) наблюдается экспоненциальный рост.

После 4 ч. при быстром охлаждении и 8 ч. при медленном способе температура в толще продукта снижается ниже опасной зоны температур, где рост бактерий минимальный.

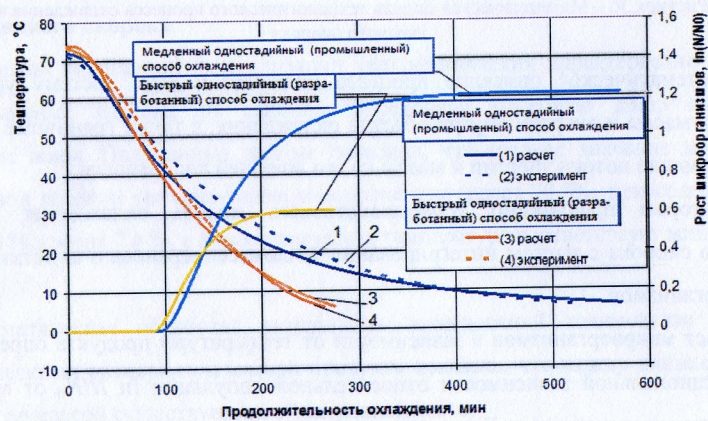


Рисунок 4 – Зависимость экспериментальных и расчетных значений температур в центре окорока при медленном и быстром охлаждении и влияние условий охлаждения на рост микроорганизмов

Расчетные данные показали, что для вареного окорока с массой 2,65 кг при медленном способе охлаждения уровень обсемененности окорока в два раза выше ( $1,23 \ln N / \ln N_0$ ), чем при быстром способе – ( $0,62 \ln N / \ln N_0$ ).

**Определение влияния различных параметров охлаждающей среды на интенсивность процесса охлаждения и рост микроорганизмов**

Анализ экспериментальных исследований по определению влияния температуры охлаждающей среды на продолжительность процесса (рис. 5) показывает, что понижение температуры воздуха повышает интенсивность процесса охлаждения в результате увеличения разности температур между поверхностью и термическим центром продукта.

Однако повышение скорости охлаждения путем увеличения поверхностного теплообмена конвекцией ограничено, так как на отвод теплоты влияет размер окорока и низкая теплопроводность мяса. Во избежание подмораживания продукта минимальная температура охлаждающей среды должна быть не ниже криоскопической температуры окорока (минус 2,75°С).

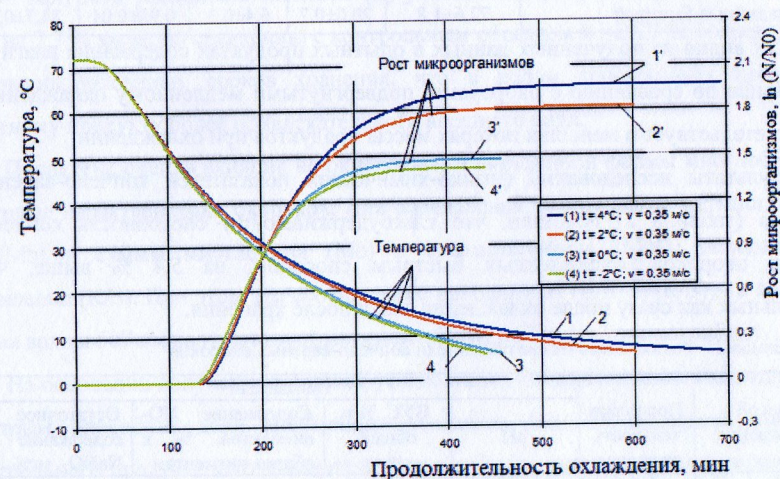


Рисунок 5 – Влияние различных значений температуры охлаждающей среды на интенсификацию процесса и рост микроорганизмов при постоянной скорости движения воздуха (обозначения без штрихов относятся к температуре, со штрихами – к росту микроорганизмов)

Интенсификация процесса охлаждения в результате снижения температуры среды от 4 до минус 2°С при постоянной скорости движения воздуха 0,35 м/с уменьшает рост микроорганизмов от 1,95 до 1,40  $\ln N / \ln N_0$ .

Результаты исследований по определению влияния скорости охлаждающей среды при температуре минус 2°С показывают, что с увеличением скорости



движения воздуха выше 5 м/с эффективность её на интенсификацию процесса снижается.

### Влияние способа охлаждения на химический состав, физико-химические свойства, потери массы и микроструктуру копчено-вареных окороков

Результаты исследований показали, что продукты, охлажденные быстрым способом (опыт), имели выход на 2,3 % больше, чем продукты, охлажденные одностадийным медленным способом (контроль), таблица 1.

Таблица 1 - Химический состав и выход копчено-вареных окороков через 2,5 ч после охлаждения

Способ охлаждения	Содержание, %				
	Вода	Белок	Жир	Зола	Выход
Одностадийный медленный	70,2 ± 2,2	19,3 ± 0,5	7,8 ± 0,2	1,07 ± 0,02	82,4 ± 0,1
Одностадийный быстрый	72,6 ± 1,8	20,0 ± 0,7	6,4 ± 0,1	0,98 ± 0,01	84,7 ± 0,3

Как видно из полученных данных в опытных продуктах содержание влаги на 2,4 % выше по сравнению с окороками, подвергнутыми медленному охлаждению, что свидетельствует о меньших потерях массы продуктов при охлаждении.

Результаты исследований физико-химических показателей копчено-вареных окороков (таблица 2) показали, что влагоудерживающая способность копчено-вареных окороков, охлажденных быстрым способом, на 5,4 % выше, чем контрольных как сразу после охлаждения, так и после хранения.

Таблица 2 - Физико-химические показатели копчено-вареных окороков

Способ охлаждения	Продолжительность хранения	Показатели			
		pH	ВУС, % к общей влаге	Содержание NO-пигментов, % к общим пигментам	Остаточное содержание NaNO <sub>2</sub> , мг%
Одностадийный медленный	2,5 ч	6,58 ± 0,01	56,2 ± 0,52	44,4 ± 0,12	1,26 ± 0,02
	5 сут.	6,61 ± 0,04	53,3 ± 0,44	42,6 ± 0,14	1,11 ± 0,04
Одностадийный быстрый	2,5 ч	6,47 ± 0,03	58,8 ± 0,35	46,2 ± 0,18	1,19 ± 0,02
	8 сут.	6,55 ± 0,01	56,2 ± 0,48	44,7 ± 0,20	1,05 ± 0,05

Из приведенных в таблице 2 данных следует, что содержание нитрозопигментов в окороках, охлажденном быстрым способом через 2,5 ч на 4,1 % выше, чем в контрольных продуктах, что может свидетельствовать о лучшей сохранности пигментов.

Важным качественным показателем мяса является цвет. Результаты исследований цветовых характеристик в системе основных цветов CIELab (1976 г.)

(таблица 3) свидетельствуют, что образцы копчено-вареного окорока, охлажденные быстрым способом, по сравнению с контролем имели более светлую окраску как непосредственно после охлаждения, так и после хранения в течение 8 сут с преобладанием красной координаты (a\*).

Таблица 3 - Цветовые характеристики копчено-вареного окорока после охлаждения и хранения

Способ охлаждения	Продолжительность хранения, ч	Показатели окраски			
		L Светлота	a* Краснота	b* Желтизна	H Цветовой тон
Одностадийный медленный	2,5	43,18 ± 0,21	12,14 ± 0,31	13,08 ± 0,13	0,2312 ± 0,002
	120	40,43 ± 0,13	10,22 ± 0,24	15,24 ± 0,17	0,2533 ± 0,003
Одностадийный быстрый	2,5	46,32 ± 0,25	14,52 ± 0,12	11,35 ± 0,19	0,2711 ± 0,001
	192	43,15 ± 0,17	13,41 ± 0,23	12,83 ± 0,21	0,2863 ± 0,004

При этом показатель светлоты (L) у опытных продуктов после охлаждения был на 7,3 % выше по сравнению с контрольным образцом и на 6,7 % больше после истечения указанных сроков хранения, что в целом способствует приданию опытному продукту более привлекательного внешнего вида.

Проведена оценка влияния не окисленной и окисленной формы миоглобина на цветовые характеристики окороков. Для определения соотношения метмиоглобина (MetMb) и суммы миоглобина (Mb) и оксимиоглобина (MbO) использовано отношение (K/S). При этом это соотношение находили из (K/S)<sub>507</sub>/(K/S)<sub>573</sub> в котором длина волны 507 нм соответствует метмиоглобину, а 573 нм оксимиоглобину.

На основании полученных данных установлено, что для окорока, охлажденного быстрым способом, доля миоглобина составила 0,41, в то время как для контрольного продукта этот показатель был на 12,1 % ниже и соответствовал 0,36, что свидетельствует о менее глубоких окислительных процессах в опытных продуктах.

Результаты микроструктурных исследований окороков в процессе хранения при разных температурных режимах показали, что изменения структуры незначительны. С увеличением продолжительности процесса охлаждения нарастает проявление деструктивных процессов и поперечно-щелевидных нарушений мышечных волокон. Изменения мышечной ткани при медленном охлаждении продукта на 5 сутки холодильного хранения соответствуют таковым в продукте с быстрым охлаждением

на 8 сутки. А изменения через 8 суток хранения, соответственно, аналогичны наблюдаемым в случае быстрого охлаждения на 11 сутки холодильного хранения.

#### Влияние способа охлаждения и продолжительности хранения на качественные показатели и безопасность копчено-вареного окорока

Наиболее заметные изменения белков наблюдается у окороков, подвергнутых медленному охлаждению, что обусловлено более длительным температурным периодом, характерным для действия протеолитических ферментов микроорганизмов (таблица 4). В процессе хранения эта тенденция сохраняется. Так через 5 сут. с момента охлаждения продуктов количество небелкового азота в контрольных продуктах увеличивается на 17,6 %, а в опытных всего на 11,0 %, а доля белка в первом случае снижается на 0,23 %, во втором на 0,11 %, что практически в два раза меньше.

Таблица 4 - Влияние способа охлаждения копчено-вареного окорока на изменение азотистых веществ

Показатель	Способ охлаждения			
	медленный		быстрый	
	через 2,5 ч	через 5 сут. хранения	через 2,5 ч	через 8 сут. хранения
Общий азот, % на сухое вещество	7,16 ± 0,08	7,03 ± 0,05	7,18 ± 0,07	7,11 ± 0,08
Небелковый азот, % на сухое вещество	0,74 ± 0,04	0,87 ± 0,07	0,70 ± 0,03	0,77 ± 0,05
Содержание белка, %	15,28 ± 0,34	15,05 ± 0,25	15,84 ± 0,19	15,73 ± 0,38

Определение общего содержания свободных аминокислот при хранении готовых продуктов показало, что при быстром способе охлаждения по сравнению с медленным замедляются протеолитические процессы, вследствие торможения деятельности микрофлоры. Общее количество свободных аминокислот в копчено-вареных окороках, охлажденных медленным способом, на 13,1 % больше, чем при быстром способе. При этом увеличивается содержание Thr, Ser, Glu, Ala, Ile, Leu.

Результаты исследований прочностных свойств варено-копченых окороков показали, что напряжение среза у опытных образцов на 5,4 и 4,4 % ниже, чем у контрольных соответственно через 2,5 ч после охлаждения и последующего хранения. О меньших прочностных свойствах опытных продуктов свидетельствуют и данные, характеризующие пластичность (таблица 5).

Анализ гидролитических и окислительных изменений жира показал (таблицы 6 и 7), что у копчено-вареных окороков, охлажденных медленным способом и

Таблица 5 - Структурно-механические показатели копчено-вареных окороков

Показатель	Способ охлаждения			
	медленный		быстрый	
	через 2,5 ч	Через 5 сут. хранения	через 2,5 ч	Через 8 сут. хранения
Напряжение среза, кПа	243,2± 4,2	254,4± 5,1	230,1± 4,4	245,2± 5,3
Пластичность, м <sup>2</sup> /кг	2,45± 0,03	2,53± 0,01	3,21± 0,02	3,35± 0,04

в течение 5 суток, и у образцов, охлажденных быстрым способом, хранившихся в течение 8 суток, кислотное и перекисное числа не превышают допустимого уровня (по СанПиН 2.3.2.1078-01).

Таблица 6 - Изменение кислотного числа жира при хранении копчено-вареного окорока, охлажденного различными способами

Способ охлаждения	Кислотное число, мг КОН/г при различных сроках хранения, сут.					
	0	1	3	5	8	11
Медленное охлаждение	2,18±0,02	2,68±0,03	2,95±0,01	3,20±0,02	3,35±0,01	-
Быстрое охлаждение	2,06±0,01	2,30±0,02	2,58±0,02	2,79±0,03	2,91±0,01	3,23±0,02

При увеличении сроков хранения контрольных окороков до 8 суток, а опытных до 11 суток кислотное число не превышает 4,0 мг/кг КОН, а перекисное число 10 моль активного кислорода/ кг.

Определение микробиологических показателей копчено-вареных окороков показало, что во всех образцах отсутствует условно патогенная микрофлора на протяжении всего изучаемого периода хранения. В опытных продуктах уровень КМАФАнМ через 8 суток был ниже, чем у образцов варено-копченых окороков, охлажденных медленным способом после 5 суток хранения.

Таблица 7 - Изменение перекисного числа жира при хранении копчено-вареного окорока, охлажденного различными способами

Способ охлаждения	Перекисное число, моль активного кислорода/ кг, при различных сроках хранения, сут.					
	0	1	3	5	8	11
Медленное охлаждение	2,93±0,02	3,61±0,01	4,06±0,03	5,13±0,02	6,65±0,02	-
Быстрое охлаждение	2,87±0,03	3,18±0,01	3,46±0,02	4,20±0,01	5,13±0,03	6,03±0,01

На основании микробиологических исследований можно утверждать, что окорока, охлажденные быстрым способом, имеют более длительный период хранения по сравнению с продуктами, охлажденными медленным способом.

Результаты исследований переваримости продуктов *in vitro* показали, что опытные образцы окороков лучше перевариваются ферментами желудочно-кишечного тракта по сравнению с контрольными образцами. Суммарная переваримость пепсином и трипсином опытных окороков через 2,5 ч после охлаждения на 3,5 % выше, чем контрольных образцов, а по истечению исследованных сроков хранения переваримость опытных продуктов была на 4,1 % выше контрольных.

Эти данные могут свидетельствовать о том, что в копчено-вареных окороках, охлажденных быстрым способом, белки в меньшей степени подвергнуты изменениям и они более доступны действию пищеварительных ферментов.

Органолептическая оценка копчено-вареных окороков показала, при медленном охлаждении и хранении их при  $3,5 \div 4,5$  °С в течение 5 суток составила 3,5 балла, в то время как опытные образцы, охлажденные быстрым способом, и хранившиеся при температуре минус  $-2,0 \pm 0,5$  °С оценивались в 4,2 балла. По истечению 8 суток контрольные образцы были сняты с хранения, а опытные получили оценку 3,7 балла.

На основании комплекса проведенных исследований разработана новая технология быстрого одностадийного охлаждения и хранения копчено-вареного окорока из свинины, обеспечивающая интенсификацию процесса охлаждения, высокое качество и безопасность продукта, сокращение потерь массы и увеличение срока годности.

Экономический эффект от применения разработанной технологии быстрого одностадийного способа охлаждения составляет 4,6 тыс. руб. на 1 тонну. Для АО «Мясокомбинат Клинский» с производительностью 5 тонн копчено-вареных изделий в смену годовой экономический эффект от применения технологии одностадийного быстрого охлаждения составит 6,9 млн. руб.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основе статистических данных рассчитаны средние значения содержания влаги, белка и жира копчено-вареного окорока, определена криоскопическая температура, установлена взаимосвязь между геометрическими размерами и массой копчено-вареных окороков и получены регрессионные уравнения, необходимые для решения задачи обоснования технологических параметров процесса охлаждения.

2. Усовершенствована математическая модель одностадийного охлаждения копчено-вареного окорока из свинины путем интегрирования модели теплоассопереноса с кинетикой роста микроорганизмов, позволяющая оценить влияние интенсификации процесса охлаждения на скорость роста микроорганизмов. Установлена высокая адекватность модели применительно к медленному и быстрому способам охлаждения. Максимальное расхождение между экспериментальными и расчетными значениями температуры центра продукта в процессе охлаждения не превышает 10 %.

3. Исследовано влияние параметров охлаждающей среды на продолжительность процесса и скорость развития микроорганизмов копчено-вареного окорока из свинины и установлены оптимальные значения температуры и скорости движения воздуха:  $t =$  минус  $2 \pm 0,5$  °С,  $v = 3 \pm 0,5$  м/с. Установленные параметры охлаждающей среды обеспечивают увеличение темпа охлаждения в 1,85 раз, снижение микробиологической обсемененности в 2,6 раз, уменьшение усушки в 1,40 раза по сравнению с медленным (промышленным) способом охлаждения.

4. Определено влияние режимов охлаждения и хранения при температуре хранения  $3,5 \div 4,5$  °С и минус  $1,5 \div 2,5$  °С копчено-вареного окорока на физико-химические, биохимические, микроструктурные и структурно-механические показатели копчено-вареных окороков. Показано, что значения перекисных и кислотных чисел жира при быстром способе охлаждения и хранения в течение 8 суток меньше их величин по сравнению с промышленным способом охлаждения по истечению 5 суток хранения и допустимых значений, ухудшающих качество жира по СанПиН 22.3.2.1078-01.

5. Изучено влияние различных режимов хранения на изменение микробиологической обсемененности и органолептические показатели копчено-вареного окорока из свинины. Установлено, что режим хранения при близкриоскопической температуре обеспечивает более высокое качество и безопасность копчено-вареного окорока из свинины по сравнению с режимом, применяемым в промышленности.

6. В результате выполненных экспериментальных и промышленных испытаний разработана новая технология одностадийного быстрого охлаждения и хранения копчено-вареного окорока из свинины. Установлено, что применение быстрого способа охлаждения и понижения температуры хранения до минус 1,5-2,5 °С обеспечивает сохранение качества и увеличение срока хранения продукта в 1,6 раз по сравнению с промышленной технологией.

7. Экономический эффект от применения разработанной технологии за счет сокращения потерь массы от усушки составляет 4,6 тыс. руб. на 1 тонну готовой продукции.

#### **По материалам диссертации опубликованы следующие работы:**

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для изложения основных научных результатов диссертации:

1. Дибирасулаев, М.А., Интегрированная модель тепломассопереноса и кинетики роста микроорганизмов для охлаждения копчено-вареных изделий из свинины // М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, С.Г. Рыжова, Л.М. Алигаджиева, Б.А. Макаров. – Все о мясе.– 2013.– № 6.– С. 38-41.

2. Дибирасулаев, М.А. Интенсификация процесса охлаждения и увеличение срока хранения копчено-вареных продуктов из свинины // М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, С.Г. Рыжова, Б.А. Макаров.– Мясная индустрия.– 2015.– № 3.– С. 40-43.

3. Рыжова, С.Г. Влияние способа охлаждения на качество и безопасность копчено-вареных окороков / Рыжова С.Г., Дибирасулаев М.А., Кудряшов Л.С. // Мясная индустрия.– 2016.– № 10.– С. 32-35.

4. Пат. № 2438335. РФ. Способ охлаждения подвергнутых термической обработке мясopодуKтов./ Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Рыжова С. Г. и др.

Заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИХИ РАСХН. заяв.: 30.10.2009 г., опубл.: 10.01.2012 г.

5. Пат. № 2507855. РФ. Способ размораживания бесKостных мясных полуфабриKатов./Дибирасулаев М.А., Белозёров Г.А., Рыжова С.Г. и др. Заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИХИ РАСХН., заяв.: 2013109519, 05.03.2013 г., опубл.: 27.02.2014 г.

В других изданиях:

6. Белозеров, Г.А. К разработке математической модели технологического процесса охлаждения свинокоченостей / Г.А. Белозеров, М.А. Дибирасулаев, С.Г. Рыжова // Материалы научно-практической конференции «Интеграция функциональных и прикладных исследований - основа развития современных аграрно-пищевых технологий»: тез. доклада научно-практической конференции. – Углич. – 2007. – С. 450-455.

7. Дибирасулаев, М.А. К вопросу оптимизации технологического процесса охлаждения мясopодуKтов после термической обработки / М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, С.Г. Рыжова // Труды научно-практической конференции РАСХН. – Углич. – 2009.–С. 630-633.

8. Рыжова, С.Г. Разработка технологических режимов охлаждения и хранения копчено-вареных изделий из свинины / С.Г. Рыжова, М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, Макаров Б.Е. // Инновационные аспекты переработки мясного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания: 11-я Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. – Москва. – 2010. – С. 246-250.

9. Дибирасулаев, М.А. Влияние условий охлаждения мясopодуKтов, подвергнутых тепловой обработке, на сроки их хранения / М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, С.Г. Рыжова, Б.Е. Макаров // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы в области создания инновационных технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов»: тез. доклада научно-практической конференции.– Углич.– 2011.– С. 630-635.

10. Дибирасулаев, М.А. Разработка интегрированной модели тепломассопереноса и кинетики роста микроорганизмов для обоснования безопасной технологии охлаждения мясoproдуктов после термической обработки // М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, С.Г. Рыжова, Б.А. Макаров // В сборнике: Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке материалы VI Международной научно-технической конференции.– С-П.– 2013.– С.395-398.

11. Дибирасулаев, М.А. Научное обоснование современных технологий охлаждения туш убойных животных // М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, С.Г. Рыжова // В сборнике: Новые подходы, принципы и механизмы повышения эффективности производства и переработки сельскохозяйственной продукции Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И.Ф. Горлова; ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции Россельхозакадемии, Волгоградский государственный технический университет.– 2014.– С. 177-180.

12. Дибирасулаев, М.А. Влияние параметров охлаждающей среды на интенсификацию процесса охлаждения и увеличение срока хранения копченo-варёных продуктов из свинины / Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Рыжова С.Г., Алигаджиева Л.М., Макаров Б.А. // В сборнике: научно-практическое обеспечение холодильной промышленности Сборник научных трудов к 85-летию ВНИХИ. Под общей редакцией Белозерова Г. А. – Москва.– 2015.– С. 183-191.

---

Подписано к печати:  
20.02.2018  
Формат: 60×84 1/16  
Объём: 1,5 п. л.

ФГБНУ «ВНИРО»  
Копировально-множительное бюро  
107140, г. Москва,  
ул. В.Красносельская, 17

Заказ №186  
Тираж: 100

---